

REGRESI SPASIAL UNTUK PREDIKSI PENDAPATAN PETANI BERDASARKAN RELASI INDEKS VEGETASI, HASIL PANEN PADI, DAN PERUBAHAN JUMLAH HUJAN

Mochamad Firman Ghazali¹, Dian Rahmalia², Choirunnisa Salsabila³, Fitria Melinia Dewi⁴

^{1,3}Program Studi Teknik Geodesi dan Geomatika, Fakultas Teknik, Universitas Lampung

²Program Studi Agribisnis, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung

⁴Program Studi Pendidikan Geografi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Lampung

Jl. Prof. Dr. Ir. Sumantri Brojonegoro No.1, Gedong Meneng, Kec. Rajabasa,
Kota Bandar Lampung, Lampung 35141, email: firman.ghazali@eng.unila.ac.id

ABSTRAK

Menjadi petani di Negara beriklim tropis seperti Indonesia, kemampuan memahami kondisi iklim sebagai faktor utama yang dapat membantu menentukan keberhasilan budidaya pertanian yang dilakukan. Tidak terkecuali pada petani padi sawah, kondisi iklim berupa pergantian musim berpengaruh pada terjadinya fluktuasi jumlah curah hujan dan menjadi penentu baik atau tidaknya tumbuh tanaman padi. Studi ini fokus untuk mengkaji relasi spasial dari adanya perubahan jumlah hujan yang didapat dari hasil interpolasi *inverse distance weighted* (IDW) dan perubahan indeks vegetasi dari *normalized difference vegetation index* (NDVI) dari multi-temporal citra Sentinel 2, terhadap jumlah hasil panen padi petani yang diperoleh dari hasil wawancara. Relasi dari ketiganya akan menghasilkan suatu prediksi pendapatan petani dalam setiap musim tanam berdasarkan model regresi tunggal dan berganda. Hasil dari kajian ini diperoleh adanya variasi nilai akurasi prediksi pendapatan petani yang bertambah baik berdasarkan nilai *root mean square error* (RMSE), yakni 0.18-0.19 untuk relasi berganda antara hasil panen padi terhadap jumlah curah hujan dan NDVI, dan 0.535-0.659 untuk model regresi tunggal terhadap NDVI. Dari nilai RMSE terbaik, diperoleh prediksi pendapatan petani padi berkisar antara Rp. 2.4– 4.7 juta per $\frac{1}{4}$ hektar di setiap musim tanamnya.

Kata kunci: *Regresi spasial, pendapatan petani, Sentinel 2, NDVI, Curah hujan.*

ABSTRACT

Being a farmer in a tropical country like Indonesia, the ability to understand climatic conditions is the main factor that can help determine the success of agricultural cultivation. Rice farmers are no exception, climatic conditions in the form of changing seasons affect the occurrence of fluctuations in the amount of rainfall and become a determinant of whether or not rice plants grow. This study focuses on examining the spatial relationship of changes in the amount of rain obtained from the inverse distance weighted (IDW) interpolation and changes in the vegetation index from the normalized difference vegetation index (NDVI) from multi-temporal Sentinel 2 imageries, to the amount of rice harvested by farmers obtained from the results of interviews. The relation of the three will produce a prediction of farmers' income in each growing season based on single and multiple regression models. The results of this study show that there are variations in the accuracy of the prediction of farmers' incomes that are getting better based on the root mean square error (RMSE) value, which is 0.18-0.19 for the multiple relationships between rice yields and rainfall and NDVI, and 0.535-0.659 for the regression model. single against NDVI. From the best RMSE value, the predictions of rice farmers' incomes ranged from Rp. 2.4– 4.7 million per $\frac{1}{4}$ hectare in each growing season

Keywords: *Spatial regression, farmer income, Sentinel 2, NDVI, Rainfall.*

1. PENDAHULUAN

Aktifitas di sektor pertanian merupakan suatu sistem yang kompleks. Dimana terdapat faktor ekonomi lingkungan, dan masyarakat menjadi unsur utama yang membangun kompleksitas dalam menjalankan aktifitasnya. Ketiganya mempunyai relasi yang unik dan bervariasi pada beragam kondisi baik secara geografis,

sosio-kultural masyarakatnya. Namun, meskipun demikian terdapat kesamaan dimana ketiganya dapat berkontribusi pada terwujudnya pertanian yang berkelanjutan. Amanat yang disampaikan oleh Piñeiro et al., (2020) terkait dengan upaya mewujudkan pertanian berkelanjutan bertujuan untuk meningkatkan ketahanan pangan (FAO, 2006), ekosistem yang sehat

(Graber et al., 2005), dan mampu untuk menciptakan keseragaman sosial dan ekonomi dengan meningkatkan potensi pasar lokal (Purnamawati et al., 2021).

Optimalnya pasar lokal dalam menerima hasil panen adalah ujung tombak dari bagusnya pendapatan yang diperoleh oleh petani lokal. Meskipun disampaikan oleh Listiani et al., (2019) pada kenyataannya, pendapatan rata-rata petani itu rendah dan berada dibawah UMR. Sejumlah faktor disebutkan oleh Alitawan & Sutrisna, (2017), diantaranya luas lahan, jumlah produksi, harga jual, dan biaya usaha tani yang dikeluarkan pada masa perawatan pohon. Tentunya, keempat faktor tersebut mempunyai relasi yang bervariasi secara linier. Pada budidaya padi sawah khususnya, faktor biaya menjadi yang penting untuk dipertimbangkan, karena diperlukan untuk menjalankan kegiatan ini tidak sedikit disetiap musim tanamnya (Ariyono et al., 2013).

Analisa yang dilakukan dari sudut pandang ekonomi, penggunaan empat faktor tersebut sudah jauh dari cukup. Dimana dalam memperhitungkan pendapatan petani tidak diperlukan adanya keterlibatan aspek lingkungan. Oleh karenanya, diberbagai tempat dapat memperlihatkan adanya kecenderungan disparitas dan inequalitas (Finger & El Benni, 2011). Kondisi ini tidak hanya terjadi pada sistem monokultur (petani padi), namun juga terjadi pada sistem heterokultur. Karena, secara sosial para petani bersaing untuk mendapatkan hasil terbaiknya sementara kondisi lingkungan menjadi pembatas upaya diversifikasi yang dilakukan (Vroege et al., 2020).

Mempertimbangkan hal tersebut diatas, maka secara spasial kelima faktor harus mampu disajikan dalam bentuk peta, dengan tujuan dapat digunakan untuk menganalisa hubungannya dengan faktor fisik-alamiah dari kondisi tanaman dan lingkungan (lahan) dimana komoditas pertanian itu dibudidayakan. Sejumlah penelitian terdahulu sudah dilakukan untuk mengetahui karakteristik spasial dari ketidaksamaan pendapatan petani akibat adanya persaingan social terhadap lahan pertanian (Vroege et al., 2020), perubahan penggunaan lahan di sekitar sawah (Bou Dib et al., 2018; Nurmanaf, A.R.; Mayrowani, H.; Jamal, 2001) yang secara signifikan dapat mengurangi jumlah panen.

Namun hasil studinya belum dilengkapi dengan analisa dari data penginderaan jauh dan data geo-spasial lainnya. Padahal, studi yang dilakukan oleh Panek & Gozdowski, (2020) dengan jelas menunjukkan adanya korelasi yang baik antara indeks vegetasi (NDVI) dan hasil panen, dimana setiap bertambah 0.1 dari nilai NDVI tersebut itu berarti 1.1-2.6 ton/Ha panen bisa bertambah. Juga, kelebihan lainnya adalah jumlah panen tersebut dapat diprediksi sebelum musim panen tiba. Hal ini dikarenakan, aspek fisik berupa kondisi sebenarnya dari tanaman padi atau tanaman lainnya

yang sedang dibudidayakan dapat langsung terdeteksi oleh nilai spectral pada citra satelit. Sehingga, tidak hanya kualitas tumbuh tanaman saja yang bisa diketahui, melainkan prediksi jumlah panen akan lebih akurat (Nuarsa et al., 2011), estimasi pendapatan petani dapat dilakukan dengan baik.

Tulisan ini fokus pada eksplorasi kemampuan data penginderaan jauh dalam hal memahami perkembangan tanaman padi yang diintegrasikan dengan data curah hujan sebagai dasar untuk mengestimasi jumlah panen pada setiap musim tanam dan kemudian dikonversi menjadi prediksi pendapatan petani pada periode yang sama.

2. METODOLOGI

2.1. Lokasi Penelitian

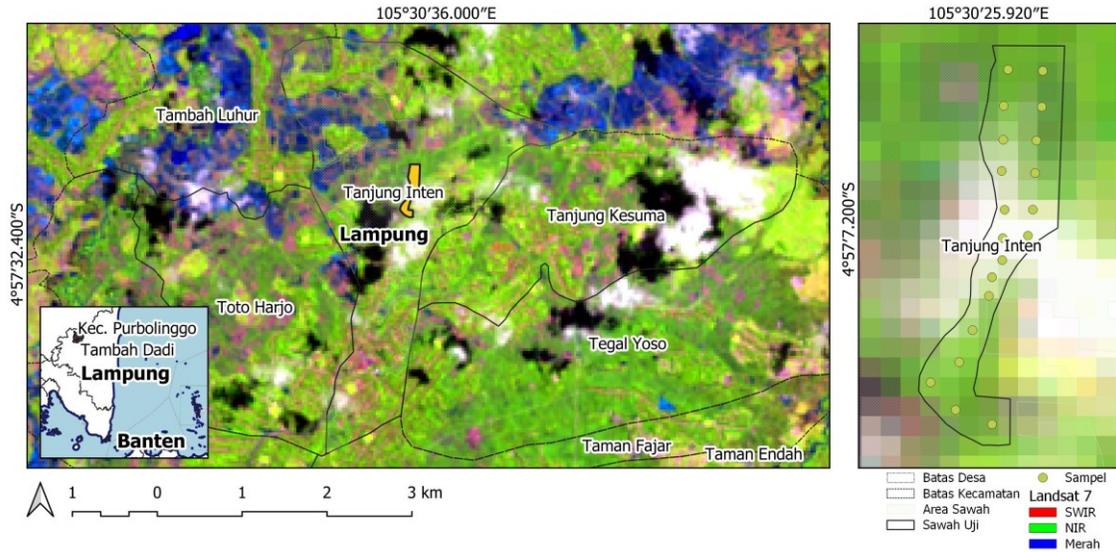
Desa Tanjung Inten merupakan satu diantara dua belas desa yang berada di kec. Purbolinggo, kab. Lampung timur-Lampung. Seperti desa pada umumnya, desa seluas 5.31 km² ini masih mempunyai ciri agraris dengan luas hamparan sawah mencapai 187 hektar (BPS, 2021) menjadi ciri khas dari desa yang berbatasan langsung dengan taman nasional Way Kambas (TNWK) di sebelah utara (Gambar 1). Berada pada wilayah berupa dataran rendah dengan ketinggian 26 meter di atas permukaan laut (mdpl) dengan kemiringan lereng tidak lebih dari 3% menjadikan desa berpenduduk 40, 152 jiwa dengan kepadatan penduduk 887/km² ini mempunyai potensi yang bagus untuk pengembangan pertanian padi sawah.

2.2. Data dan Pengolahannya

Data yang dipakai dalam penelitian ini terdiri dari data jumlah hasil panen yang diperoleh langsung dari kegiatan survey lapangan, data citra satelit Sentinel 2 yang diolah menjadi indeks vegetasi bernama *normalized difference vegetation index* (NDVI) dengan memanfaatkan bantuan Google Earth Engine (GEE), dan data curah hujan harian (mm) yang diperoleh dari badan meteorologi klimatologi dan geofisika (BMKG) pada rentang waktu satu tahun dari Januari-Desember 2020.

Data jumlah hasil panen yang berhasil dikumpulkan berjumlah 20 buah yang selanjutnya menjadi variabel terikat, sementara data NDVI dan curah hujan sebanyak 12 buah menjadi variabel bebas dan akan dipakai dalam pembuatan model estimasi hasil panen padi. Sejatinnya NDVI merupakan hasil perhitungan dua buah kanal infra merah dekat (ρ_8) dan merah (ρ_4) digunakan pertama kali oleh Rouse et al., (1974)

$$NDVI = \frac{(\rho_8 - \rho_4)}{(\rho_8 + \rho_4)} \quad (1)$$



Gambar 1. Lokasi penelitian untuk estimasi pendapatan petani sawah di desa Tanjung Inten, kec. Purworejo (Kiri), dan lokasi uji (Kanan).

Dari hasil perhitungan (Pers. 1), akan dihasilkan satu citra baru yang mempunyai rentang nilai piksel dari -1 sampai 1 sebagai representasi objek non-vegetasi (air dan tanah) dan vegetasi. Untuk objek padi, nilai NDVI dapat digunakan untuk menjelaskan perkembangan dari pertumbuhannya. Biasanya, untuk padi yang baru ditanam mempunyai nilai NDVI yang rendah (0.3), sementara padi yang sudah memasuki masa pertumbuhan bulir akan mempunyai nilai NDVI yang maksimal, yaitu mendekati 1. Namun, nilai tersebut akan perlahan berkurang seiring dengan matangnya bulir padi dan siap untuk dipanen (Hernawati et al., 2018).

Data citra satelit Sentinel-2 dipilih karena menyediakan resolusi spasial yang lebih besar, yaitu 10 meter pada kanal multispektral terutama pada kanal biru, hijau, merah dan inframerah dekat jika dibandingkan dengan Landsat 8, yaitu 30 meter (ESA, 2019). Untuk keperluan perhitungan NDVI, hanya dua kanal saja yang dipakai. Mekanisme tersebut dilakukan dengan memanfaatkan teknologi *cloud computing* pada *Google Earth Engine* (GEE).

Data curah hujan yang digunakan diperoleh dengan cara mengunduh langsung dari <https://dataonline.bmkg.go.id> dari empat stasiun meteorologi yang ada di Prov. Lampung. Data yang diperoleh merupakan data curah hujan harian (mm) yang diakumulasikan selama satu bulan, dan diolah dengan teknik interpolasi *inverse distance weighted (IDW)* guna mendapatkan sebaran curah hujan yang merata di keseluruhan area studi menggunakan persamaan 2-4 (Pers. 2-4). IDW membutuhkan seperangkat titik yang diketahui nilainya (x_i) untuk memprediksi titik lain yang belum diketahui. Dimana,

w_i adalah bobot dari titik i^{th} , dan d_{ij} sebagai jarak *euclidian* dari semua data titik, serta p adalah *power* dengan nilai tetap sebesar 2 (Mulkal et al., 2019). Adapun ukuran piksel dari citra hasil interpolasi adalah 10 x 10 meter sama halnya dengan ukuran piksel dari citra NDVI.

$$z = \frac{\sum_{i=1}^n w_i x_i}{\sum_{i=1}^n x_i} \tag{2}$$

$$w_i = \frac{1}{d_{ij}^p} \tag{3}$$

$$d_{iz} = \sqrt{(x_i - x_z)^2 + (y_i - y_z)^2} \tag{4}$$

2.3. Model estimasi hasil panen

Studi yang dilakukan oleh (Nuarsa et al., 2011) menjelaskan dengan baik bahwa terdapat hubungan tidak linier antara nilai NDVI dan jumlah panen padi. Dengan bertambahnya satu parameter yaitu curah hujan (mm) pada studi ini, dimungkinkan hubungan tersebut berubah mengikuti kondisi dari nilai aktual dari NDVI, curah hujan dan juga perolehan data jumlah panennya yang tersebar dari 20 buah titik sampel. Hubungan ketiganya akan coba dijelaskan dengan model regresi linier tunggal dan linier berganda berdasarkan nilai koefisien korelasi (Tabel 1-2).

Tabel 1. Nilai koefisien korelasi (R^2) jumlah panen padi di setiap titik sampel terhadap nilai NDVI

	N1	N2	N3	N4	N5	N6
R ²	-0.41	0.34	-0.08	0.18	-0.28	-0.36
	N7	N8	N9	N10	N11	N12
R ²	0.14	0.22	0.27	-0.14	-0.10	-0.06

Tabel 2. Nilai koefisien korelasi (R²) jumlah panen padi di setiap titik sampel terhadap nilai curah hujan (mm)

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
R ²	-0.32	0.32	0.28	0.31	0.27	-0.31
	C7	C8	C9	C10	C11	C12
R ²	-0.28	0.31	0.31	0.30	0.22	0.31

Berdasarkan tabel korelasi di atas, relasi antara jumlah panen padi terhadap nilai NDVI berada pada rentang -0.41 sampai 0.34 (Tabel 1), sementara untuk jumlah panen padi terhadap nilai curah hujan (mm) berada pada rentang -0.32 sampai 0.32 (Tabel 2) tanpa adanya relasi yang tidak berhubungan atau hamper tidak berhubungan (rendah). Hal tersebut menjadikan titik sampel ke-1 (C1) hadir sebagai yang terbaik relasinya curah hujan, dan kemudian diikuti dengan sampel ke-2 (C2) dengan nilai R² -0.32 dan 0.32. Kondisi ini sama dengan sampel ke-1 (N1) dan sampel ke-2 (N2), sehingga menjadikan kedua sampel tersebut sebagai *initial* sampel untuk membangun persamaan regresi yang akan dipakai dalam memprediksi jumlah panen (Pers. 5-10) dengan curah hujan (X1) dan NDVI (X2).

$$P = 255.03 - 0.47 * X1 - 0.55 * X2 \quad (5)$$

$$P = 353.19 + 1.92 * X1 - 0.33 * X2 \quad (6)$$

$$P = -0.21 * X1 + 531.92 \quad (7)$$

$$P = -0.30 * X2 + 0.74 \quad (8)$$

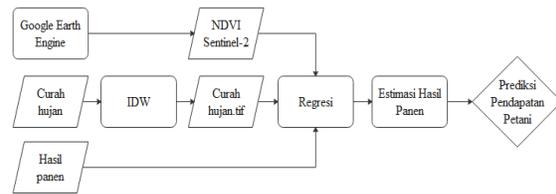
$$P = -0.05 * X1 + 184.31 \quad (9)$$

$$P = -0.35 * X2 + 0.26 \quad (10)$$

2.4. Model estimasi pendapatan petani

Besarnya pendapatan petani (PP) dalam studi ini tidak dihitung berdasarkan jumlah modal yang dikeluarkan dan hasil panen yang diperoleh. Namun, dihitung berdasarkan diprediksi berdasarkan estimasi jumlah panen (P) dan harga dipasaran (H). Hal ini dikarenakan bahwa petani harus meyakini terlebih dahulu potensi lahan yang dimilikinya berdasarkan laju perubahan nilai NDVI pada setiap fase pertumbuhan padinya. Sehingga, petani dapat memperkirakan secara kualitatif, maupun kuantitatif. Besarnya pendapatan petani (PP) dihitung dengan persamaan berikut (Pers. 11) (Hendri et al., 2020). Secara keseluruhan, rangkaian proses pendugaan pendapatan petani berdasarkan hubungan antara hasil panen, nilai NDVI, dan curah hujan (mm) dapat disajikan dalam satu diagram alir (Gambar 2).

$$PP = P * H \quad (11)$$

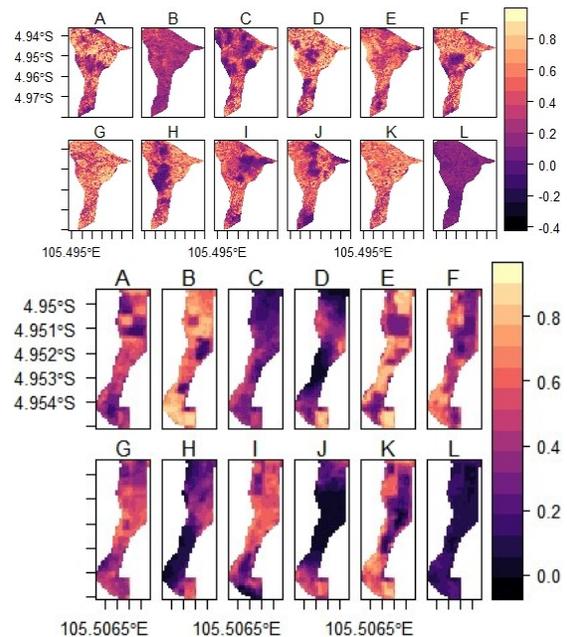


Gambar 2. Keseluruhan alur kerja dalam proses estimasi jumlah pendapatan petani.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Sebaran nilai NDVI

Distribusi nilai NDVI di desa Tanjung Inten pada rentang bulan Januari sampai Desember 2020 berada pada rentang -0.4 sampai 1 (Gambar 3.a). Dari luas keseluruhan desa, 35.2% diantaranya adalah lahan sawah dengan beragam fase pertumbuhan padi. Dari rentang nilai tersebut bisa diambil kesimpulan bahwa pada rentang -0.4 sampai 0 merupakan tubuh air. Area dengan nilai tersebut bisa juga berupa lahan sawah yang masih dalam tahap persiapan atau dalam tahap awal tanam dengan air masih banyak menutupi keseluruhan area sawahnya.



Gambar 3. Perubahan nilai NDVI pada lahan sawah di desa Tanjung Inten (atas) dan di area sampel (bawah) dari bulan Januari (A) sampai Desember (L) tahun 2020.

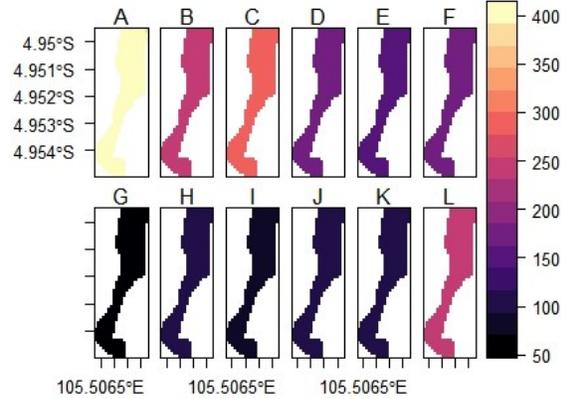
Pada rentang 0-0.4 dan 0.41-1 dapat menunjukkan area bervegetasi dengan kepadatan rendah sampai tinggi. Namun, terkait dengan tumbuh padi rentang tersebut juga sejalan dengan fase *heading* dan *flowering*,

sementara pada fase *dough*, *grain filling*, dan *mature* nilai NDVI akan kembali berkurang. Kondisi yang sama dapat juga digunakan untuk memahami nilai NDVI pada area sampel (Gambar 3.b).

3.2 Sebaran nilai curah hujan (mm)

Sebaran nilai curah hujan dari hasil interpolasi empat titik stasiun meteorologi di Prov. Lampung dengan IDW menunjukkan bahwa pada umumnya tidak terdapat variasi pada jumlah curah hujan yang turun di desa Tanjung Inten di setiap bulan, meskipun di bagian selatan desa pada bulan Januari terdapat sedikit variasi kecil dengan jumlah curah hujan yang lebih tinggi (Gambar 4.a). Dari Januari ke Desember, pola curah hujan perlahan-lahan berkurang dari 500 mm menjadi 100 mm dan kembali naik menjadi 300 mm.

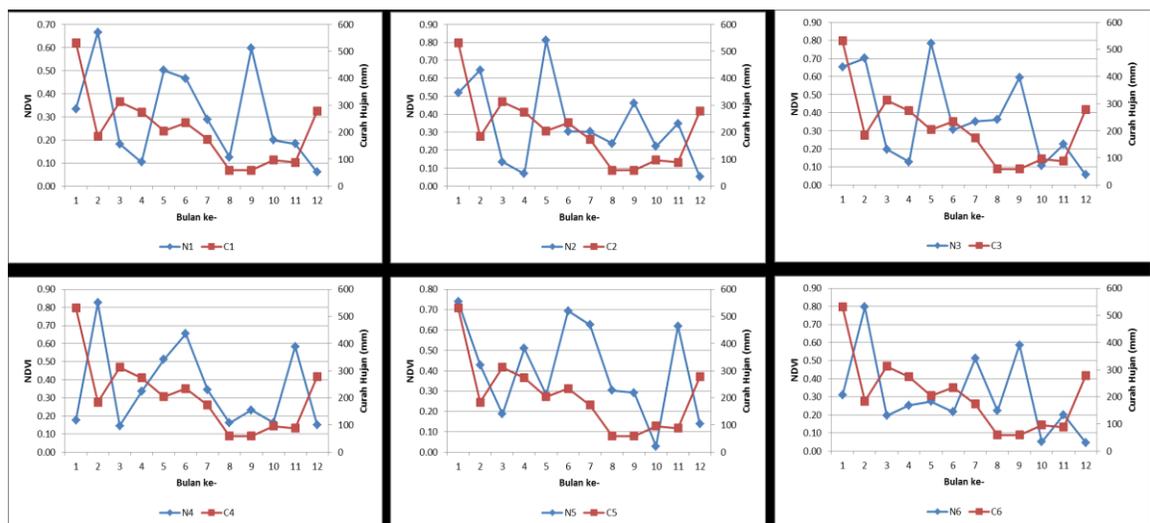
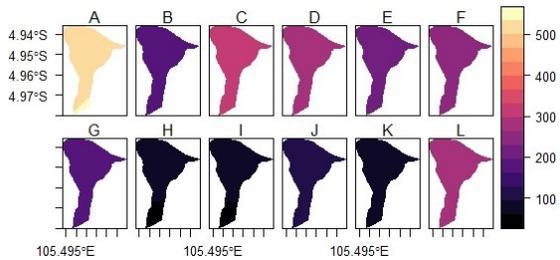
Kondisi yang relatif sama terjadi juga di lahan sawah pada area sampel, yakni tetap menunjukkan adanya perubahan pola jumlah hujan yang diterima, namun tidak terdapat variasi seperti yang terjadi pada curah hujan di keseluruhan desa Tanjung Inten. Selama satu tahun pada periode bulan yang sama terdapat 50 – 400 mm hujan yang diterima di area sampel (Gambar 4.b).



Gambar 4. Perubahan nilai curah hujan pada lahan sawah di desa Tanjung Inten (atas) dan di area sampel (bawah) bulan Januari (A) sampai Desember (L) tahun 2020.

3.3 Relasi nilai NDVI dan curah hujan

Pada waktu data NDVI dan curah hujan di bandingkan pola dan sebarannya, terdapat suatu hubungan kualitatif diantara keduanya. Diambil contoh pada sampel ke-1 (C1/N1), pada awal bulan Januari, nilai NDVI berada pada 0.35 yang diikuti dengan curah hujan pada 500 mm. Kondisi ini menjelaskan bahwa pada awal masa tanamnya, padi membutuhkan jumlah air yang banyak. Penting pada masa ini petani harus memastikan suplai air mencukupi untuk lahan sawahnya. Nio & Torey, (2013) menjelaskan bahwa tanaman padi yang mengalami kekeringan akan menunjukkan perubahan pada morfologi akar, yakni akar akan bertambah panjang dan dalam. Selain dari pada itu, jumlah klorofil daun pun akan berkurang dan kemampuan fotosintesis terganggu (Banyo et al., 2013).

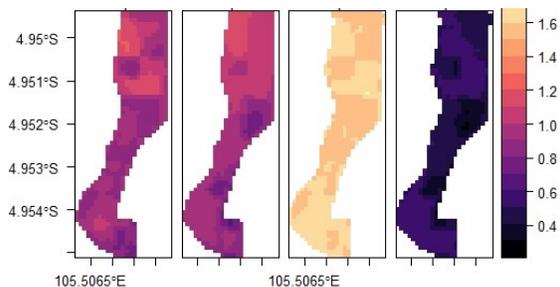


Gambar 5. Cuplikan relasi perubahan nilai NDVI terhadap curah hujan dari bulan Januari (1) sampai Desember (12) tahun 2020 pada titik sampel ke-1 sampai ke-6.

Di bulan kedua, terjadi peningkatan nilai NDVI dari yang semula 0.35 menjadi 0.69, sementara jumlah curah hujan berkurang menjadi 200 mm dari yang semula 500mm. Pada bulan kedua ini, tanaman padi berada pada fase tumbuh bunga (*flowering*). Surmaini et al., (2014) menjelaskan bahwa pada setiap fase tumbuh padi itu terdapat suatu ambang batas dari jumlah minimal curah hujan yang harus diterima oleh padi. Sehingga tidak dikategorikan sebagai lahan yang mengalami kekeringan. Yaitu, 60-70 mm untuk nilai ambang curah hujan pada sawah tadah hujan dan 20 mm untuk sawah irigasi. Berdasarkan kondisi tersebut, padi yang tumbuh pada titik sampel 1 masih aman dan tidak dikategorikan mengalami kekeringan. Lebih jauh lagi, (Yang et al., 2019) dampak yang dialami berupa pengurangan jumlah panen sampai 23.2%. Pada bulan ke-3, padi sudah memasuki fase siap dipanen (*mature*) dengan nilai NDVI 0.2, sementara pada bulan ke-4 sedang dilakukan persiapan lahan untuk periode tanam selanjutnya (Gambar 5).

3.4 Estimasi hasil panen dan pendapatan petani

Dilakukan estimasi jumlah panen padi menggunakan data NDVI dan curah hujan (mm) pada bulan ke-1 berdasarkan model estimasi yang dibuat (Pers. 5-10). Diperoleh estimasi jumlah panen padi di area sampel berkisar antara 0.4-1.6 kuintal per 100m² atau setara 16 ton per hektar. Estimasi hasil panen dari model ke-1 (Pers. 11) menjadi yang terbaik dengan nilai akurasi 0.18 (Gambar 6). Hasil ini diperoleh dari integrasi data NDVI dan curah hujan (mm) pada bulan ke-1, meskipun estimasi dilakukan tiga bulan lebih awal sebelum panen dilakukan. Distribusi dari estimasi hasil panen dengan nilai akurasi RMSE terbaik (Tabel 3) disajikan pada gambar berikut (Gambar 6).

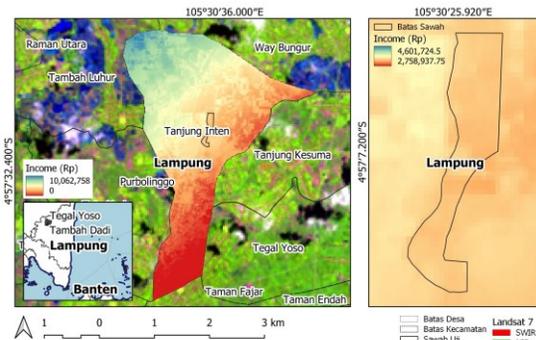


Gambar 6. Distribusi estimasi jumlah hasil panen padi menggunakan integrasi data NDVI dan curah hujan bulan ke-1 dengan nilai akurasi terbaik. Dari kiri ke kanan: Pers.11, 12, 14,dan 16)

Tabel 3. Capaian hasil uji akurasi dari model estimasi hasil panen padi di desa Tanjung Inten

RMSE			
Pers.11	Pers.12	Pers.14	Pers.16
0.188	0.194	0.659	0.535

Untuk pendapatan petani, dari hasil estimasi panen (Gambar 6) kemudian dikonversi menjadi besar pendapatan petani (Pers. 11). Jika hasil panen seperti yang diestimasi berdasarkan nilai akhir NDVI pada saat panen bertahan di 0.35, maka dari hasil tersebut dapat dikonversikan menjadi 2.7 sampai 4.6 juta rupiah pendapatan yang bisa didapat oleh petani per musim tanamnya. Namun, jika kondisi lahannya berubah sehingga terjadi pengurangan nilai NDVI seperti yang disampaikan oleh Panek & Gozdowski, (2020). Maka, setiap berkurang 0.1 dari nilai NDVI berarti hasil panen akan berkurang 1.1-2.6 ton/Ha. Distribusi dari hasil konversi tersebut dapat dilihat pada gambar berikut (Gambar 7).



Gambar 7. Distribusi estimasi jumlah pendapatan petani

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Memperkirakan hasil panen padi menggunakan citra penginderaan jauh terutama NDVI yang diintegrasikan dengan data curah hujan sangat bermanfaat. Model regresi berganda menjadi yang lebih efektif melihat hubungan keduanya sehingga proses estimasi berjalan dengan baik, meskipun terdapat variasi akurasi dari 0.18-0.19, tetapi hal tersebut masih dapat diterima mengingat estimasi dilakukan pada awal masa tanam saja. Adapun kurangnya penyajian yang disampaikan pada tulisan ini, yakni tidak membahas secara multi-temporal terkait dengan fluktuasi hasil panen pada setiap musim tanam menjadi suatu hal yang menarik dan dapat dijadikan fokus kajian dalam penelitian berikutnya. Kondisi ini tidak dapat dilakukan karena, ketiadaan data lapangan yang bisa digunakan sebagai acuan pada musim tanam selanjutnya. Selain itu

dengan mencoba mengikutsertakan aspek modal dapat menjadi nilai lebih.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada masyarakat petani yang tergabung kedalam gabungan kelompok tani (gapoktan) desa Tanjung Inten, Purbolinggo dan rekan mahasiswa peserta kuliah kerja lapangan (KKL) dari Pendidikan Geografi, FKIP–Universitas Lampung untuk dukungan terbaiknya sehingga penelitian ini dapat berjalan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Alitawan, A. A. I., & Sutrisna, I. K. (2017). Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Pendapatan Petani Jeruk pada Desa Gunung Bau Kecamatan Kintamani Kabupaten Bangli. *E-Jurnal Ekonomi Pembangunan Universitas Udayana*, 6(5), 165350.
- Ariyono, A., Nurmawati, R., & Harmini. (2013). Analisis Pendapatan Usahatani Padi dan Sistem Pemasaran Beras. *Forum Agribisnis*, 3(1), 1–16. <https://doi.org/https://doi.org/10.29244/fagb.3.1.1-16>
- Banyo, Y. E., Ai, N. S., Siahaan, P., & Tangapo, A. M. (2013). Konsentrasi Klorofil Daun Padi Pada Saat Kekurangan Air. *Ilmiah Sains*, 13(1), 1–8.
- Bou Dib, J., Alamsyah, Z., & Qaim, M. (2018). Land-use change and income inequality in rural Indonesia. *Forest Policy and Economics*, 94(June), 55–66. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2018.06.010>
- BPS. (2021). *Kecamatan Purbolinggo Dalam Angka 2021*. BPS Kabupaten Lampung Timur.
- ESA. (2019). *Spatial Resolution*. <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/user-guides/sentinel-2-msi/resolutions/spatial>
- FAO. (2006). Food Security. In *Policy Brief* (Vol. 43, Issue 2). <https://doi.org/10.1016/j.jneb.2010.12.007>
- Finger, R., & El Benni, N. (2011). Spatial analysis of income inequality in agriculture. *Economics Bulletin*, 31(3), 2138–2150.
- Graber, D. R., Jones, W. J., & Johnson, J. A. (2005). Human and ecosystem health: The environment-agriculture connection in developing countries. *Journal of Agromedicine*, 9(2), 129–146. https://doi.org/10.1300/J096v09n02_08
- Hendri, L. W., Ismono, R. H., & Situmorang, S. (2020). Analisis Pendapatan Dan Keberlanjutan Usahatani Padi Sawah Organik Dan Anorganik Di Kabupaten Pringsewu Provinsi Lampung. *Jurnal Ilmu* *Ilmu Agribisnis*, 8(4), 547–554. <https://doi.org/10.23960/jiia.v8i4.4697>
- Hernawati, R., Harto, A. B., & Sari, D. K. (2018). Pemetaan Pola Tanam dan Kalender Tanam Padi Sawah menggunakan Teknik Penginderaan Jauh. *Reka Geomatika*, 2017(2). <https://doi.org/10.26760/rg.v2017i2.1768>
- Listiani, R., Setiadi, A., & Santoso, S. I. (2019). Analisis Pendapatan Usahatani Pada Petani Padi Di Kecamatan Mlonggo Kabupaten Jepara. *Agrisocionomics: Jurnal Sosial Ekonomi Pertanian*, 3(1), 50–58. <https://doi.org/10.14710/agrisocionomics.v3i1.4018>
- Mulkal, M., Risawandi, R., & Aflah, N. (2019). Inverse Distance Weight Spatial Interpolation for Topographic Surface 3D Modelling. *TECHSI - Jurnal Teknik Informatika*, 11(3), 385. <https://doi.org/10.29103/techsi.v11i3.1934>
- Nio, S. A., & Torey, P. (2013). Karakter morfologi akar sebagai indikator kekurangan air pada tanaman. *Jurnal Bios Logos*, 3(1), 9. <https://doi.org/10.35799/jbl.3.1.2013.3466>
- Nuarsa, I. W., Nishio, F., & Hongo, C. (2011). Relationship between Rice Spectral and Rice Yield Using Modis Data. *Journal of Agricultural Science*, 3(2), 80–88. <https://doi.org/10.5539/jas.v3n2p80>
- Nurmanaf, A.R.; Mayrowani, H.; Jamal, E. (2001). Evaluasi sosial ekonomi multifungsi lahan sawah. *Prosiding Seminar Nasional Multifungsi Lahan Sawah*, 121–136.
- Panek, E., & Gozdowski, D. (2020). Analysis of relationship between cereal yield and NDVI for selected regions of Central Europe based on MODIS satellite data. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 17(December 2019), 100286. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2019.100286>
- Piñero, V., Arias, J., Dürr, J., Elverdin, P., Ibáñez, A. M., Kinengyere, A., Opazo, C. M., Owoo, N., Page, J. R., Prager, S. D., & Torero, M. (2020). A scoping review on incentives for adoption of sustainable agricultural practices and their outcomes. *Nature Sustainability*, 3(10), 809–820. <https://doi.org/10.1038/s41893-020-00617-y>
- Purnamawati, I. G. A., Yuniarta, G. A., & Herliyani, E. (2021). Local Agricultural Products Strategy to Improve Resilience in a New Adaptation Era. *Ekuitas: Jurnal Pendidikan Ekonomi*, 9(1), 18. <https://doi.org/10.23887/ekuitas.v9i1.32918>
- Rouse, J. W., Haas, R. H., Scheel, J. A., &

- Deering, D. W. (1974). Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. *3rd Earth Resource Technology Satellite Symposium, 1*, 309–317. <https://doi.org/19740022614>
- Surmaini, E., Hadi, T. W., Subagyono, K., & Puspito, N. T. (2014). Penentuan Nilai Ambang Curah Hujan untuk Deteksi Dini Kekeringan pada Tanaman Padi Sawah: Studi Kasus Provinsi Jawa Barat dan Sulawesi Selatan Rainfall Threshold Assessment for Early Detection of Drought on Rice Paddies : Case Study in West Java and Sout. *Jurnal Tanah Dan Iklim, 38*(2), 79–87. <https://doi.org/10.21082/jti.v38n2.2014.79-87>
- Vroege, W., Meraner, M., Polman, N., Storm, H., Heijman, W., & Finger, R. (2020). Beyond the single farm – A spatial econometric analysis of spill-overs in farm diversification in the Netherlands. *Land Use Policy, 99*(October 2019), 105019. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.105019>
- Yang, X., Wang, B., Chen, L., Li, P., & Cao, C. (2019). The different influences of drought stress at the flowering stage on rice physiological traits, grain yield, and quality. *Scientific Reports, 9*(1), 1–12. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-40161-0>