

Geomedia

Majalah Ilmiah dan Informasi Kegeografian

Geomedia Vol. 21 No. 1 Tahun 2023 | 1 – 9

<https://journal.uny.ac.id/index.php/geomedia/index>



Pemanfaatan Foto Udara Multispektral Untuk Sidik Cepat Kerapatan Tutupan Vegetasi Di Wilayah Perkotaan

Aries Dwi Wahyu Rahmadana ^{a, c, d, 1*}, Muhammad Chrisna Satriagasa ^{b, 2}, Rachmad Wirawan ^{d, 1}, Muhammad Anggri Setiawan ^{a, 3}, Hatma Suryatmojo ^{b, 4}

^a Laboratorium Geomorfologi Lingkungan dan Mitigasi Bencana, Fakultas Geografi UGM, Yogyakarta, INDONESIA

^b Laboratorium Pengelolaan Daerah Aliran Sungai, Fakultas Kehutanan UGM, Yogyakarta, INDONESIA

^c Prodi Sains Informasi Geografi, Universitas Mahakarya Asia, Yogyakarta, INDONESIA

^d CV Geo Art Science, Yogyakarta, INDONESIA

¹ aries.rahmadana@gmail.com; ² m.chrisna.s@mail.ugm.ac.id; ³ anggri@ugm.ac.id; ⁴ h.suryatmojo@ugm.ac.id

*korespondensi penulis

Informasi artikel

Sejarah artikel

Diterima :20 November 2020

Revisi :14 Februari 2023

Dipublikasikan :31 Mei 2023

Kata kunci:

Multispektral

NDVI

Threshold

Tutupan vegetasi

Citra satelit

ABSTRAK

Teknologi saat ini memungkinkan analisis NDVI pada foto udara multispektral sehingga mampu memberikan gambaran rinci kondisi aktual tutupan vegetasi dengan cepat. Meskipun demikian, belum ada studi yang menunjukkan nilai *threshold* terbaik untuk pemetaan tutupan vegetasi pada wilayah perkotaan. Penelitian ini bertujuan : 1) membandingkan luasan tutupan vegetasi pada skala semi detail dan detail 2) menentukan *threshold* NDVI terbaik untuk pemetaan tutupan vegetasi pada wilayah perkotaan. Penelitian ini menggunakan data berupa foto udara multispektral serta citra satelit Sentinel-2 yang diposisikan sebagai baseline. Citra dan foto udara diolah untuk band visible, red, dan NIR. Pengolahan band citra dan foto udara digunakan untuk analisis NDVI. Hasil menunjukkan bahwa *threshold* terbaik berada pada NDVI 0,2. Hasil identifikasi tutupan vegetasi dengan Citra Sentinel-2 menunjukkan luas 6,37 Ha atau 28,2% sedangkan dengan foto udara menghasilkan luasan 11,4 Ha atau 50,5%. Selisih luasan antara kedua data spasial disebabkan perbedaan resolusi Citra Sentinel-2 dengan foto udara yaitu 4 cm dan 10 m.

ABSTRACT

Current technology enables NDVI analysis of multispectral aerial photographs, providing fast, detailed actual vegetation cover information. However, no study shows the best threshold value for mapping vegetation cover in urban areas. This study aims 1) to compare the area of vegetation cover on a semi-detailed and detailed scale, and 2) to determine the best NDVI threshold for mapping vegetation cover in urban areas. This study uses multispectral aerial photographs and Sentinel-2 satellite imagery (positioned as the baseline). Aerial imagery and photographs are processed for visible, red, and NIR bands. Band image processing and aerial photographs were used for NDVI analysis. The results show that the best threshold is at NDVI 0.2. The results of the identification of vegetation cover with Sentinel-2 imagery showed an area of 6.37 hectares or 28.2%, while the aerial photos resulted in an area of 11.4 hectares or 50.5%. The difference in area between the two spatial data is due to differences in the resolution of Sentinel-2 imagery with aerial photographs, 4 cm, and 10 m.

Keywords:

Multispectral

NDVI

Threshold

Vegetation cover

Sattelite imagery

© 2023 (Aries Dwi Wahyu Rahmadana). All Right Reserved

Pendahuluan

Pemanfaatan citra satelit resolusi menengah dan foto udara resolusi tinggi dapat memberikan gambaran terkait dengan kondisi aktual tutupan lahan. Penggunaan teknologi identifikasi dari skala menengah (semi detail) hingga detail memberikan akses terhadap penggunaan data spasial terkait dengan area potensial penunjang area hijau (Thilagam, 2015). Citra dan atau foto udara merupakan sarana untuk dapat melakukan analisis dan evaluasi terhadap kondisi suatu lahan (Danoedoro, 2012). Pemanfaatan citra dan atau foto udara merupakan bagian dalam Sistem Informasi Geospasial (SIG) untuk dapat menginterpretasi suatu permukaan bumi (Inopianti dan Ramdan, 2016).

Teknologi saat ini telah memungkinkan akuisisi data foto udara multispektral dengan perangkat kamera multispektral. Pemanfaatan citra dan atau foto udara multispektral dapat dikatakan sebagai seni memperoleh informasi dan mengekstraksi fitur-fitur dalam bentuk spektral, spasial, dan temporal mengenai objek, area, atau fenomena (Gandhi dkk, 2015). Pengolahan citra dan foto udara multispektral dilakukan melalui analisis perbedaan algoritma dan indeks matematika. Terdapat beberapa indeks untuk mengidentifikasi vegetasi dalam citra atau foto udara. Salah satu indeks yang umum digunakan yaitu NDVI (Nailufar dkk, 2018).

Analisis tutupan lahan menggunakan indeks vegetasi atau NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) merupakan indeks yang menggambarkan tingkat kehijauan suatu tanaman (Dasuka dkk, 2016). NDVI merupakan salah satu sarana sidik cepat terhadap keberadaan tanaman di permukaan bumi secara analisis studio. Tutupan lahan merupakan bagian dari manajemen sumberdaya lahan yang perlu untuk dikelola (Setiawan dkk, 2018; Satriagasa dkk, 2019). Keberadaan tanaman yang telah terfoto baik dari satelit dan atau pesawat memberikan nilai gelombang yang beragam sesuai dengan nilai yang terpantulkan (Walczkowski dkk, 2016). Penggunaan wahana satelit dan atau pesawat memberikan kemudahan dalam menganalisis dan memvisualisasi secara spasial dan temporal (Degbelo dan Kuhn, 2018).

Deteksi vegetasi di wilayah perkotaan yang perlu untuk dilakukan sidik cepat salah satunya yaitu wilayah perkotaan yang masih memiliki area hijau. Identifikasi awal menggunakan teknologi

terbaru tepat dilakan pemotretan pada kawasan padat penduduk menggunakan wahana UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) tipe quadcopter terutama dengan luas kawasan yang terbatas (Putra dkk, 2016). Kawasan perkotaan di sekitar kampus Universitas Gadjah Mada (UGM) sebagai lembaga pendidikan dan penelitian memiliki area khusus untuk pengkajian vegetasi yang biasa disebut arboretum. Terdapat tiga lokasi arboretum di kampus UGM yaitu Arboretum Kehutanan, Hutan Botani, dan Lembah UGM.

Keterkaitan konservasi, pendidikan, dan interpretasi sejarah suatu wilayah dapat diwadahi dengan Arboretum (Wassenberg dkk, 2015). Suryatmojo (2014) menjelaskan Arboretum merupakan salah satu wahana untuk mengetahui karakteristik hutan dalam area yang terbatas. Keberadaan Arboretum memiliki karakteristik yang berwawasan estetika dan fungsi kehidupan sebagai pengendali pencemaran udara. Pemantauan kerapatan penutup lahan di Arboretum UGM dan sekitarnya dapat dilakukan dengan pemanfaatan Citra Satelit Sentinel-2 dan Foto Udara Multispektral.

Tujuan dari penelitian ini yaitu 1) mengidentifikasi luasan vegetasi hasil NDVI pada skala semi detail dan detail pada sebagian wilayah perkotaan, dan 2) menentukan threshold NDVI terbaik untuk pemetaan tutupan vegetasi di sebagian wilayah perkotaan.

Metode

Lokasi Penelitian

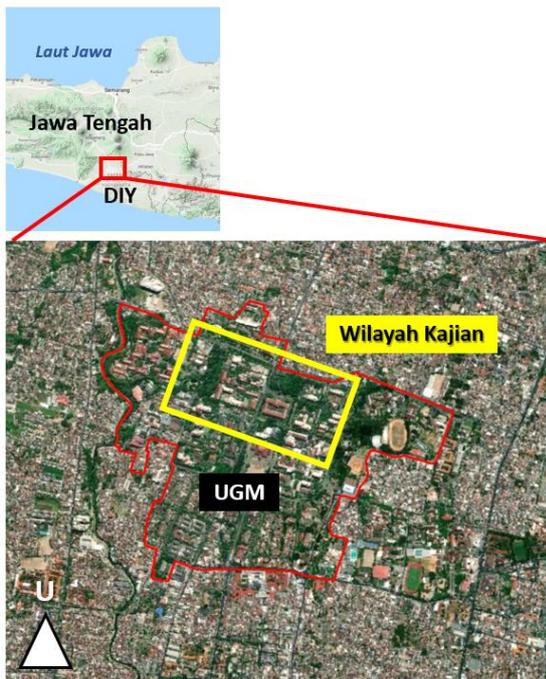
Wilayah kajian berada di wilayah perkotaan yang dekat dengan kampus Universitas Gadjah Mada, Sleman, DI. Yogyakarta. Luas Kampus UGM yaitu 185,5 Ha. Terdapat 3 kawasan Arboretum di kampus yaitu Hutan Botani Biologi di sisi Barat, Arboretum Kehutanan di sisi Utara, dan Lembah UGM di sisi Timur. Spesifik lokasi kajian berada di Hutan Botani Biologi dan Arboretum Kehutanan yang memiliki kawasan hijau dan lahan terbangun sebagai bahan analisis lebih lanjut. Visual kampus UGM memiliki kawasan hijau masih dominan dibandingkan lingkungan sekitarnya (Gambar 1).

Data dan Perolehan Data

Data yang digunakan dalam kajian ini yaitu berupa data primer berupa hasil foto udara multispektral menggunakan wahana UAV dan citra

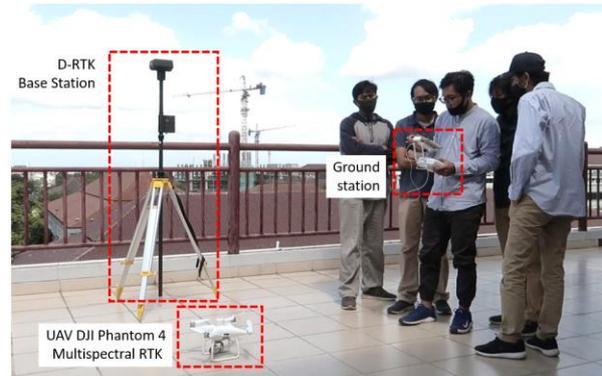
satellite berupa Sentinel 2. Data yang digunakan sebagai bahan analisis berupa band multispektral.

Perolehan data dilakukan dengan menggunakan wahana UAV DJI Phantom 4 multispectral dan citra Sentinel 2 yang diakses dari USGS (United States Geological Survey). Pengambilan data foto udara dilakukan pada tanggal 29 Juli 2020 jam 11.00 WIB (Gambar 2) dengan mempertimbangkan ketinggian dan okupasi area pemotretan. Perencanaan terbang dan Perolehan data citra satelit Sentinel 2 terekam pada bulan September 2019 yang diakses menggunakan USGS.



Gambar 1. Wilayah Kajian

Perangkat peralatan berupa komponen hardware dan software dengan spesifikasi khusus diperlukan dalam proses akuisisi data serta pengolahan data foto udara. Perangkat untuk menghasilkan data foto udara multispektral menggunakan satu set UAV DJI Phantom 4 Multispektral RTK. Pengoperasian UAV DJI Phantom 4 Multispektral RTK menggunakan aplikasi DJI GS PRO. Terdapat enam jenis foto yang dihasilkan sesuai dengan jumlah sensor kameranya. Maka diperlukan aplikasi Total Commander untuk memilah foto. Hasil Foto udara diolah dengan Agisoft Methashape 1.6.2 untuk menghasilkan mosaik orthophoto. Analisis hasil foto udara dan atau citra dilakukan dengan *Google Earth Engine* dan Quantum GIS 3.14



Gambar 2. Penggunaan UAV DJI Phantom 4 Multispektral RTK

Pengolahan dan Analisis Data

a. Jumlah foto dan sorting data

Hasil perolehan data diperoleh foto sejumlah 440 x 6 band atau sejumlah 2640 file. Foto yang diperoleh menggunakan UAV DJI Phantom 4 multispectral setiap scene berjumlah 6 foto yang mewakili 6 band yang dimiliki oleh perangkat ini. Penyimpanan foto keenam band tersebut memiliki aturan sebagai berikut:

- DJI_1230 : visible
- DJI_1231 : red
- DJI_1232 : green
- DJI_1233 : blue
- DJI_1234 : red edge
- DJI_1235 : NIR

Angka 3 digit pertama mengindikasikan kode foto sedangkan satu digit angka paling belakang mengindikasikan band. Sorting pada OS Windows 8 secara default menggunakan karakter awal file, dengan demikian tidak dapat digunakan secara langsung untuk mensortir file setiap band dengan cepat. Total Commander 64 Bit dengan plugin wdx_filesys

(http://ghisler.fileburst.com/content/wdx_filesys.zip) digunakan untuk melakukan sortir file secara cepat berdasarkan karakter urutan nomor 8.

b. Pembuatan orthophoto setiap band

Foto yang diperoleh masih dalam bentuk potongan, oleh karenanya digunakan software SFM Agisoft Photoscan untuk membuat mosaik foto udara. Orthophoto setiap band dibuat secara terpisah. Hasil foto tidak diproses untuk semua band, namun hanya band visible, red, dan NIR saja yang digunakan untuk analisis NDVI.

c. Pengolahan NDVI

Analisis transformasi NDVI dilakukan menggunakan orthophoto band red dan NIR. Kedua orthophoto tersebut diproses menggunakan software ENVI berdasarkan Persamaan 1.

$$NDVI = \frac{(NIR-red)}{(NIR+red)} \dots (1)$$

d. Reclassification by threshold

Hasil transformasi NDVI memiliki rentang antara -1 hingga 1. Nilai yang semakin mendekati -1 mengindikasikan bukan vegetasi, sebaliknya nilai yang semakin mendekati 1 mengindikasikan vegetasi (Bharathkumal dan Mohammed-Aslam, 2015). Meskipun demikian batas yang tegas antara vegetasi dan bukan vegetasi dapat bervariasi berdasarkan berbagai kondisi. Variasi terhadap *threshold* vegetasi dan bukan vegetasi dilakukan di wilayah kajian untuk menentukan *threshold* berapa yang paling baik digunakan pada wilayah kajian. Analisis dilakukan dalam 6 variasi *threshold*, yaitu 0,1 hingga 0,6 dengan interval 0,1. Luasan vegetasi yang berhasil dideteksi pada setiap *threshold*

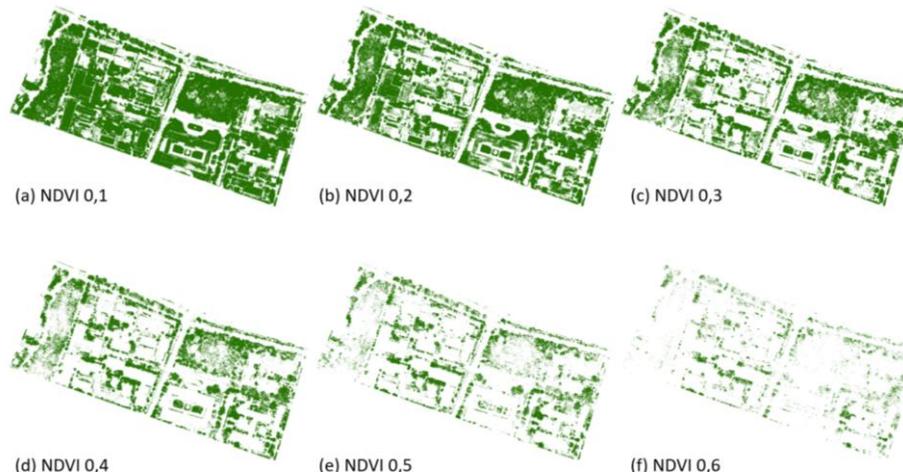
dibandingkan dengan hasil interpretasi visual menggunakan *orthophoto visible band* dengan mengikuti Persamaan 2.

$$\Delta \text{ Luas Vegetasi} = \text{Luas vegetasi NDVI threshold } x - \text{Luas vegetasi interpretasi visual} \dots (2)$$

Threshold yang memberikan selisih luasan terkecil merupakan *threshold* yang terbaik untuk digunakan pada wilayah kajian.

Hasil dan pembahasan

Analisis NDVI dilakukan dalam 6 variasi *threshold*, yaitu 0,1 hingga 0,6 dengan interval 0,1. Secara visual dari tampak bahwa luasan vegetasi paling tinggi terdapat pada pengolahan NDVI dengan nilai *threshold* 0,1. Luasan vegetasi divisualisasikan dengan warna hijau, sedangkan warna putih didefinisikan sebagai non vegetasi. NDVI dengan nilai *threshold* 0,1 memiliki dominasi warna hijau yang paling tinggi. Semakin besar nilai *threshold* warna hijau semakin memudar. Gambar 3 memaparkan hasil pengolahan NDVI foto udara dengan *threshold* 0,1 – 0,6.



Gambar 3. NDVI dengan *threshold* 0,1 – 0,6

Semakin tinggi konsentrasi warna hijau pada pengolahan NDVI menandakan luasan vegetasinya semakin besar (El-Gammal, dkk, 2014). Hal tersebut berlaku sebaliknya. Luasan vegetasi hasil NDVI foto udara dengan *threshold* 0,1 memiliki luas paling besar, 14,1 Ha (62,6 %). Nilai luas tutupan vegetasi semakin mengecil pada *threshold* 0,2 hingga 0,6. Luasan vegetasi terkecil pada pengolahan NDVI foto udara dengan *threshold* 0,6, yaitu hanya 1,5 Ha (6,8 %). Rincian perbandingan luas tutupan

vegetasi untuk masing-masing nilai *threshold* terpapar pada Tabel 1.

Tabel 1. Luas dan Persentase Tutupan Vegetasi

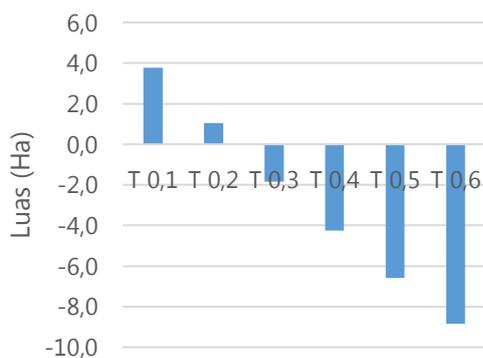
Threshold	Luas Tutupan Vegetasi (Ha)	Persen dari Luas Area (%)
0,1	14,1	62,6
0,2	11,4	50,5
0,3	8,5	37,7
0,4	6,1	27,1
0,5	3,8	16,8
0,6	1,5	6,8

Interpretasi visual digunakan untuk menentukan treshold NDVI terbaik untuk pemetaan tutupan vegetasi di wilayah kajian (Januar dkk, 2016). Hasil luasan vegetasi dari interpretasi visual dibandingkan dengan hasil luasan pada pengolahan NDVI. Perbandingan dilakukan dengan mengacu pada persamaan 2. Nilai threshold terbaik terdapat pada nilai perbandingan luasan yang paling kecil (Otsu, dkk, 2019). Luas vegetasi hasil interpretasi visual yaitu 10,4 Ha. [Gambar 4](#) menunjukkan interpretasi visual tutupan vegetasi di wilayah kajian.



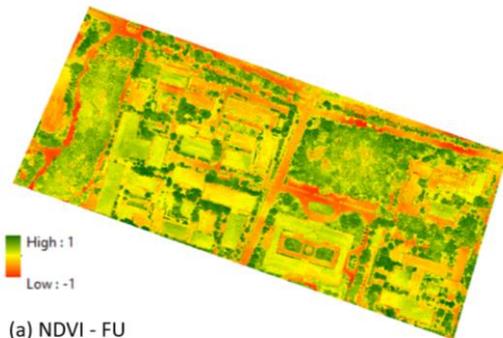
Gambar 4. Interpretasi Visual Tutupan Vegetasi di Wilayah Kajian

Luasan vegetasi yang berhasil dideteksi pada setiap treshold dibandingkan dengan hasil interpretasi visual menggunakan orthophoto visible band. Hasil menunjukkan bahwa selisih paling kecil terdapat pada pengolahan NDVI dengan threshold 0,2. Jika diurutkan selisih paling kecil menuju paling besar yaitu untuk threshold 0,2 , 0,3 , 0,1 , 0,4 , 0,5 , dan 0,6. Hasil perbandingan ini terpapar pada [Gambar 5](#). Threshold yang memberikan selisih luasan terkecil merupakan treshold yang terbaik untuk digunakan pada wilayah kajian. Treshold terbaik pada penelitian ini yaitu threshold 0,2.



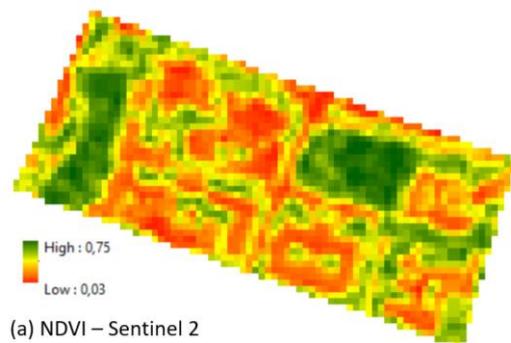
Gambar 5. Selisih Luas Interpretasi Visual setiap treshold NDVI

Luas tutupan vegetasi hasil pengolahan NDVI foto udara dengan threshold 0,2 yaitu sebesar 11,4 Ha atau 28,2%. Pengolahan NDVI dari foto udara menghasilkan resolusi spasial 4 cm. Pengolahan NDVI dari foto udara dibandingkan dengan pengolahan NDVI dari Citra Sentinel-2 menghasilkan selisih luas tutupan vegetasi sekitar 5 Ha. Luas tutupan vegetasi hasil pengolahan NDVI dari Citra Sentinel-2 hanya 6,37 Ha atau 50,5% untuk luasan yang sama dengan area foto udara. Selisih tersebut cukup besar karena hampir 50 %. Besarnya selisih tersebut dapat disebabkan oleh perbedaan resolusi spasial antara foto udara dengan Citra Sentinel-2. Citra Sentinel-2 memiliki resolusi spasial 10 m. Resolusi spasial yang kecil pada Citra Sentinel-2 menyebabkan generalisasi objek. Ukuran pixel yang besar menyebabkan vegetasi yang tidak mengelompok atau vegetasi kelompok kecil tidak terdefinisi sebagai vegetasi (Arnanto, 2013). [Gambar 6](#) menyajikan perbandingan visual antara hasil NDVI dari foto udara dengan hasil NDVI dari Citra Sentinel-2.



(a) NDVI - FU

(a)



(a) NDVI - Sentinel 2

(b)

Gambar 6. Perbandingan NDVI foto udara dengan NDVI Citra Sentinel-2

Penelitian tentang korelasi indeks vegetasi menggunakan NDVI antara data UAV dan Sentinel-

2 pernah dilakukan oleh Mangewa et al. (2022). Hasil dari korelasi antara UAV dan Sentinel-2 menunjukkan korelasi positif yang kuat ($p < 0,001$) berdasarkan pengujian regresi liniernya. Penelitian tersebut juga menyebutkan keunggulan dari hasil NDVI dari platform UAV yang mampu menunjukkan hasil yang lebih detail pada semua kelas tutupan vegetasi dibandingkan dengan hasil dari Sentinel-2 (Mangewa et al., 2022).

Pemanfaatan teknologi kamera multispektral yang terdapat pada UAV tidak hanya sebatas untuk mengidentifikasi kondisi vegetasi pada wilayah yang dominan vegetasinya (perkebunan/hutan), namun dapat dimanfaatkan pada wilayah perkotaan (urban). Penelitian sebelumnya tentang efektivitas dari identifikasi kondisi vegetasi menggunakan kamera UAV menunjukkan keunggulannya dalam mengidentifikasi kondisi vegetasi pada wilayah perkotaan (Feng et al., 2015; Lee et al., 2021; Zhang et al., 2022).

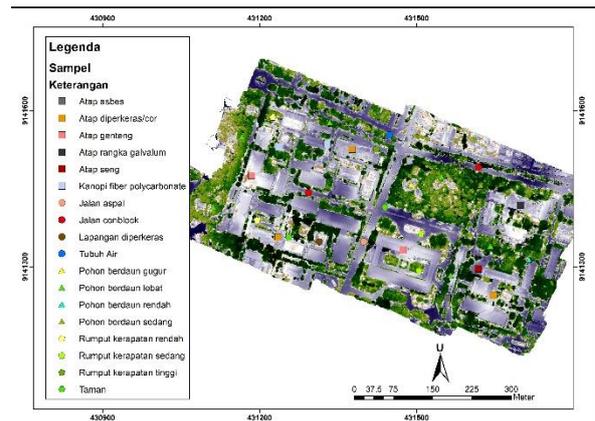
Uji akurasi

Uji akurasi dalam penelitian ini menggunakan tabel *confussion matrix* yang bertujuan untuk mengetahui tingkat akurasi dari hasil NDVI threshold 0,2 dan mengetahui respon atau sensitivitas objek vegetasi dan non-vegetasi terhadap model NDVI yang diterapkan. Pengambilan kriteria sampel menggunakan metode *purposive random sampling* yang didasarkan oleh jenis kenampakan vegetasi dan non-vegetasi. Jumlah sampel yang diambil sebanyak 30 sampel yang terdiri dari 15 sampel vegetasi dan 15 sampel non-vegetasi

Sampel jenis vegetasi dan non-vegetasi kemudian dijabarkan kembali berdasarkan kenampakan aslinya meliputi atap bangunan dari berbagai bahan, permukaan diperkeras, jalan dan tubuh air sedangkan jenis vegetasi meliputi pohon dan rumput dengan tingkat kerapatannya serta tutupan taman. Sebaran sampel dapat dilihat pada Gambar 7.

Berdasarkan hasil uji akurasi dari tabel *confussion matrix* menunjukkan hasil yang akurat dilihat dari nilai akurasi keseluruhan (*Overall accuracy*) dan nilai koefisien kappa. Nilai akurasi keseluruhan diperoleh dari perbandingan antara kenampakan sampel pada peta dengan kondisi nyata di lokasi, sedangkan koefisien kappa untuk menilai konsistensi diantara dua variabel pengujian. Semakin nilainya mendekati angka 1

maka semakin akurat pula hasilnya. Tabel *confussion matrix* dapat dilihat pada Tabel 2.



Gambar 7. Sebaran sampel uji akurasi NDVI threshold 0.2

Tabel 2. Confussion matrix uji akurasi NDVI threshold 0,2

Jenis Objek	Vegetasi	Non-Vegetasi
Vegetasi	15	
Non-Vegetasi		15
Overall Accuracy (%)	100	
Kappa Coefficient	1,00	

Secara keseluruhan respon yang diberikan terhadap objek tutupan vegetasi dan non-vegetasi umumnya masih normal. Tutupan vegetasi (pohon dan rumput) akan menampilkan nilai indeks vegetasi yang lebih tinggi (tergantung dengan kerapatannya) dibandingkan dengan tutupan non-vegetasi. Indeks vegetasi (NDVI) yang dihasilkan dari sensor multispektral dapat membedakan kondisi vegetasi yang terekam baik yang memiliki tajuk lebat maupun tidak (pepohonan gersang). Hal ini sangat efektif untuk mengetahui dan menilai kondisi kualitas tutupan vegetasi pada wilayah perkotaan. Namun, masih dijumpai distorsi terhadap perekaman menggunakan kamera multispektral terhadap objek non-vegetasi. Distorsi ditemukan dari adanya nilai indeks NDVI yang cukup rendah pada atap bangunan yang sekelilingnya banyak dijumpai vegetasi. Normalnya nilai indeks vegetasi pada objek non-vegetasi sudah ditiadakan atau dihilangkan pada NDVI *threshold* 0,2. Kenampakan dari distorsi tersebut dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Distorsi kenampakan NDVI yang muncul pada objek non-vegetasi

Simpulan

Penelitian ini menemukan bahwa pemetaan tutupan vegetasi menggunakan foto udara multispektral memberikan hasil yang baik dengan usaha yang relatif sedikit dan alur kerja yang pendek. Pemetaan tutupan vegetasi pada wilayah kajian terbaik kami temukan pada *Threshold* NDVI 0,2 yang menghasilkan luas tutupan vegetasi sebesar 11,4 Ha. Luasan tersebut lebih besar 5 Ha dibandingkan hasil penghitungan luasan menggunakan citra satelit Sentinel-2. Perbedaan ini diduga disebabkan karena adanya perbedaan resolusi foto udara dan Citra Sentinel-2 yaitu berturut-turut sebesar 4 cm dan 10 m.

Meskipun dalam penelitian ini telah mampu menunjukkan kemampuan foto udara multispektral dalam pemetaan tutupan vegetasi di wilayah perkotaan serta menentukan *threshold* yang tepat, penelitian ini memiliki beberapa hal yang perlu dipertimbangkan pada penelitian selanjutnya. Beberapa hal yang dimaksud yaitu masih belum diketahui bagaimana kemampuan foto udara multispektral pada jenis tutupan lahan yang lebih bervariasi sehingga perlu pengujian pada wilayah yang lebih luas dan memiliki variasi yang lebih beragam (misal tubuh air) dan masih ditemukan distorsi hasil NDVI dari perekaman multispektral. Hasil NDVI dari perekaman multispektral masih

ditemukan distorsi pada beberapa objek non-vegetasi yang masih terdeteksi nilai indeks vegetasinya walaupun nilainya sangat rendah.

Selain itu masih belum diketahui variasi waktu akuisisi data terhadap *threshold* yang baik untuk digunakan. Pada penelitian ini diduga pengambilan data terlalu siang menyebabkan benda lebih reflektif dideteksi sebagai vegetasi sehingga mengakibatkan kesalahan dalam deteksi dan perhitungan luasan.

Referensi

- Arnanto, A. (2013). Pemanfaatan Transformasi Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) Citra Landsat TM untuk Zonasi Vegetasi di Lereng Merapi Bagian Selatan. *Geomedia*. 11(2).
- Bharathkumar, L., & Mohammed-Aslan, M.A. (2015). Crop Pattern Mapping of Tumkur Taluk Using NDVI Technique: A Remote Sensing and GIS Approach. *Aquatic Procedia*. 4, 1397 – 11404. Doi:10.1016/j.aqro.2015.02.181.
- Danoedoro, P. (2012). Pengantar Penginderaan Jauh Digital. *Penerbit Andi*.
- Dasuka, Y.P., Sasmito, B., & Hani'ah. (2016). Analisis Sebaran Jenis Vegetasi Hutan Alami Menggunakan Sistem Penginderaan Jauh (Studi Kasus: Jalur Pendakian Wekas dan Selo). *Jurnal Geodesi Undip 2016*. ISSN: 2337 – 845X. 5(2).
- Dagbelo, A., & Kuhn, W. (2018). Spatial and Temporal Resolution of Geographic Information: an Observation – Based Tehory. *Open Geospatial Data, Software and Standards*. *Springer Open*. doi:10.1186/s40965-018-0053-8
- El-Gammal, M. I., Ali, R. R. & Samra, R. M. A. (2014). NDVI Threshold Classification for Detecting Vegetation Cover in Damietta Governorate, Egypt. *Journal of American Science 2014*. ISSN: 1545-1003. 10(8) p. 108-113.
- Feng, Q., Liu, J., & Gong, J. (2015). UAV Remote Sensing for Urban Vegetation Mapping Using Random Forest and Texture Analysis. *Remote Sensing 2015, Vol. 7, Pages 1074-1094, 7(1)*, 1074–1094. <https://doi.org/10.3390/RS70101074>
- Gandhi, G. M., Parthiban, S., Thummalu, N., & Christy, A., (2015). Ndvi: Vegetation

- change detection using remote sensing and gis – A case study of Vellore District. *3rd International Conference on Recent Trends in Computing 2015 (ICRTC-2015)*. Elsevier.
- Inopianti, N., & Ramdan, D. (2016). Pemanfaatan Sistem Informasi Geografis (SIG) dan Penginderaan Jauh dalam Pemetaan Penutupan Lahan di Kabupaten Banjarnegara. *Seminar Nasional Peran Geospasial dalam Membingkai NKRI 2016*, 293-300.
- Januar, D., Suprayogi, A., & Prasetyo, Y. (2016). Analisis Penggunaan NDVI dan BSI untuk Identifikasi Tutupan Lahan pada Citra Landsat 8 (Studi Kasus: Wilayah Kota Semarang, Jawa Tengah. *Jurnal Geodesi Undip 2016*. ISSN: 2337-845X. 5(1).
- Lee, G., Hwang, J., & Cho, S. (2021). A novel index to detect vegetation in urban areas using uav-based multispectral images. *Applied Sciences (Switzerland)*, 11(8). <https://doi.org/10.3390/app11083472>
- Mangewa, L. J., Ndakidemi, P. A., Alward, R. D., Kija, H. K., Bukombe, J. K., Nasolwa, E. R., & Munishi, L. K. (2022). Comparative Assessment of UAV and Sentinel-2 NDVI and GNDVI for Preliminary Diagnosis of Habitat Conditions in Burunge Wildlife Management Area, Tanzania. *Earth*, 3(3), 769–787. <https://doi.org/10.3390/earth3030044>
- Nailufar, B., Syahadat, R.M., & Ameliawati, P. (2018). Analisis Perubahan Indeks Kerapatan Vegetasi dengan Metode Analisis Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) di Kota Batu Berbasis Sistem Informasi Geografis (GIS) dan Penginderaan Jauh. *Mintakat Jurnal Arsitektur*. ISSN: 1411-7193. 19(2).
- Otsu, K., Pla, M., Duane, A., Cardil, A., & Brotons, L. (2019). Estimating the Threshold of Detection on Tree Crown Defoliation Using Vegetation Indices from UAS Multispectral Imagery. Article. *Drones* 2019, 3, 80; doi:10.3390/drones3040080 p.1-23.
- Putra, A. S., Maulana, E., Rahmadana, A. D. W., Wulan, T. R., Mahendra, I. W. W., Putra, M. D. (2016). Uji Akurasi Foto Udara dengan Menggunakan Data UAV pada Kawasan Padat Pemukiman Penduduk (Studi Kasus: Kawasan Padat Sayidan, Daerah Istimewa Yogyakarta). *Prosiding Seminar Nasional Penginderaan Jauh 2016* ISBN : 978-979-1458-99-3. Hal 276-286
- Thilagam, L. N. (2015). Integrated Land Use Development for Green Campus. In: Leal Filho W., Muthu N., Edwin G., Sima M. (eds) Implementing Campus Greening Initiatives. *World Sustainability Series*. Springer, Cham. doi:10.1007/978-3-319-11961-8_16
- Satriagasa, M.C., Suryatmojo, H., & Dewi, H.N. (2019). Role of land cover change to landslides susceptibility in agricultural catchment. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 361 (2019) 012032 doi:10.1088/1755-1315/361/1/012032
- Setiawan, M. A., Sara, F. H., Christanto, N., Sartohadi, J., Samodra, G., ..., & Gomez, C. (2018). Sustainability of three modified soil conservation methods in agriculture area. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 148 (2018) 012018 doi :10.1088/1755-1315/148/1/012018
- Suryatmojo, H. (2014). Recovery of Forest Soil Disturbance in the Intensive Forest Management System. *Procedia Environmental Sciences* 20 (2014) 832 – 840
- Walczkowski, P., Jenerowicz, A., Orych, A., & Siok, K. 2016. Determining Spectral Reflectance Coefficients From Hyperspectral Images Obtained From Low Altitudes. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Science, XXIII ISPRS Congress*. doi: 10.5194/isprsarchives-XLI-B7-107-2016.
- Wassenberg, C. L., Goldenberg, M., & Soule, K. E., (2015). Benefits of botanical garden visitation : a means-end study. *Urban Forestry and Urban Greening*, Vol. 14. p. 146-155.
- Zhang, B., Li, X., Du, H., Zhou, G., Mao, F., Huang, Z., Zhou, L., Xuan, J., Gong, Y., & Chen, C. (2022). Estimation of Urban Forest Characteristic Parameters Using UAV-Lidar Coupled with Canopy Volume.

Remote Sensing 2022, Vol. 14, Page 6375,
14(24), 6375.
<https://doi.org/10.3390/RS14246375>