

Estimasi Produktivitas Tanaman Ubi Jalar (*Ipomoea batatas* L.) Menggunakan Citra Sentinel 2 di Desa Pasrujambe Kabupaten Lumajang

Indarto Indarto ¹, Muhammad Nuh ², Dini Retno Widyaningsih ³, Farid Lukman Hakim ⁴,
Bambang Marhaenanto ⁵

^{1,2,5} Program Studi Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember, Jl. Kalimantan No. 37
Kampus Bumi Tegalboto, Sumbersari, Jember, 68121.

^{3,4} Yayasan Multidimensi Indonesia Cerdas, JL. Tawangmangu No. 51, Jember, Jawa Timur, 68124
Corresponding Author: Indarto, indarto.ftp@unej.ac.id

ABSTRAK

Kurangnya pemanfaatan teknologi dalam menghitung perkiraan produktivitas lahan ubi jalar menyebabkan kurang efektifnya pemanfaatan hasil panen ubi jalar di Desa Pasrujambe Kabupaten Lumajang. Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan dan mengetahui kesesuaian teknologi penginderaan jauh dengan citra satelit Sentinel 2 dengan transformasi indeks SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index) terhadap produktivitas lahan ubi jalar di desa Pasrujambe Kabupaten Lumajang. Penelitian ini dilakukan melalui kegiatan survei lahan yang dinilai mempunyai produktivitas cukup tinggi dalam 2 kali masa panen. Metode penelitian ini meliputi digitalisasi lahan, pencatatan hasil panen 2 periode pada tanggal 30 Mei 2023 dan 17 September 2023, pengambilan citra Sentinel 2, pengolahan data dan pengujian akurasi. Pengumpulan data panen dilakukan dengan wawancara langsung kepada petani ubi jalar, digitalisasi lahan dilakukan dengan menggunakan software Google Earth Pro, citra satelit, pengolahan data dilakukan dengan menggunakan software ArcGIS Pro, dan pengujian akurasi dilakukan dengan menggunakan persamaan RMSE. Hasil uji akurasi menunjukkan angka 0,029 pada masa panen I dan 0,026 pada masa panen II. Dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa pendugaan produktivitas ubi jalar di desa Pasrujambe Kabupaten Lumajang dengan menggunakan citra satelit Sentinel 2 dapat dilakukan karena memperoleh hasil yang sangat baik.

Kata kunci: Estimasi Produktivitas, Citra Satelit, Ubi Jalar

ABSTRACT

The lack of technology utilization in calculating estimates of sweet potato land productivity leads to less effective utilization of sweet potato yields in Pasrujambe Village, Lumajang District. This study aims to apply and determine the suitability of remote sensing technology with Sentinel 2 satellite imagery with SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index) index transformation to sweet potato land productivity in Pasrujambe village, Lumajang district. This research was conducted through land survey activities that are considered to have high productivity in 2 harvest periods. This research method includes land digitizing, recording harvest for 2 periods on 30 May 2023 and 17 September 2023, taking Sentinel 2 imagery, data processing and accuracy testing. Harvest data collection was carried out by direct interviews with sweet potato farmers, land digitization was carried out using Google Earth Pro software, satellite imagery was taken via the <https://scihub.copernicus.eu/> page, data processing was carried out using ArcGIS Pro software, and accuracy testing was carried out using the RMSE equation. The results of the accuracy test showed 0.029 in harvest period I and 0.026 in harvest period II. From these data, it can be concluded that the estimation of sweet potato productivity in Pasrujambe village, Lumajang Regency using Sentinel 2 satellite imagery can be done because it has very good results.

Keywords: Yield Estimation, Satellite Imagery, Sweet Potato

1. PENDAHULUAN

Ubi jalar merupakan tanaman pengganti beras dan jagung karena memiliki kandungan karbohidrat yang tinggi (Yuliansar et al., 2020). Tanaman ubi jalar dapat tumbuh dengan

baik pada ketinggian 1000 meter, hanya saja waktu tanam hingga panen lebih lama (Sianturi, 2021). Di Indonesia sendiri, salah satu daerah penghasil ubi jalar terbesar adalah Jawa Timur. Produktivitas ubi jalar di Jawa Timur sendiri termasuk tinggi dengan hasil 350.516 ton pada tahun 2015 (Badan Pusat Statistik, 2015). Produksi ubi jalar saat ini digunakan untuk memenuhi kebutuhan pangan dan bahan baku industri dalam negeri maupun untuk ekspor ke luar negeri seperti Korea. Daerah yang menjadi salah satu wilayah pengembangan ubi jalar adalah Lumajang, dengan luas lahan ubi jalar mencapai 411 Ha, dimana sebagian besar berada di Desa Pasrujambe.

Desa Pasrujambe terletak di lereng Gunung Semeru pada ketinggian mencapai 650 m dengan kondisi cuaca yang mempunyai iklim basah dengan curah hujan yang tinggi dan mempunyai rata-rata suhu harian tertinggi sebesar 27°C (Cahyono & Narottama, 2020). Desa Pasrujambe mempunyai potensi di setiap dusun seperti: pisang, kopi, padi, dan sebagian besar petani menanam ubi jalar. Varietas ubi jalar yang terdapat pada desa Pasrujambe adalah ubi madu yang dimana merupakan salah satu varietas lokal yang sensitif terhadap hama (Arifin et al., 2017). Dalam memaksimalkan pemasaran hasil ubi jalar tentunya harus diimbangi dengan produksi yang melimpah. Salah satu bentuk teknologi yang dapat diterapkan adalah pada bidang estimasi produksi panen.

Perhitungan hasil produksi saat ini masih dilakukan secara konvensional dengan mengumpulkan data hasil panen dari petani hingga penyuluh pertanian. Kegiatan pendataan yang dilakukan BPS dan Dinas Pertanian akan memerlukan waktu dan tenaga yang lebih besar. Oleh karena itu, diperlukan teknologi modern untuk memperkirakan produksi pertanian. Salah satu teknologi yang dapat dimanfaatkan adalah penginderaan jauh yang dapat memberikan informasi secara cepat dan efisien. Beberapa penelitian telah membuktikan bahwa aplikasi penginderaan jauh dapat dimanfaatkan untuk estimasi hasil panen, terutama berdasarkan hubungan statistik empiris antara hasil dan indeks vegetasi (Casa & Jones, 2005).

Penggunaan teknologi penginderaan jauh modern seperti menggunakan citra Sentinel 2 dan Landsat 8 merupakan salah satu alternatif dalam memperkirakan produksi hasil pertanian melalui transformasi indeks vegetasi (Marlina, 2022). Citra Sentinel 2 mempunyai resolusi temporal 10 hari dengan dua satelit konstelasi (Dimara et al., 2020). Selain itu Sentinel 2 menyediakan 13 band multispektral yang meliputi sensor inframerah tampak, inframerah dekat dan inframerah gelombang pendek serta resolusi spasialnya dapat dikatakan cukup tinggi yaitu 10 meter pada band merah, biru, hijau dan inframerah dekat (Ariani et al., 2020). Beberapa band tersebut dapat diubah menjadi indeks vegetasi karena citra Sentinel 2 dapat mendeteksi sebaran vegetasi, pola sebaran vegetasi, luas vegetasi, dan kerapatan vegetasi (Andini et al., 2018).

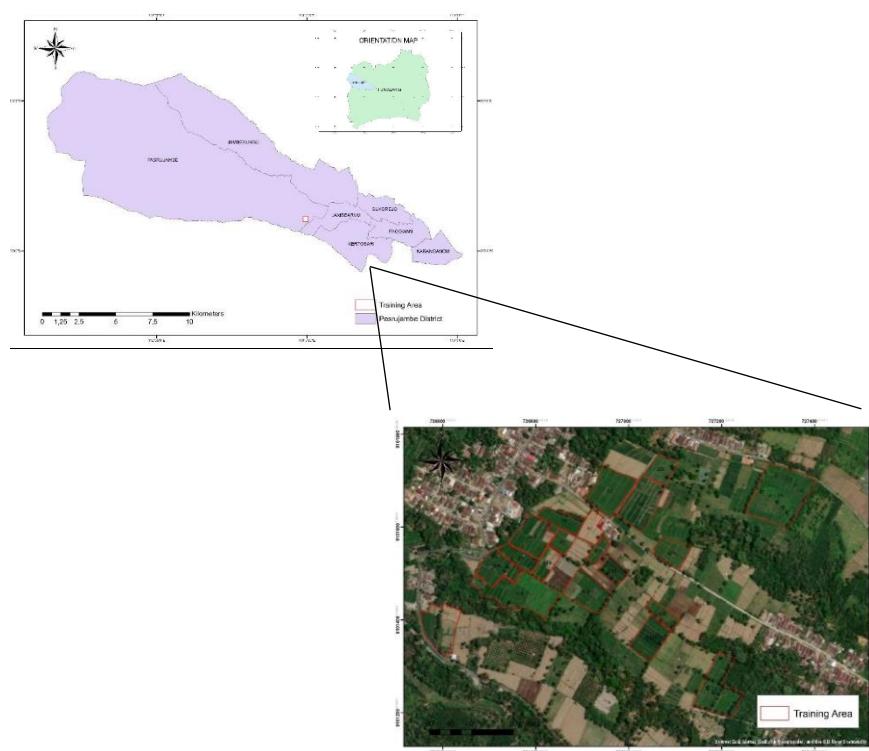
Indeks vegetasi yang biasa digunakan dalam beberapa penelitian terkait estimasi panen adalah SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index) (Riko et al., 2019). SAVI menekan faktor tanah sehingga diperoleh nilai piksel yang menonjolkan vegetasi dibandingkan tanah (Nurmalasari & Santosa, 2016). Ariani et al., (2020) dan Aswin dan Murti (2016) menggunakan indeks vegetasi SAVI untuk memperkirakan produktivitas padi di Kabupaten Pekalongan, Jawa Tengah dan Kabupaten Ponorogo, Jawa Timur. Kedua penelitian tersebut menunjukkan potensi SAVI yang dapat digunakan untuk memperkirakan produksi komoditas lain seperti ubi jalar.

Perhitungan estimasi panen ubi jalar di Desa Pasrujambe masih dilakukan secara manual sehingga membutuhkan waktu dan tenaga ekstra dalam perhitungannya. Perlunya melakukan penelitian ini untuk (1) membantu mempercepat proses perhitungan estimasi panen ubi jalar dengan memanfaatkan citra Sentinel 2, (2) menguji tingkat akurasi hasil estimasi produksi ubi jalar menggunakan citra Sentinel 2 dengan data hasil panen. Estimasi data dapat diperoleh dari citra Sentinel 2 dengan melakukan pemetaan penggunaan lahan dan pemodelan indeks vegetasi SAVI yang kemudian dibandingkan dengan data jumlah produksi tanaman di lapangan (Irsan et al., 2019).

2. METODE PENELITIAN

Wilayah penelitian

Kegiatan penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Teknik Pengendalian dan Konservasi Lingkungan (TPKL) dengan daerah penelitian meliputi lahan ubi jalar seluas 10 ha dari lahan yang dikelola Kelompok Tani “Harapan Kita” di Desa Pasrujambe Kecamatan Pasrujambe Kabupaten Lumajang.



Gambar 1. Wilayah Penelitian

Prosedur penelitian

Survei awal lapangan

Survei awal lapangan pendahuluan yang dilakukan untuk mengetahui lahan mana yang cocok dijadikan sampel penelitian. Dalam penelitian ini termasuk dalam Kelompok Tani “Harapan Kita”, mempunyai tingkat produktivitas yang tinggi.

Pengambilan data

Pengambilan data dilakukan dengan pengumpulan data lapang dan data sentinel 2. Pengumpulan data lapang meliputi digitalisasi lahan ubi jalar dengan mengunjungi lokasi pendataan hasil panen di lahan sawah Kelompok Tani “Harapan Kita”. Koordinat dicatat menggunakan GPS dan software Google Earth Pro. Data panen dilakukan dengan mencatat hasil panen ubi jalar pada 20 lahan sawah, dimana plot 1 – 10 digunakan untuk membentuk model persamaan dan plot 11 – 20 digunakan untuk estimasi. Data Sentinel 2 diunduh pada koordinat data panen tanggal 30 Mei dan 17 September 2022. Citra yang sudah diunduh adalah citra Sentinel L2A. Citra Sentinel-2 sendiri memiliki 2 tipe yang umum digunakan yaitu L1C (Level 1C) dan L2A (Level 2A). L1C merupakan citra yang telah terkoreksi secara geometris dan radiometrik namun belum terkoreksi secara atmosferik (Top of Atmospheric), sedangkan L2A merupakan citra yang terkoreksi secara atmosferik (Bottom of Atmospheric), biasanya citra terlihat lebih jernih (Purhartanto et al., 2020).

Pra pengolahan data

Citra satelit yang telah diunduh diolah menggunakan software ArcGIS 10.3. Pemrosesan awal dengan melakukan *cropping* area, tahap ini dilakukan dengan memotong citra seluas wilayah kajian menggunakan fitur ekstrak *by mask*. Wilayah yang digunakan adalah batas Desa Pasrujambe.

Pembuatan indeks vegetasi

Analisis citra Sentinel 2 yang dilakukan meliputi analisis indeks vegetasi dan analisis saluran (band) tunggal citra Sentinel 2. Analisis indeks vegetasi yang dilakukan dalam penelitian ini adalah SAVI dengan mengikuti persamaan 1. Indeks memberikan angka yang mewakili kepadatan tutupan vegetasi. Pada umumnya rentang nilai SAVI adalah -1 hingga 1 dimana semakin besar nilainya maka semakin rapat vegetasinya (Simarmata et al., 2022).

$$SAVI = \left(\frac{NIR - Red}{NIR + Red + L} \right) (1 + L) \quad (1)$$

dengan NIR = saluran inframerah dekat (band 5), Red = saluran merah (band 4), L = faktor koreksi kecerahan latar belakang (0,5).

Pembuatan model regresi polinomial dan analisis korelasi

Model estimasi produksi ubi jalar diperoleh setelah adanya analisis korelasi antara transformasi indeks vegetasi dengan data panen di lapang. Regresi polinomial merupakan model regresi linier yang dibentuk dengan menjumlahkan pengaruh masing-masing variabel prediktor (X) yang dipangkatkan meningkat sampai orde ke-k. Model regresi polinomial memiliki persamaan sebagai berikut (Malensang et al., 2012).

$$Y = b_0 + b_1X + b_2X^2 + \cdots + b_kX^k + \varepsilon \quad (2)$$

dengan Y = variabel respons, Bo = intersep, $B1, b2, \dots, bk$ = koefisien-koefisien regresi, X = variabel prediktor / nilai SAVI, ϵ = faktor pengganggu yang tidak dapat dijelaskan oleh model regresi.

Keselarasan model regresi dapat diterangkan dengan menggunakan nilai R^2 semakin besar nilai tersebut maka model semakin baik. Jika nilai mendekati 1 maka model regresi semakin baik.

Uji koefisien determinasi (R^2)

Uji koefisien determinasi digunakan untuk mengukur seberapa jauh kemampuan model dalam menerangkan variasi variabel terikat. Persamaan nilai koefisien determinasi dapat dilihat pada persamaan 3 (Putra et al., 2018).

$$R^2 = \frac{(b_1 \sum x_1 y + b_2 \sum x_2 y + \dots + b_n \sum x_n y)}{\sum y^2} \quad (3)$$

Perhitungan estimasi produksi

Perhitungan estimasi produksi dilakukan pada petak sawah 11 -20 menggunakan software Microsoft Excel dengan memasukkan nilai indeks vegetasi petak sawah 11 – 20 kedalam persamaan regresi yang telah diperoleh.

Uji akurasi estimasi produksi

Uji akurasi ini menggunakan RMSE dengan melihat tingkat akurasi hasil estimasi dari model regresi polinomial pada indeks vegetasi dengan data dari lapang. Root Mean Square Error (RMSE) adalah tingkat kesalahan hasil prediksi, dimana semakin kecil (mendekati 0) nilai RMSE, maka hasil estimasi akan semakin akurat. Persamaan RMSE dapat dilihat pada persamaan 4 (World Meteorological Organization, 1999).

$$RMSE = \sqrt{\sum ((ei - e)^2) / n} \quad (4)$$

Dengan ei = nilai data actual, e = nilai hasil estimasi, n = banyaknya data, \sum = summation (jumlah keseluruhan nilai).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis statistik antara hasil panen dan indeks vegetasi

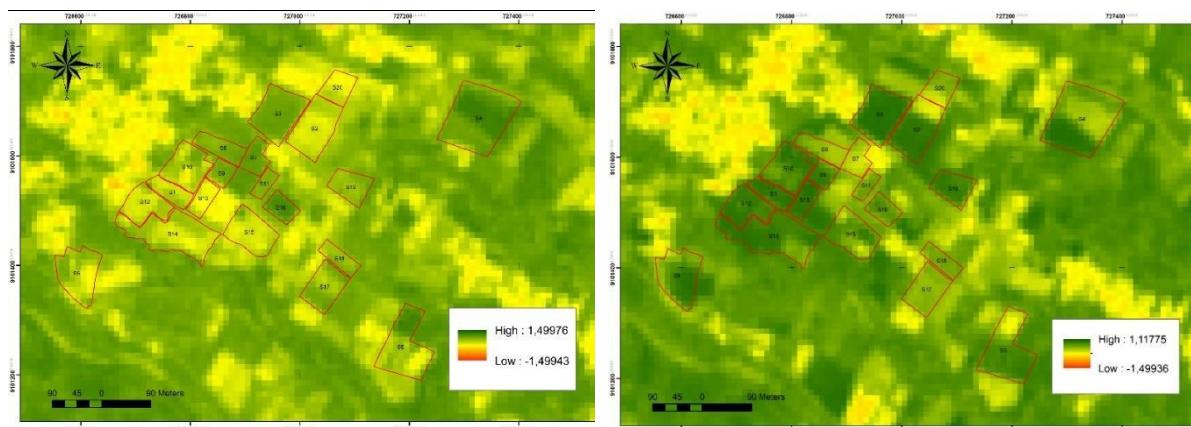
Pengambilan data berupa citra panen periode I pada tanggal 30 Mei 2022 dan periode II pada tanggal 17 September 2022 yang didapatkan dari satelit Sentinel 2. Sebanyak 4 band

dimanfaatkan dalam penelitian ini yaitu Blue (2), Green (3), Red (4), dan NIR (8). Hasil komposit band citra true color ditampilkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Peta Lahan Panen

Gambar 1 merupakan citra true color yang akan diolah menjadi citra indeks vegetasi SAVI menggunakan persamaan 1 pada software ArcGIS. Hasil transformasi indeks vegetasi menghasilkan peta kerapatan vegetasi dimana pada penelitian ini dibagi menjadi beberapa kelas kerapatan vegetasi, yaitu kerapatan sangat rendah, kerapatan rendah, kerapatan sedang, kerapatan tinggi, dan kerapatan sangat tinggi (Hidayati, 1981). Hasil pengolahan citra ditampilkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Nilai Indeks Vegetasi Lahan Panen Periode 1

Nilai SAVI diperoleh dari masing – masing petak dengan melakukan pengolahan citra yang diekstrak untuk mendapatkan nilai indeks vegetasi dari masing – masing petak sawah (Tabel 1). Hasil dari transformasi indeks SAVI pada masa panen peiode I yaitu 0,249 hingga

0,955 dengan rata – rata 0,55 dan masa panen periode II adalah 0,409 hingga 0,996 dengan rata -rata 0,812.

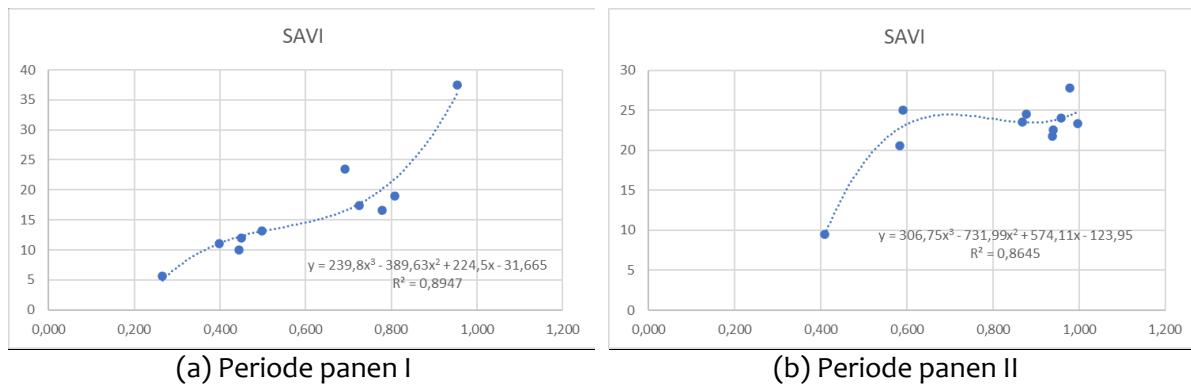
Tabel 1. Hasil Panen dan Indeks Vegetasi Panen Periode I dan II

Petak	Luasan (Ha)	Periode I			Periode II		
		Panen (Ton)	Ton/Ha	SAVI	Panen (Ton)	Ton/Ha	SAVI
Sawah 1	0,25	3	12,00	0,451	6	24,00	0,957
Sawah 2	0,69	12	17,39	0,725	15	21,74	0,938
Sawah 3	0,68	16	23,53	0,692	14	20,59	0,583
Sawah 4	1,26	24	19,05	0,808	12	9,52	0,409
Sawah 5	0,8	8	10,00	0,445	18	22,50	0,939
Sawah 6	0,68	9	13,24	0,499	16	23,53	0,869
Sawah 7	0,24	9	37,50	0,955	6	25,00	0,590
Sawah 8	0,3	5	16,67	0,779	7	23,33	0,996
Sawah 9	0,18	2	11,11	0,398	5	27,78	0,979
Sawah 10	0,53	3	5,66	0,266	13	24,53	0,878
Sawah 11	0,14	3	21,42	0,686	3	21,43	0,740
Sawah 12	0,43	5	11,63	0,397	12	27,91	0,922
Sawah 13	0,22	1	4,55	0,320	5	22,73	0,963
Sawah 14	0,95	9	9,47	0,355	27	28,42	0,961
Sawah 15	0,55	7	12,73	0,424	14	25,45	0,803
Sawah 16	0,22	6	27,41	0,910	5	22,84	0,822
Sawah 17	0,47	7	14,96	0,489	10	21,37	0,607
Sawah 18	0,22	4	18,53	0,604	5	23,16	0,723
Sawah 19	0,34	4	11,61	0,557	8	23,23	0,932
Sawah 20	0,28	2	7,08	0,249	6	21,25	0,638

Korelasi indeks vegetasi dengan data panen

Korelasi indeks vegetasi dengan data panen dilakukan untuk memperoleh persamaan regresi dan nilai koefisien determinasi dari petak 1 sampai dengan 10 pada periode panen I

dan II dengan nilai koefisien determinasi dari masing –masing periode panen berturut – turut 0,895 dan 0,865.



Gambar 4. Hubungan indeks vegetasi dengan data panen periode I dan II

Gambar 4 menunjukkan bahwa nilai koefisien determinasi dan hasil regresi panen periode I dan II adalah polinomial. Menurut Yuono dan Widyawati (2016) nilai koefisien determinasi adalah antara nol dan satu. Panen periode I memiliki persamaan $y = 239,8x^3 - 389,63x^2 + 224,5x - 31,665$ dan nilai koefisien determinasi sebesar R^2 sebesar 0,895 dan panen periode II dengan persamaan $y = 306,75x^3 - 731,99x^2 + 574,11x - 123,95$ dan nilai koefisien determinasi sebesar R^2 sebesar 0,865. Menurut Lestari (2021) suatu nilai bisa dikatakan baik jika ia berada di atas angka 0,5, dan sebaliknya. Berdasarkan pernyataan tersebut, maka nilai R^2 yang diperoleh dari kedua persamaan dapat digunakan untuk menghitung estimasi produksi ubi jalar.

Estimasi produksi ubi jalar

Persamaan regresi yang didapatkan digunakan untuk menghitung estimasi produksi petak 11 – 20 (Tabel 2).

Tabel 2. Produktivitas ubi jalar periode panen I dan II

Petak	Period I		Selisih	Period II		Selisih
	Estimasi	Aktual		Estimasi	Aktual	
11	16,39	21,43	5,04	24,36	21,43	2,93
12	11,05	11,63	0,58	23,55	27,91	-4,35
13	8,11	4,55	-3,57	24,04	22,73	1,32
14	9,64	9,47	-0,17	24,00	28,42	-4,42
15	11,76	12,73	0,97	23,89	25,45	-1,56
16	30,69	27,41	-3,28	23,75	22,84	0,91
17	12,99	14,96	1,97	23,43	21,37	2,06
18	14,64	18,53	3,89	24,43	23,16	1,27
19	13,94	11,61	-2,33	23,63	23,23	0,40
20	3,79	7,08	3,29	24,05	21,25	2,80
Total	133,00	139,40	6,40	239,14	237,79	1,35

Berdasarkan Tabel 2 dapat dilihat bahwa hasil estimasi produktivitas ubi jalar menggunakan SAVI memiliki perbedaan yang relatif kecil dalam jumlah serta hasil pengolahan dibandingkan dengan produktivitas ubi jalar yang didapat dari data panen. Hasil estimasi produktivitas ubi jalar menggunakan SAVI menghasilkan jumlah estimasi

sebesar 133 ton pada panen periode I dan 239,14 ton pada panen periode II. Hal ini sama dengan penelitian yang dilakukan oleh Hines (2020) SAVI dapat digunakan untuk memprediksi hasil panen dengan hasil yang cukup akurat, baik pada skala besar maupun kecil.

Uji akurasi

Untuk mengevaluasi akurasi hasil estimasi yang didapatkan dari masing – masing indeks vegetasi SAVI pada panen periode I dan II (petak 11 - 20), maka dilakukan perhitungan Root Mean Square Error (RMSE). Hasil perhitungan RMSE diperoleh nilai 0,029 untuk panen periode I dan 0,026 untuk periode II. Setiap periode panen memperlihatkan hasil yang berbeda-beda. RMSE ini digunakan untuk melihat tingkat kecocokan atau akurasi hasil estimasi menggunakan model regresi linier berganda pada masing-masing indeks vegetasi dengan data panen. Menurut Harta et al (2022) Nilai hasil RMSE dapat berkisar dari 0 nilai terendah sampai dengan nilai ∞ . Adapun besaran RMSE yang diperoleh adalah 0,029 untuk panen periode I dan 0,026 untuk panen periode II. Berdasarkan hasil yang diperoleh dapat diketahui bahwa dari 2 model estimasi produktivitas ubi jalar yang telah diperoleh adalah baik karena menurut Widiatmoko (2008) model prediksi dikatakan paling baik apabila nilai RMSE mendekati 0 (nol).

4. KESIMPULAN

Hasil estimasi produktivitas ubi jalar (petak 11 – 20) menggunakan SAVI memiliki perbedaan yang relatif kecil dari hasil estimasi dibandingkan dengan produktivitas ubi jalar yang didapat dari data panen. Hasil estimasi produktivitas ubi jalar menggunakan SAVI menghasilkan jumlah estimasi sebesar 133 ton pada panen periode I dari data panen aktual sebesar 139,40 dan 239,14 ton pada panen periode II dari data panen aktual sebesar 237,79.

Estimasi produksi ubi jalar menggunakan indeks vegetasi SAVI satelit Sentinel 2 memiliki akurasi yang baik jika dibandingkan dengan hasil data panen. Nilai RMSE panen periode I sebesar 0,029 dan 0,026 untuk panen periode II. Dimana semakin kecil (mendekati 0) nilai RMSE maka kesalahan pengukuran semakin kecil.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini merupakan bagian dari Hibah Matching Fund Kedaireka tahun 2022 dengan judul Pengembangan Industri Pengolahan Tepung Ubi di Kelompok Tani Harapan Kita Pasrujambe Lumajang. Ucapan terima kasih disampaikan kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi (Ditjen Dikti) yang telah mendanai penelitian dan semua pihak yang telah membantu kelancaran proses penelitian sampai dengan publikasi.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Andini, W. S., Prasetyo, Y., & Sukmono, A. (2018). Analisis Sebaran Vegetasi dengan Citra Satelit Sentinel menggunakan Metode NDVI dan Segmentasi (Studi Kasus: Kabupaten Demak). *Jurnal Geodesi Undip*, 7(1), 14–24.

- Ariani, D., Prasetyo, Y., & Sasmito, B. (2020). Estimasi Tingkat Produktivitas Padi Berdasarkan Algoritma NDVI, EVI Dan SAVI Menggunakan Citra Sentinel-2 Multitemporal (Studi Kasus: Kabupaten Pekalongan, Jawa Tengah). *Jurnal Geodesi Undip*, 9(1), 207–216.
- Arifin, M., Solihin, M. A., Devnita, R., & Suryatmana, P. (2017). Karakterisasi Lahan Budidaya Ubi Jalar Cilembu Sebagai Landasan Petani Dalam Pemanfaatan Lahan Secara Optimal Di Desa Sindangsari Kecamatan Sukasari Kabupaten Sumedang. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 5(9), 1–58.
- Aswin, M. R., & Murti, S. H. (2016). Estimasi Produksi Padi Berbasis Pemrosesan Citra Landsat 8 OLI di Kabupaten Ponorogo. *Jurnal Bumi Indonesia*, 5(4), 11. <http://lib.geo.ugm.ac.id/ojs/index.php/jbi/article/view/867>
- Badan Pusat Statistik. (2015). Produksi tanaman pangan. <https://www.bps.go.id/indicator/53/23/1/produksi.html>
- Cahyono, A. R. R., & Narottama, N. (2020). Strategi Pengembangan Desa Pasrujambe Pasca Ditetapkan Sebagai Desa Wisata di Kabupaten Lumajang. *Jurnal Destinasi Pariwisata*, 8(2), 201. <https://doi.org/10.24843/jdepar.2020.v08.i02.p06>
- Casa, R., & Jones, H. (2005). LAI retrieval from multiangular image classification and inversion of a ray tracing model. *Remote Sensing of Environment*, 98, 414–428. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2005.08.005>
- Dimara, A., Hamuna, B., & Dimara, L. (2020). Pemanfaatan citra satelit Sentinel-2A untuk pemetaan habitat dasar perairan dangkal (Studi Kasus: Teluk Humbolt, Kota Jayapura). *Jurnal Ilmu Kelautan Dan Perikanan Papua*, 3(1), 25–31. <https://doi.org/10.31957/acr.v3i1.1213>
- Harta, I. G. B. A., Gede Suhartana, I. K., Anom Cahyadi, I. G. N., Pramartha, C., Ari Mogi, I. K., & Agung Raharja, M. (2022). Pengamanan Lontar Digital Dengan Tanda Tangan Digital Menggunakan Algoritma RSA. *JELIKU (Jurnal Elektronik Ilmu Komputer Udayana)*, 10(2), 199. <https://doi.org/10.24843/jlk.2021.v10.i02.p02>
- Hidayati, I. N. (1981). Ekstraksi Data Indeks Vegetasi Untuk Evaluasi Ruang Terbuka Hijau Berdasarkan Citra Alos di Kecamatan Ngaglik Kabupaten Sleman Yogyakarta. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.
- Hines, W. (2020). Crop Yield prediction using SAVI. May, 3896–3899.
- Irsan, L. M., Murti, S. H., & Widayani, P. (2019). Estimasi Produksi Jagung (*Zea Mays L.*) Dengan Menggunakan Citra Sentinel 2a Di Sebagian Wilayah Kabupaten Jeneponto Provinsi Sulawesi Selatan. *Jurnal Teknoscains*, 8(2), 93. <https://doi.org/10.22146/teknoscains.36885>
- Lestari, T. D. (2021). Analisis Faktor Yang Mempengaruhi Konsumen Dalam Keputusan Pembelian Paket Data Telkomsel (Studi Kasus Pengguna Paket Data Telkomsel di Soloraya). *Indonesia Journal Of Strategic Management*, 4(2). <https://journal.uniku.ac.id/index.php/ijsm>
- Malensang, J. S., Komalig, H., & Djoni Hatidja. (2012). Pengembangan Model Regresi Polinomial Berganda Pada Kasus Data Pemasaran. *Jurnal Ilmiah Sains*, 12(2), 149–152.

- Marlina, D. (2022). Klasifikasi Tutupan Lahan pada Citra Sentinel-2 Kabupaten Kuningan dengan NDVI dan Algoritme Random Forest. *STRING (Satuan Tulisan Riset Dan Inovasi Teknologi)*, 7(1), 41. <https://doi.org/10.30998/string.v7i1.12948>
- Nurmalasari, I., & Santosa, S. H. M. B. (2016). Pemanfaatan Citra Sentinel-2A untuk Estimasi Produksi Pucuk Teh di Sebagian Kabupaten Karanganyar. *Revista CENIC. Ciencias Biológicas*, 152(3), 28. file:///Users/andreataquez/Downloads/guia-plan-de-mejorainstitucional.pdf%0Ahttp://salud.tabasco.gob.mx/content/revista%0Ahttp://www.revistaalad.com/pdfs/Guias_ALAD_11_Nov_2013.pdf%0Ahttp://dx.doi.org/10.15446/revfacmed.v66n3.60060.%0Ahttp://www.cenetec
- Purhartanto, L. N., Danoedoro, P., & Wicaksono, P. (2020). Kajian Transformasi Indeks Vegetasi Citra Satelit Sentinel-2A untuk Estimasi Produksi Daun Kayu Putih Menggunakan Linear Spectral Mixture Analysis. *Jurnal Nasional Teknologi Terapan (JNTT)*, 3(1), 63. <https://doi.org/10.22146/jntt.56618>
- Putra, made asya bhaskara, Nuarsa, i wayan, & Sandi, adnyana i wayan. (2018). Estimasi Produksi Padi Dengan Analisis Citra Satelit. *Ecotrophic*, 12(1), 94–103.
- Riko, Y., Meha, A. I., & Prasetyo, S. Y. J. (2019). Perubahan Konversi Lahan Menggunakan NDVI, EVI, SAVI dan PCA pada Citra Landsat 8 (Studi Kasus : Kota Salatiga). *Indonesian Journal of Computing and Modeling*, 1, 25–30.
- Sianturi, J. F. (2021). Budidaya Tanaman Ubi Jalar dalam Meningkatkan Ketahanan Pangan Di Desa Banko Lestari Kabupaten Rokan Hilir. *Journal of Community Services Public Affairs*, 1(3), 81–86. <https://doi.org/10.46730/jcspa.v1i3.24>
- Simarmata, N., Wikantika, K., Tarigan, T. A., Aldyansyah, M., Tohir, R. K., Fauziah, A., & Purnama, Y. (2022). Analisis Transformasi Indeks Ndvi, Ndwi Dan Savi Untuk Identifikasi Kerapatan Vegetasi Mangrove Menggunakan Citra Sentinel Di Pesisir Timur Provinsi Lampung. *Jurnal Geografi*, 2(ISSN 2086-7042), 1–8.
- Widiatmoko, H. (2008). 3. METODE PENELITIAN 3.1. Disain Penelitian Penelitian ini mempergunakan metode. 32–58.
- World Meteorological Organization. (1999). *World Meteorological Organization - Annual Report 1998*. WMO.
- Yuliansar, Ridwan, & Hermawati. (2020). Karakterisasi pati ubi jalar putih, orange, dan ungu. *Saintis*, 1(2), 1–13.
- Yuono, C., & Widyawati, D. (2016). Pengaruh Perencanaan Pajak dan Corporate Governance Terhadap Nilai Perusahaan. *Jurnal Ilmu Dan Riset Akuntansi*, 5(6), 1–19. <http://ejournal.upi.edu/index.php/JRAK/article/view/7708>