

ANALISIS PRODUKTIVITAS PADI MENGGUNAKAN ALGORITMA MACHINE LEARNING RANDOM FOREST DI KABUPATEN BATANG TAHUN 2018 - 2022

Azhari Raka Masdian^{1*}, Nurhadi Bashit¹, Firman Hadi¹

¹Departemen Teknik Geodesi-Fakultas Teknik Universitas Diponegoro, Jawa Tengah Indonesia
Jl. Prof Soedarto, SH, Tembalang, Semarang, Indonesia-75123Telp./Faks: (024) 736834
e-mail: rakamasdian@gmail.com*

(Diterima 3 April 2023, Disetujui 27 Juni 2023)

ABSTRAK

Produktivitas padi merupakan salah satu alat untuk mengamati seberapa besar nilai produksi padi yang dicapai suatu wilayah. Perubahan produksi padi di suatu wilayah dapat dipengaruhi oleh pembangunan yang terjadi. Proyek pembangunan seperti jalan tol Semarang-Batang yang dimulai tahun 2016 dan pembangunan Kawasan Industri Terpadu Batang (KITB) yang dimulai tahun 2020, dapat mempengaruhi perubahan tutupan lahan pada wilayah Kabupaten Batang terutama sawah yang merupakan tempat dimana padi dihasilkan. Penelitian ini menggunakan data citra Sentinel-2 dari tahun 2018 hingga 2022 sehingga akan diketahui kondisi lahan dan perubahannya. Terdapat 8 periode yang digunakan untuk mengamati perubahan tutupan lahan sawah dan non sawah di Kabupaten Batang. Analisis perubahan tutupan lahan tersebut dilakukan dengan metode klasifikasi citra secara *supervised* dengan algoritma *random forest* (RF). Hasil klasifikasi tersebut kemudian dijadikan batas luasan untuk analisis produktivitas padi. Untuk mendapatkan nilai pendugaan produktivitas padi, dilakukan analisis regresi dengan data produktivitas padi sebagai variabel terikat dan nilai indeks tanaman sebagai variabel bebas. Nilai akurasi hasil klasifikasi yang didapat dari matriks konfusi dengan 100 titik validasi menghasilkan akurasi *producer* sebesar 95,556 %, akurasi *user* sebesar 86 %, akurasi keseluruhan sebesar 91 %, dan nilai Kappa sebesar 0,82. Variabel terikat yang digunakan dalam analisis regresi terdapat 2 macam, yang pertama adalah data per kecamatan dari Dinas Pangan dan Pertanian Kabupaten Batang dan yang kedua merupakan data survey validasi yang mencakup area per sawah. Nilai RMSE yang didapat dari data per kecamatan adalah 1,857 ton/Ha, sedangkan hasil prediksi menggunakan data lapangan dengan sampel per sawah menghasilkan nilai RMSE 0,498 ton/Ha

Kata kunci : *Sentinel-2, random forest, produktivitas, regresi, Kabupaten Batang.*

ABSTRACT

Rice productivity is a tool to observe how much an area can produce rice. Rice production can change get affected by the development that occur at that area. There are some construction projects that happen in Batang, like Semarang-Batang toll road that start at 2016 and Kawasan Industri Terpadu Batang (KITB) that start at 2020, it could affect the land cover in Batang District especially rice fields where the paddy produced. This research using Sentinel-2 imagery data from 2018 until 2022 so we can observe the land cover and its transformation. There are 8 periods that used to observe rice field and non rice field land cover change in Batang District. Land cover classification using supervised method with random forest (RF) algorithm. That classification result then used for rice productivity analysis boundary. To get the rice productivity prediction we use regression analysis with rice productivity data as dependent variable and vegetation index as independent variables. Accuracy assessment value using confusion matrix with 100 of validation points generate 95,556 % of producer accuracy, 86 % of user accuracy, 91 % overall accuracy, and 0,82 Kappa value. There are 2 types of dependent variable that used in the regression analysis, the first one is subdistrict data that obtained from Dinas Pangan dan Pertanian Kabupaten Batang and the second one is validation survey that cover area per rice field. For the first type data we obtain 1,857 ton/Ha RMSE value and from the second type of data we obtain 0,498 ton/Ha RMSE value.

Keywords : *Sentinel-2, random forest, regression, Batang district.*

1. PENDAHULUAN

Kabupaten Batang merupakan salah satu wilayah dengan lahan pertanian yang cukup luas dan produksi padi yang sangat besar. Secara berturut-turut pada tahun 2014 hingga 2016 produksi padi di Batang mencapai 178.726 ton, 197.621 ton, dan 216.641 ton dengan luas panen sebesar 42.007, 40.596, dan 42.415 Hektar. Pembangunan Kabupaten Batang saat ini sedang dilakukan secara besar-besaran seperti, pembangunan jalan bebas hambatan Semarang - Batang pada 2016 sampai 2018 dan pembangunan Kawasan Industri Terpadu Batang (KITB) pada 2020 yang direncanakan selesai pada 2024. Oleh karena itu, sebagian dari wilayahnya dialih fungsikan untuk pembangunan infrastruktur. Hal tersebut secara tidak langsung memperburuk produksi padi di Kabupaten Batang. Berita resmi statistik yang dikeluarkan oleh Badan Pusat Statistik Jawa Tengah menyatakan bahwa dari tahun 2016 sampai tahun 2021 Kabupaten Batang mengalami penurunan produksi padi sebesar 74.940 ton atau 34,59% dan penyusutan luas panen 14.055 Hektar atau 33,14%.

Perhitungan luas panen lahan padi yang dilakukan oleh BPS saat ini menggunakan metode kerangka sampel area (KSA), metode KSA memanfaatkan citra satelit sebagai sarana analisis perhitungan luas panen padi. Meskipun demikian, pengamatan lapangan yang dilakukan oleh petugas setiap bulan dengan cakupan seluruh area Kabupaten Batang tentunya cukup menguras waktu, tenaga, dan biaya. Terdapat alternatif lain yang bisa digunakan untuk perhitungan luas yaitu dengan menggunakan *machine learning* yang lebih efisien karena prosesnya tidak terlalu memakan waktu, cukup mengandalkan interpretasi visual dan pemrosesan komputer dengan beberapa contoh algoritma seperti *support vector machine* (SVM), *random forest* (RF), *gaussian mixture model* (GMM).

Perbandingan antara beberapa algoritma klasifikasi tutupan lahan seperti *support vector machine* (SVM), *random forest* (RF), *gaussian mixture model* (GMM) yang dilakukan oleh (Koman, dkk., 2021). Lokasi penelitian berada di Kecamatan Tirtomoyo, Kabupaten Wonogiri, Jawa Tengah. Pada penelitian ini didapatkan hasil berupa peta tutupan lahan dan *overall accuracy* (OA) masing-masing algoritma pada tahun 2016 sebesar 80,31% dari metode SVM, 77,68% dari metode RF, 72,16% dari metode GMM dan pada tahun 2021 sebesar 84,84% dari metode SVM, 78,16% dari metode RF, 74,82% dari metode GMM. Sementara pada klasifikasi lahan sawah pada Kabupaten Sukabumi dengan data citra Landsat-5 dan Landsat-8 yang dilakukan oleh (Siska, dkk., 2021), didapati

bahwa lahan sawah Kabupaten Sukabumi mengalami penyusutan sebesar 10.317,27 Hektar dalam rentang waktu 10 tahun. Akurasi yang dihasilkan pada penelitian tersebut sebesar 94% pada tahun 2020, 93% pada tahun 2015, dan 96% pada tahun 2010. Berdasarkan beberapa penelitian terdahulu penulis memutuskan untuk menggunakan analisis klasifikasi lahan sawah menggunakan metode *supervised classification* dengan algoritma *random forest*.

Analisis produktivitas padi menggunakan regresi linier berganda untuk mendapatkan formula regresi yang bisa digunakan untuk menghitung produktivitas padi periode lainnya.

Pada penelitian ini akan dilaksanakan analisis perubahan luasan dan tutupan lahan sawah di Kabupaten Batang dari tahun 2018 hingga 2022 serta pendugaan produktivitas padi menggunakan analisis regresi untuk melihat seberapa besar perbedaan dari hasil pendugaan dengan nilai validasi lapangan.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1. Data Penelitian

Data yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Data penelitian

No	Data	Sumber	Tahun	Keterangan
1	Sentinel 2A	European Space Agency (ESA)	2018, 2019, 2020, 2021, 2022	Data ini merupakan citra multispektral yang dapat diperoleh secara otomatis melalui fitur <i>import</i> dari <i>platform</i> Google Earth Engine.
2	Batas Administrasi Kabupaten Batang	Inageoportel	2022	Batas wilayah penelitian Kabupaten Batang.
3	Data produktivitas padi Kabupaten Batang	Dinas Pangan dan Pertanian (Dispaperta) Kab. Batang	2018, 2019, 2020, 2021, 2022	Data ini merupakan data hasil untuk pembandingan yang dikeluarkan oleh Kementerian Pertanian.
4	Data validasi	Survei	2023	Data ini diperoleh dengan bantuan software GPS map camera.

2.2. Klasifikasi

Tahapan klasifikasi tutupan lahan dimulai dengan melakukan pengambilan *training dataset*, yang nantinya akan digunakan sebagai bahan klasifikasi lahan sawah dan lahan non sawah. Pengambilan *training dataset* ini dilakukan sekali dan digunakan untuk semua citra dengan waktu akuisisi yang berbeda. Jumlah sampel yang digunakan mengacu pada pernyataan McCoy (2005) bahwa jumlah data latih dapat dihitung berdasarkan jumlah kanal yang digunakan dalam proses pengolahan dikalikan 10 untuk tiap kelas. Pada penelitian ini digunakan 4 kanal yaitu band 2, band 3, band 4, dan band 8. Sehingga data latih yang dibutuhkan berjumlah minimal 40 titik tiap kelas. Perbandingan data latih dan data uji dalam penelitian ini adalah 70 banding 30. Sehingga data uji yang dibutuhkan dalam pengolahan berjumlah 18 titik tiap kelasnya. Setelah itu dilakukan pendeskripsian *classifier* untuk menentukan jenis algoritma apa yang ingin digunakan dalam proses klasifikasi, dimana pada penelitian ini algoritma yang dipakai adalah *random forest*. Langkah selanjutnya adalah melakukan klasifikasi menggunakan *classifier* yang telah terbentuk sebelumnya. Sehingga terbentuklah hasil citra terklasifikasi adapun periode citra dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Periode citra klasifikasi

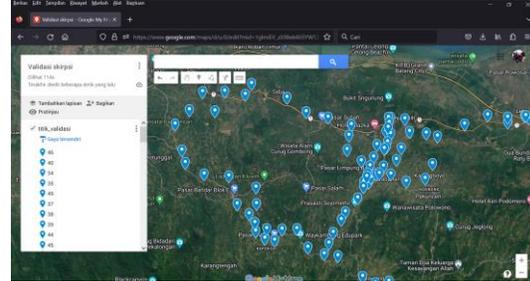
No	Periode citra	Keterangan waktu
1	Periode ke-1	18 Desember 2018 - 17 Juni 2019
2	Periode ke-2	18 Juni 2019 - 17 Desember 2019
3	Periode ke-3	18 Desember 2019 - 17 Juni 2020
4	Periode ke-4	18 Juni 2020 - 17 Desember 2020
5	Periode ke-5	18 Desember 2020 - 17 Juni 2021
6	Periode ke-6	18 Juni 2021 - 17 Desember 2021
7	Periode ke-7	18 Desember 2021 - 1 Juli 2022
8	Periode ke-8	18 Juni 2022 - 17 Desember 2022

Periode citra ini merupakan rentang waktu pengambilan citra, dimana dalam satu periode citra terdapat beberapa kali perekaman citra Sentinel-2.

2.3. Uji Akurasi

Pengukuran tingkat akurasi dilakukan dengan metode matriks konfusi dengan membandingkan data hasil olahan dengan data yang ada di lapangan. Untuk menentukan titik-titik mana saja yang akan digunakan sebagai sampel untuk uji akurasi, penulis membuat terlebih dahulu sebaran lokasi validasi lapangan pada perangkat lunak QGIS dengan

mempertimbangkan aksesibilitas jalan yang memadai. Untuk melakukan navigasi ketika di lapangan maka titik sebaran tersebut harus diekspor ke bentuk KML agar bisa diakses melalui Google Maps dengan cara memasukkan berkas titik tersebut pada *platform* Google My Maps.



Gambar 1. Lokasi titik validasi pada *platform* Google My Maps

2.4. Analisis Regresi Linier Berganda

Analisis data yang dilakukan pada penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan pendugaan produktivitas padi tahun 2018 sampai 2022 dengan menggunakan satu periode masa panen sebagai acuan. Data yang digunakan pada analisis regresi didapatkan dari data ubinan padi bulan Juli 2022, kemudian data nilai NDVI, EVI, dan LSWI pada bulan yang sama yaitu Juli 2022. Untuk mendapatkan nilai NDVI, EVI, dan LSWI perlu dilakukan ekstraksi terlebih dahulu.

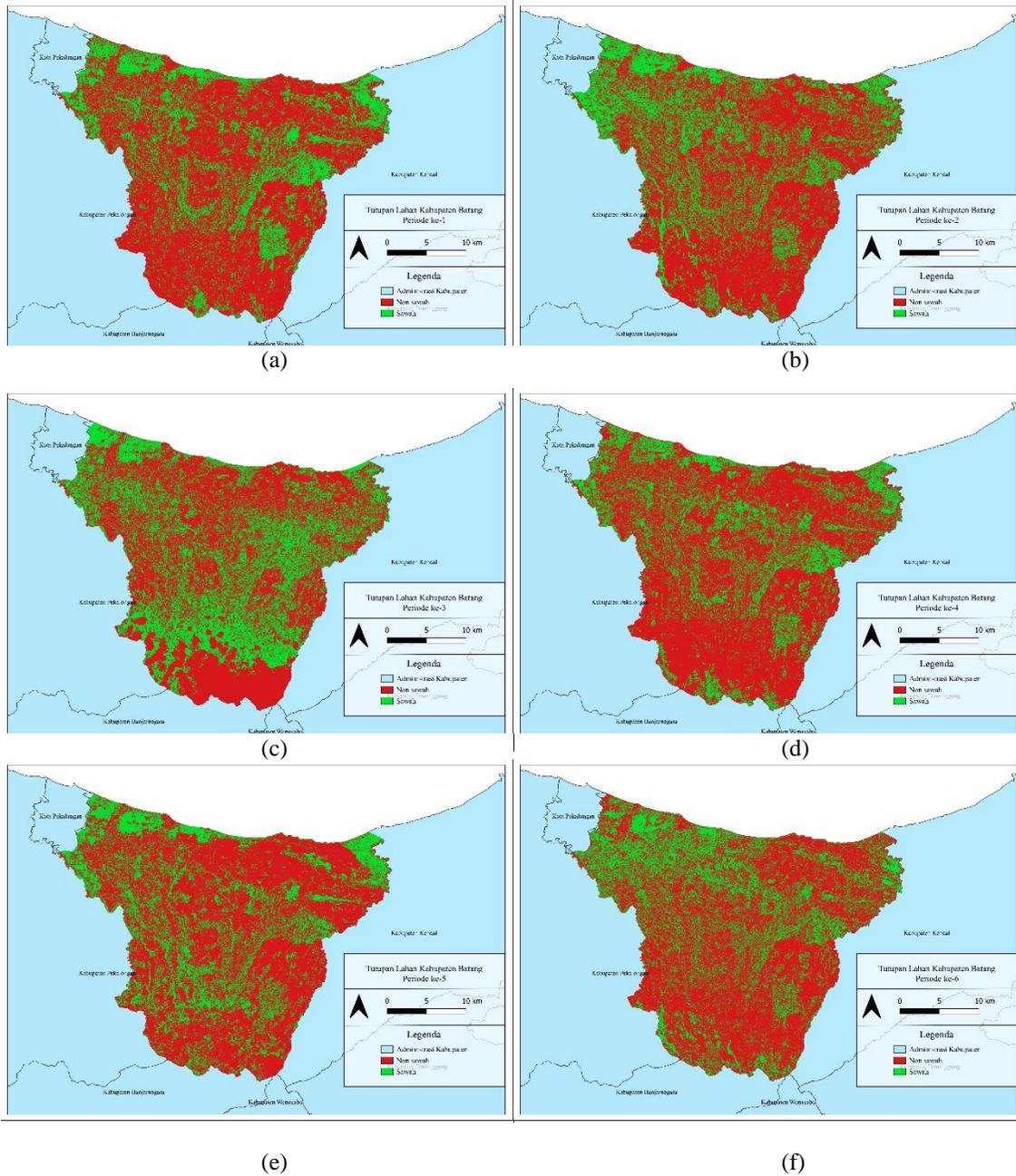
Analisis regresi linier berganda dilakukan pada aplikasi Microsoft Office Excel dengan menambahkan *tool data analysis* yang akan menghasilkan nilai regresi beserta nilai residualnya. Penulis menggunakan dua jenis data untuk digunakan sebagai variabel terikat yaitu data dari Dinas Pangan dan Pertanian (Dispaperta) Kabupaten Batang dengan nilai ubinan rata-rata per kecamatan dan data survei validasi dengan luasan ubinan per sawah, kemudian melakukan regresi pada masing masing data tersebut. Validasi hasil regresi dilakukan dengan cara wawancara kepada responden yang merupakan petani atau orang yang mengetahui produksi padi pada daerah tersebut. Setelah itu hasil dari wawancara dengan responden dibandingkan dengan hasil prediksi produktivitas padi untuk melihat apakah hasil hitungan tersebut valid. Kemudian hasil prediksi dan hasil validasi dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai RMSE.

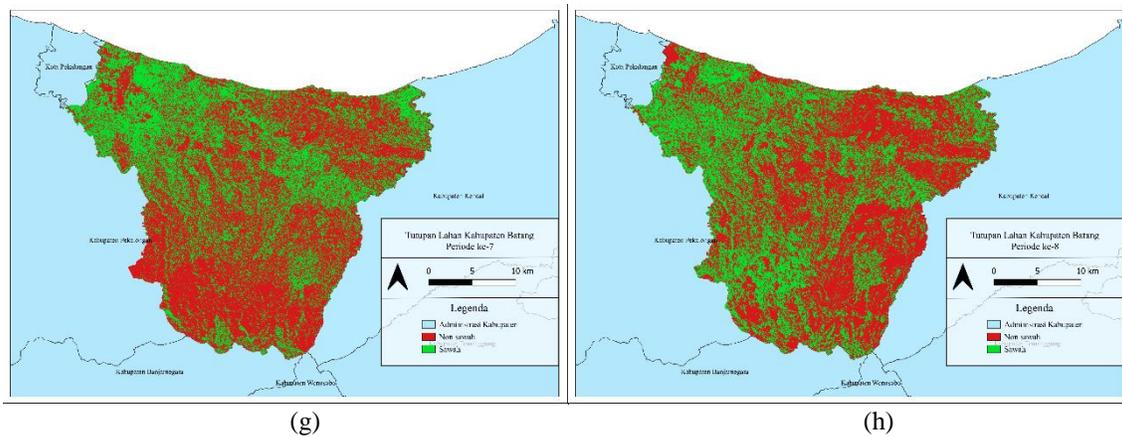
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis Hasil Klasifikasi Lahan Sentinel-2

Klasifikasi lahan dilakukan menggunakan algoritma *random forest* yang merupakan metode klasifikasi berbasis *supervised* sehingga mengharuskan penggunaannya untuk melakukan pengambilan data latih secara tepat agar mendapatkan hasil yang baik. Data latih yang telah

dipilih digunakan untuk mengklasifikasikan semua periode citra yang digunakan. Hasil citra terklasifikasi dapat dilihat pada Gambar 2.





Gambar 2. Hasil klasifikasi tutupan lahan periode ke-1(a), ke-2(b), ke-3(c), ke-4(d), ke-5(e), ke-6(f), ke-7(g), ke-8(h)

Hasil klasifikasi citra periode 1 hingga 8 menunjukkan beberapa perubahan yang cukup jelas namun terlihat tidak konsisten. Hal tersebut mungkin disebabkan karena kesalahan dalam klasifikasi, ada beberapa faktor yang dapat menyebabkan kesalahan tersebut seperti, keberadaan awan dan bayangan awan yang masih tersisa meskipun telah dilakukan *cloud masking*, data latih tidak dapat mewakili kelas yang diinginkan sehingga hasil klasifikasi menjadi kurang baik, kelas tutupan lahan tidak terlalu spesifik dan jumlahnya sedikit sehingga dapat membuat sistem salah mengklasifikasikan karena informasi kurang spesifik.

Hasil analisis luasan citra terklasifikasi pada periode ke-1 sampai ke-8 dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil analisis luasan citra terklasifikasi

Periode	Luasan non sawah (hektar)	Luasan sawah (hektar)
1	61.311,08	25.577,16
2	58.447,67	28.440,57
3	52.559,77	34.328,47
4	63.177,56	23.710,68
5	61.036,13	25.852,11
6	59.107,69	27.780,55
7	52.086,26	34.801,98
8	51.507,23	35.381,01

Hasil hitungan tersebut jumlahnya berubah-ubah tiap periodenya, berbeda dengan data yang dikeluarkan oleh BPS yang menyatakan bahwa luasan lahan sawah berkurang dari tahun 2016 hingga 2021. Sedangkan pada hasil pengolahan nilai luasan sawah bertambah sebanyak 9.803,85 hektar. Adanya ketidaksesuaian tersebut dapat terjadi

diantaranya karena tutupan awan, atau hasil klasifikasi yang kurang sesuai.

Matriks konfusi dari hasil survei validasi dapat dilihat pada Tabel 4.

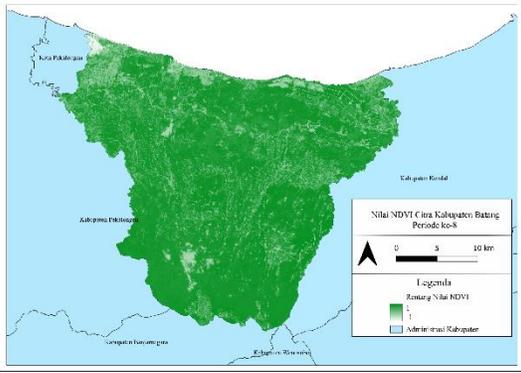
Tabel 4. Matriks konfusi

Hasil klasifikasi	Validasi lapangan		
	Sawah	Non sawah	Total
Sawah	43	7	50
Non sawah	2	48	50
Total	45	55	100

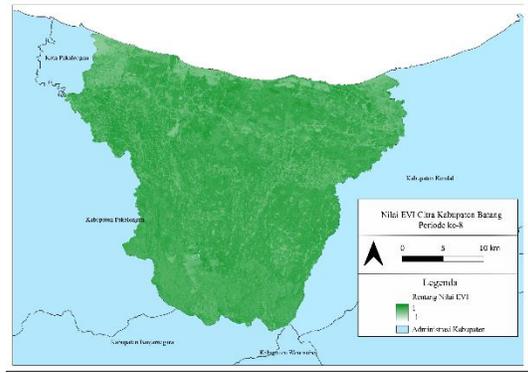
Nilai uji akurasi menggunakan matriks konfusi menunjukkan nilai akurasi *producer* sebesar 95,556 %, akurasi *user* sebesar 86 %, akurasi keseluruhan sebesar 91 %, dan nilai Kappa sebesar 0,82 seperti yang terlihat pada Tabel III-3. Mengacu pada jurnal yang dikeluarkan oleh Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh – Lapan, nilai akurasi minimal untuk klasifikasi adalah 75 % sehingga klasifikasi tutupan lahan pada penelitian ini memenuhi persyaratan (Arifin, 2015).

3.2. Analisis Hasil Indeks Vegetasi

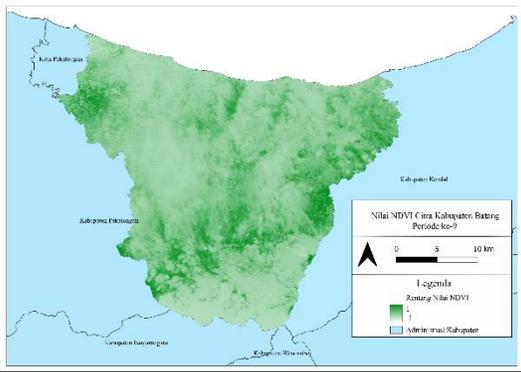
Indeks vegetasi digunakan sebagai variabel bebas pada analisis regresi linier berganda. Indeks vegetasi yang digunakan adalah parameter NDVI, LSWI, dan EVI. Dari ketiganya dilakukan ekstraksi data untuk mendapatkan nilai indeks vegetasi pada tiap titik sampel. Hasil pengolahan indeks vegetasi dapat dilihat pada gambar berikut.



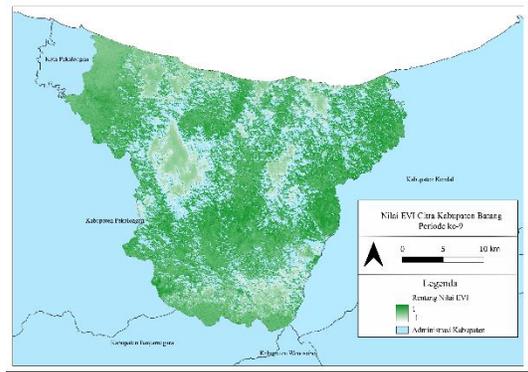
Gambar 3 Hasil analisis NDVI periode ke-8



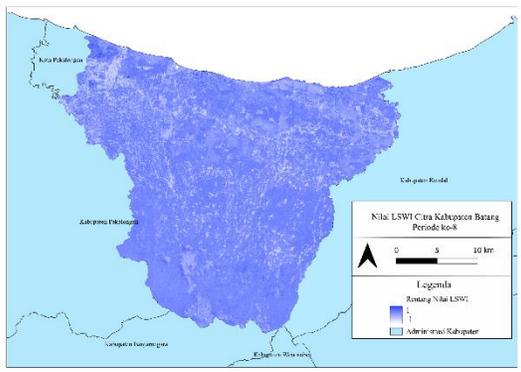
Gambar 7 Hasil analisis EVI periode ke-8



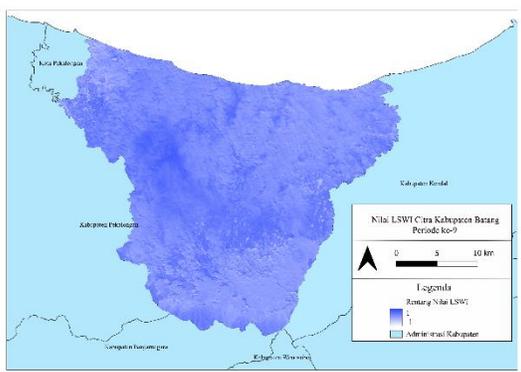
Gambar 4 Hasil analisis NDVI periode ke-9



Gambar 8 Hasil analisis EVI periode ke-9



Gambar 5 Hasil analisis LSWI periode ke-8



Gambar 6 Hasil analisis LSWI periode ke-9

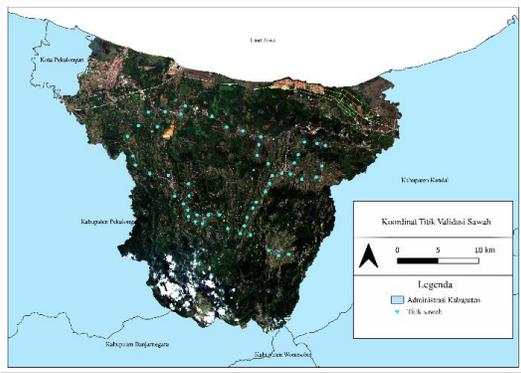
3.4. Hasil Uji Normalitas Data

Tabel 5. Hasil uji normalitas

Variabel	Nilai hitung	Nilai tabel	Keterangan
Y	0,21591582	0,1848	Tidak terdistribusi normal
X1	0,051443207	0,1848	Terdistribusi normal
X2	0,089485784	0,1848	Terdistribusi normal
X3	0,028380368	0,1848	Terdistribusi normal

Uji normalitas pada penelitian ini menggunakan metode Kolmogorov Smirnov dengan nilai hasil yang dapat dilihat pada Tabel 3. Berdasarkan aturan distribusi normal metode Kolmogorov Smirnov, suatu data berdistribusi normal apabila nilai hitung lebih kecil daripada nilai tabel. Oleh karena hal tersebut, maka variabel yang digunakan dalam penelitian ini yaitu variabel terikat (Y) memiliki data yang tidak berdistribusi normal sedangkan semua variable bebas (X1, X2, X3) memiliki data yang berdistribusi normal.

3.3. Analisis Hasil Model Regresi



Gambar 9 Sebaran titik model regresi

Pengolahan regresi linier berganda yang diolah dengan aplikasi Microsoft Excel dengan nilai signifikansi (α) 0,05. Menghasilkan formula regresi pada masing masing data tersebut sebagai berikut, $Y = 4,9988 + 0,4531 * X1 + 0,5706 * X2 - 0,5369 * X3$ untuk variabel terikat dari data Dispaperta dan $Y = 5,02676 - 0,06504 * X1 - 3,89744 * X2 + 0,06167 * X3$ untuk variabel terikat dari survei validasi.

Tabel 6. Nilai prediksi produktivitas padi dengan variabel terikat data Dispaperta

No	Prediksi (ton/Ha)	No	Prediksi (ton/Ha)
1	5,219507	10	4,416895
2	5,115534	11	-2,54224
3	5,128562	12	5,721231
4	4,843781	13	5,213124
5	5,061351	14	5,225433
6	5,086716	15	5,081053
7	4,899456	16	5,067525
8	4,946099	17	4,929098
9	4,574058		

Tabel 7. Nilai prediksi produktivitas padi dengan variabel terikat data wawancara

No	Prediksi (ton/Ha)	No	Prediksi (ton/Ha)
1	3,872034205	10	4,307809994
2	3,527130048	11	3,710726226
3	3,848036769	12	3,23121415
4	3,664110366	13	3,705892873
5	4,356901439	14	3,844219732
6	4,364763771	15	3,923902965
7	4,36597843	16	4,087925431
8	4,365310576	17	3,880375283
9	4,331451597		

Tabel 8. Data validasi dengan metode wawancara

No	Validasi (ton/Ha)	No	Validasi (ton/Ha)
1	3,6	10	4
2	3,4	11	3,5
3	4	12	4
4	3	13	3,8
5	5	14	3,5
6	4	15	3,6
7	4,5	16	5
8	4,5	17	5
9	4,5		

Perhitungan nilai RMSE prediksi produktivitas padi terhadap nilai validasi lapangan dari 17 titik sampel menghasilkan nilai error sebesar 1,857 ton/Ha untuk data prediksi menggunakan data variabel terikat dari Dispaperta, sedangkan hasil prediksi menggunakan data wawancara dengan sampel per sawah menghasilkan nilai error 0,498 ton/Ha. Nilai tersebut menunjukkan adanya perbedaan yang cukup besar dalam nilai prediksi dengan nilai sesungguhnya yang ada di lapangan serta variabel terikat menggunakan survey lapangan memiliki hasil lebih baik daripada menggunakan data ubinan dari Dispaperta yang merupakan nilai rata-rata per kecamatan.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1. Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilaksanakan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Analisis luasan menggunakan hasil klasifikasi dengan algoritma random forest menunjukkan bahwa luasan sawah mengalami kenaikan sebesar 9.803,85 hektar dan penurunan pada jumlah yang sama untuk luasan lahan non sawah.
2. Analisis regresi linier berganda yang menggunakan variabel terikat (Y) nilai produktivitas padi Kabupaten Batang, variabel bebas (X1) nilai NDVI, nilai LSWI (X2), dan nilai EVI (X3) menghasilkan formula regresi $Y = 4,9988 + 0,4531 * X1 + 0,5706 * X2 - 0,5369 * X3$ untuk variabel terikat dari data Dispaperta dan $Y = 5,02676 - 0,06504 * X1 - 3,89744 * X2 + 0,06167 * X3$ untuk variabel terikat dari survei validasi.
3. Uji akurasi untuk klasifikasi tutupan lahan menggunakan algoritma *random forest* menghasilkan nilai akurasi *producer* sebesar 95,556 %, akurasi *user* sebesar 86 %, akurasi

keseluruhan sebesar 91 % , dan nilai Kappa sebesar 0,82. Sedangkan perhitungan nilai RMSE nilai prediksi produktivitas padi terhadap nilai validasi lapangan menghasilkan nilai error sebesar 1,857 ton/Ha untuk data prediksi menggunakan data produktivitas per kecamatan, sedangkan hasil prediksi menggunakan data lapangan dengan sampel per sawah menghasilkan nilai error 0,498 ton/Ha.

4.2. Saran

Dari penelitian yang telah dilaksanakan, berikut ini adalah saran yang dapat penulis sampaikan sebagai masukan untuk penelitian selanjutnya:

1. Citra optis merupakan citra yang memiliki kelemahan terhadap tutupan awan sehingga seringkali hasil pengolahan menjadi terganggu karena adanya data yang kurang valid. Oleh karena itu perlu dilakukan kajian sebelum melakukan penelitian tentang citra yang akan dipakai, kegunaannya untuk apa, dan cara mengatasi kekurangan yang dimiliki citra tersebut.
2. Nilai sampel ubinan padi seharusnya menggunakan luasan yang paling kecil, minimal dalam satuan per sawah. Data yang tersedia pada Dinas Pangan dan Pertanian Kabupaten Batang merupakan data ubinan per kecamatan, sehingga data kurang variatif dan cenderung digeneralisasikan yang bisa saja menjadi penyebab uji statistik nilainya kurang baik.
3. Dalam validasi lapangan perlu dilakukan tindakan pencegahan apabila perangkat keras yang dipakai mengalami kegagalan fungsi, sehingga perlu disiapkan perangkat cadangan agar validasi yang dilakukan dapat berjalan dengan baik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih ditujukan kepada orangtua penulis, Dosen Pembimbing, instansi terkait, serta semua pihak yang terlibat secara langsung maupun tidak langsung yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu sehingga penelitian ini dapat terselesaikan.

ACUAN REFERENSI

Arifin, S. (2015). Kajian Komponen dan Kriteria Standard Pengolahan Dijital Data Penginderaan Jauh Multispektral untuk Klasifikasi Penutupan Lahan. *Prosiding Pertemuan Ilmiah Tahunan XX 2015*, 718-724.

Cai, Y., Lin, H., & Zhang, M. (2019). Mapping paddy rice by the object-based random forest method using time series Sentinel-1/Sentinel-2 data. *Advances in Space Research*, 2233-2244.

Christian, J. I., Basara, J. B., Lowman, L. E., Xiao, X., Mesheske, D., & Zhou, Y. (2022). Flash drought identification from satellite-based land surface water index. *Remote Sensing Applications: Society and Environment* 26, 1-19.

Doni, L. R., Yuliantina, A., Dewi, R., Pahlevi, M. Z., & Kusumawardhani, N. A. (2021). Komparasi Luas Tutupan Lahan di Kota Bandar Lampung Berdasarkan Algoritma NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) dan EVI (Enhanced Vegetation Index). *jurnal Geosains dan Remote Sensing (JGRS) Vol 2 No 1*, 16-24.

EROS. (2018, Juli 16). *USGS EROS Archive - Sentinel-2*. Retrieved from www.usgs.gov/centers/eros/science/usgs-eros-archive-sentinel-2

Hang, L. M., Truong, V. V., Duong, N. D., & Tuan, T. A. (2017). Mapping land cover using multi-temporal sentinel-1A data: A case study in Hanoi. *Vietnam Journal of Earth Sciences*, 356.

Hayes, A. (2021, Oktober 4). *What Is Stratified Random Sampling?* Diambil kembali dari [www.investopedia.com](http://www.investopedia.com/terms/stratified_random_sampling.asp): https://www.investopedia.com/terms/stratified_random_sampling.asp

IBM. (2020, Juli 15). *Machine Learning*. Diambil kembali dari [www.ibm.com](http://www.ibm.com/cloud/learn/machine-learning): <https://www.ibm.com/cloud/learn/machine-learning>

Jhonnerie, R., Siregar, V. P., Nababan, B., Prasetyo, L. B., & Wouthuyzen, S. (2015). Random forest classification for mangrove land cover mapping using Landsat 5 TM and ALOS PALSAR imageries. *Procedia Environmental Science*, 215-221.

Koman, W. A., Janur, A., Putri, F. N., & Pratiwi, G. (2021). Perbandingan Metode Otomatisasi Supervised Machine Learning Terhadap Perubahan Tutupan Lahan. *Prosiding FIT ISI*, 1-7.

Licorice. (2020, April 24). *Indonesian Prefer Rice than Anything Else*. Diambil kembali dari [report.licorice.pink](http://report.licorice.pink/blog/mini-survey/indonesian-prefer-rice-than-anything-else/): <http://report.licorice.pink/blog/mini-survey/indonesian-prefer-rice-than-anything-else/>

Melville, B., Lucieer, A., & Aryal, J. (2017). Object-based random forest classification of Landsat ETM+ and WorldView-2 satellite imagery for mapping lowland native grassland communities in Tasmania, Australia. *Int J Appl Earth Geoinformation*, 46-55.

Nugroho, K. S. (2019, November 13). *Confusion Matrix untuk Evaluasi Model pada Supervised*

Learning. Diambil kembali dari ksnugroho.medium.com:

<https://ksnugroho.medium.com/confusion-matrix-untuk-evaluasi-model-pada-unsupervised-machine-learning-bc4b1ae9ae3f>

Sahararini, A. F., Supriatna, & Wibowo, A. (2020). Estimation of rice productivity using Sentinel-2 imagery with NDVI algorithm in Cariu sub-district, Bogor, West Java. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1-7.

Sari, N. M., Rokhmatuloh, & Manesa, M. D. (2021). Monitoring Dynamics of Vegetation Cover with the Integration of OBIA and Random Forest Classifier Using Sentinel-2 Multitemporal Satellite Imagery. *Journal of Geomatics and Planning*, 75-84.

Siska, W., Widiatmaka, Setiawan, Y., & Adi, S. H. (2021). Pemetaan Perubahan Lahan Sawah Kabupaten Sukabumi Menggunakan Google Earth Engine. *TATA LOKA*, 1-10.

Sugiyono. (2013). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R & D*. Bandung: Alfabeta.

USGS. (2021, Agustus 19). *Landsat Enhanced Vegetation Index*. Diambil kembali dari [www.usgs.gov](https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-enhanced-vegetation-index): <https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-enhanced-vegetation-index>

Yuliara, I. M. (2016). *MODUL REGRESI LINIER BERGANDA*. Badung: Universitas Udayana.