

PEMANFAATAN DATA *ENHANCED VEGETATION INDEX* VIIRS DAN PERBANDINGAN DENGAN MODIS UNTUK PEMANTAUAN PERTUMBUHAN PADI DI PULAU JAWA

(APPLICATION OF VIIRS ENHANCED VEGETATION INDEX DATA AND ITS COMPARISON WITH MODIS FOR PADDY GROWTH MONITORING IN JAVA)

Anisa Rarasati^{1,a}, Dony Kushardono^{1,a}

¹Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh, LAPAN

^aKontributor Utama

email: anisa.rarasati@lapan.go.id

Diterima 24 Juni 2020; Direvisi 19 Oktober 2020; Disetujui 19 Oktober 2020

ABSTRACT

Rice is one of the staples food for Indonesian which is widely produced domestically. Because of the high rice consumption, the government needs to predict domestic rice production to make policy. Prediction of rice productivity can be done using remote sensing data. In Indonesia, guidelines for processing rice phase prediction have been made by the Remote Sensing Application Center, LAPAN using Enhanced Vegetation Index (EVI) derived from the Terra Satellite Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) sensor. MODIS data are also widely used in many other aspects of agriculture, especially rice. But the availability of MODIS data is almost over, so a replacement data is needed. Visible Infrared Imaging Radiometer Suite (VIIRS) is designed as a substitute for MODIS. For this reason, this study was conducted to determine the relationship of EVI data from VIIRS and MODIS in order to replace MODIS data in paddy monitoring. And the results obtained indicate a high level of correlation with R^2 of 0.84 between the two EVIs. Thus, EVI VIIRS is very potential to replace EVI MODIS.

Keywords: *VIIRS, MODIS, Enhanced Vegetation Index*

ABSTRAK

Beras merupakan salah satu makanan pokok masyarakat Indonesia yang banyak diproduksi di dalam negeri. Karena tingginya tingkat konsumsi beras, pemerintah perlu memprediksi produksi tanaman padi dalam negeri untuk membuat kebijakan. Prediksi produktivitas padi ini dapat dilakukan menggunakan data penginderaan jauh. Di Indonesia telah dibuat pedoman pengolahan prediksi padi oleh Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh LAPAN menggunakan *Enhanced Vegetation Index* (EVI) yang berasal dari sensor *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS) satelit Terra. Selain itu, data MODIS juga banyak digunakan di bidang pertanian, khususnya padi. Tetapi data MODIS hampir berakhir masa berlakunya sehingga diperlukan data pengganti. Data *Visible Infrared Imaging Radiometer Suite* (VIIRS) didesain sebagai pengganti MODIS. Untuk itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui hubungan data EVI dari VIIRS dan MODIS dalam tujuannya menggantikan data MODIS pada pemantauan padi. Dan hasil yang didapatkan menunjukkan tingkat korelasi tinggi dengan R^2 sebesar 0,84 antara kedua EVI tersebut. Oleh karena itu, EVI VIIRS memiliki potensi yang sangat baik untuk menggantikan EVI MODIS.

Kata kunci: VIIRS, MODIS, *Enhanced Vegetation Index*

1 PENDAHULUAN

Beras merupakan makanan pokok dengan jumlah konsumsi terbesar di Indonesia (Mauludyani *et al.*, 2008). Oleh karena itu, pemerintah harus dapat memprediksi produksi beras di dalam negeri dalam rangka mewujudkan ketahanan pangan yang diatur dalam Peraturan Pemerintah Nomor 17 Tahun 2015 tentang Ketahanan Pangan dan Gizi. Prediksi produksi beras ini kemudian dapat digunakan sebagai dasar pembuatan kebijakan impor dan ekspor beras serta pemberian bantuan kepada petani.

Prediksi produksi padi dapat dilakukan dengan memanfaatkan penginderaan jauh (Awad, 2019; Salmon *et al.*, 2015). Beberapa data satelit telah digunakan untuk memprediksi pertumbuhan padi diantaranya adalah NOAA AVHRR (Kushardono, 1991), MODIS (Aulia *et al.*, 2016; Setiawan *et al.*, 2015), Landsat (Li *et al.*, 2018; Qiu *et al.*, 2017; Zhou *et al.*, 2016), bahkan Sentinel 1 (Clauss *et al.*, 2018; Lestari & Kushardono, 2019).

Dengan menggunakan data penginderaan jauh, kita dapat mendeteksi parameter geobiofisik seperti fase dan usia tanaman padi. Di Indonesia telah dikeluarkan sebuah pedoman pemantauan fase pertumbuhan padi menggunakan data MODIS oleh Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh LAPAN, serta secara berkala telah dilakukan produksi informasinya untuk disampaikan kepada pengguna (Domiri *et al.*, 2019). Data penginderaan jauh yang digunakan

adalah data Terra-MODIS komposit 8-harian dengan resolusi spasial 250 m. Terra-MODIS dipilih karena satelit tersebut melintasi Indonesia di pagi hari. Pada waktu tersebut langit masih relatif lebih cerah (tidak berawan) dibandingkan dengan siang hari waktu Aqua-MODIS melintas.

Seiring dengan berjalannya waktu sensor biru satelit Terra mengalami degradasi (Wang *et al.*, 2012). Masa berlaku Satelit Terra juga hampir habis yaitu hingga 2020 (Thome & Wolfe, 2016). Untuk menjaga keberlanjutan penyediaan informasi satelit lingkungan, diluncurkanlah satelit *Suomi National Polar-Orbiting Partnership* (SNPP) yang membawa sensor VIIRS (Murphy *et al.*, 2001). Meski begitu, perlu diuji apakah data VIIRS benar-benar dapat digunakan untuk menggantikan data MODIS yang sudah digunakan dalam operasional produksi informasi pertumbuhan tanaman padi.

Dalam produksi informasi pertumbuhan tanaman padi, tanaman padi diklasifikasikan ke dalam 6 kelas tanam yaitu fase air, fase vegetatif 1 (1-40 hari setelah tanam atau hst), fase vegetatif 2 (41-64 hst), fase generatif 1 (65-96 hst), fase generatif 2 (97 hst – panen), dan fase bera (Dirgahayu *et al.*, 2015). Fase-fase tersebut dideteksi melalui perubahan nilai EVI periode sebelum dan periode saat ini. Sedangkan tanaman padi dan non padi dideteksi dengan nilai rentang EVI pada area tanaman tersebut. EVI dipilih karena kelebihanannya dalam mengoptimalkan sinyal vegetasi, memisahkan vegetasi dengan tutupan

lahan lain, serta mereduksi pengaruh atmosfer sehingga memiliki sensitivitas yang lebih baik terhadap tutupan lahan dibandingkan dengan *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) (Huete *et al.*, 2002).

Selain digunakan untuk deteksi fase pertumbuhan padi, EVI MODIS juga digunakan di banyak sisi pertanian seperti perubahan lahan sawah (Muhammad *et al.*, 2016), deteksi kekeringan sawah (Aulia *et al.*, 2016), estimasi panen di sawah luas (Son *et al.*, 2014), deteksi padi di sawah campuran (Peng *et al.*, 2011), dan lain sebagainya. Penggunaan EVI MODIS di banyak sisi pertanian menjadi alasan perlunya pengkajian data EVI VIIRS untuk menjaga kontinuitas data EVI MODIS.

Penelitian ini dilakukan untuk melihat korelasi nilai EVI dari data Terra-MODIS dan NPP-VIIRS, dan implementasinya menggantikan data MODIS menyediakan informasi pertumbuhan tanaman padi.

2 METODOLOGI

2.1 Lokasi dan Data

Titik-titik sampel pada area sawah dipilih secara acak menggunakan lahan baku sawah dari BIG (Badan Informasi Geospasial) dan berada pada area bebas awan, serta data MODIS dan VIIRS untuk titik-titik sampel tersedia di tanggal tersebut.

Dalam penelitian ini, titik sampel dipilih di daerah sawah Provinsi Jawa Barat, Provinsi Jawa Tengah dan Provinsi Jawa Timur, Indonesia. Daerah ini dipilih karena ketiga provinsi tersebut merupakan provinsi dengan luas sawah terbesar di Indonesia.

2.2 Standarisasi Data

Untuk melakukan perbandingan ini, data dikelola dan diolah menggunakan *Google Earth Engine*. Data MODIS dan VIIRS yang dipilih memiliki resolusi temporal, resolusi spasial, serta level data yang mirip atau sama.

Berdasarkan ketersediaan data, data MODIS yang digunakan adalah data *surface reflectance* harian (MOD09GA.006) L2G global dengan

resolusi spasial 500 m dan 1 km dengan kanal yang digunakan adalah kanal 1 (resolusi 500m), kanal 2 (resolusi 500m), dan kanal 3 (resolusi 500m). Sedangkan data VIIRS yang digunakan adalah data *surface reflectance* harian (VNP09GA) dari sensor S-NPP dengan resolusi spasial 500m dan 1 km. Kanal yang digunakan untuk perhitungan EVI adalah kanal I1 (resolusi 500m), kanal I2 (resolusi 500m), dan kanal M3 (resolusi 1 km). Kanal-kanal pada sensor VIIRS tersebut dipilih dari kanal-kanal yang mirip dengan yang ada di MODIS sebagaimana tercantum pada Tabel 2-1.

2.3 Metode Penelitian

Data *surface reflectance* VIIRS dan MODIS di-*masking* awan dan bayangan awan untuk memperkecil kemungkinan distorsi oleh data awan. Dalam tahapan ini, citra yang tertutup awan dihilangkan dan jika tidak sengaja terpilih dalam titik sampel maka tidak diperhitungkan dalam pengolahan.

Kemudian data dikomposit 8 harian yang didapat dari rata-rata nilai harian yang bebas awan. Hal ini dilakukan untuk menyamai produk komposit 8 harian MODIS yang digunakan dalam deteksi fase pertumbuhan padi. Kemudian nilai EVI dihitung untuk seluruh titik sampel menggunakan data VIIRS dan data MODIS yang didapat dari persamaan (1-1).

$$EVI = 2,5 \frac{\rho_{NIR} - \rho_{red}}{\rho_{NIR} + 6 \times \rho_{red} - 7,5 \times \rho_{blue} + 1} \quad (1-1)$$

dengan ρ : data *surface reflectance* yang sudah dikoreksi atmosfer (Huete *et al.*, 2002).

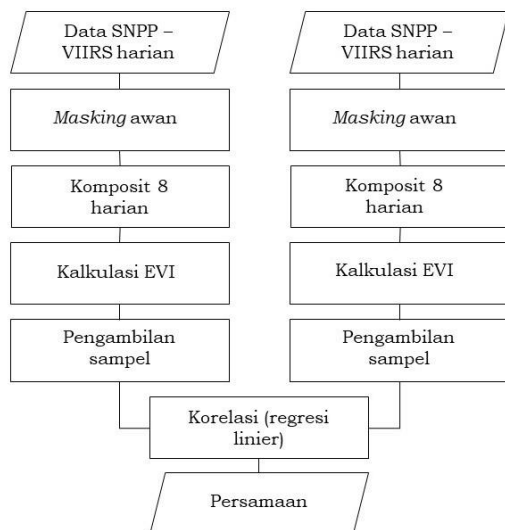
Untuk mengetahui korelasi keduanya, dilakukan uji korelasi Pearson. Data dibagi menjadi 4 kelompok untuk melihat pengaruh musim yaitu berdasarkan kelompok bulan: Januari Februari Maret (JFM), April Mei Juni (AMJ), Juli Agustus September (JAS), dan Oktober November Desember (OND).

Tabel 2-1: PERBANDINGAN KANAL VIIRS/MODIS

VIIRS			MODIS		
Nama Kanal	Titik Tengah Kanal	Lebar Kanal	Nama Kanal	Titik Tengah Kanal	Lebar Kanal
M1	412	20	8	412	15
M2	445	18	9	443	10
M3	488	20	10	488	10
			3	469	20
M4	555	20	12	551	10
			4	555	20
I1	645	50	1	645	50
M5	672	20	13	667	10
M6	751	15	15	748	10
M7	865	39	16	870	15
I2	865	39	2	859	36

Sumber: Huete *et al.* 2002

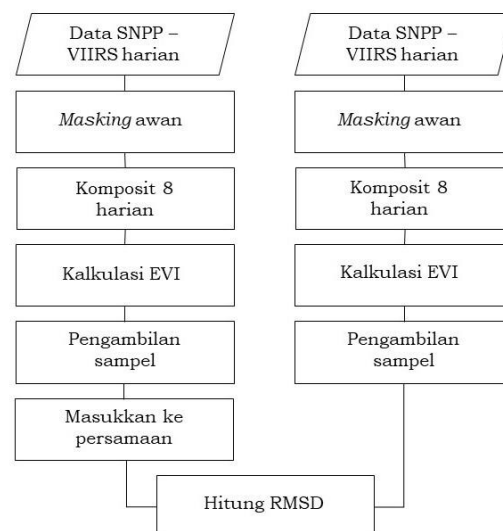
Hasil kedua EVI tadi diregresi dengan EVI Terra-MODIS pada sumbu-y dan EVI SNPP-VIIRS pada sumbu-x. Dari regresi tersebut didapatkan suatu persamaan yang kemudian akan menjadi formula konversi dari EVI VIIRS ke EVI MODIS seperti tertera pada Gambar 2-1.



Gambar 2-1: Diagram alir metode perolehan formula konversi

Untuk validasi formula tersebut, diambil hasil EVI VIIRS untuk tanggal yang lain kemudian dimasukkan ke dalam persamaan. Hasilnya disebut sebagai EVI-prediksi. EVI-prediksi ini dibandingkan dengan EVI MODIS hari tersebut menggunakan *root mean square difference* (RMSD). Proses validasi

formula dijelaskan dalam diagram alir seperti tertera pada Gambar 2-2.



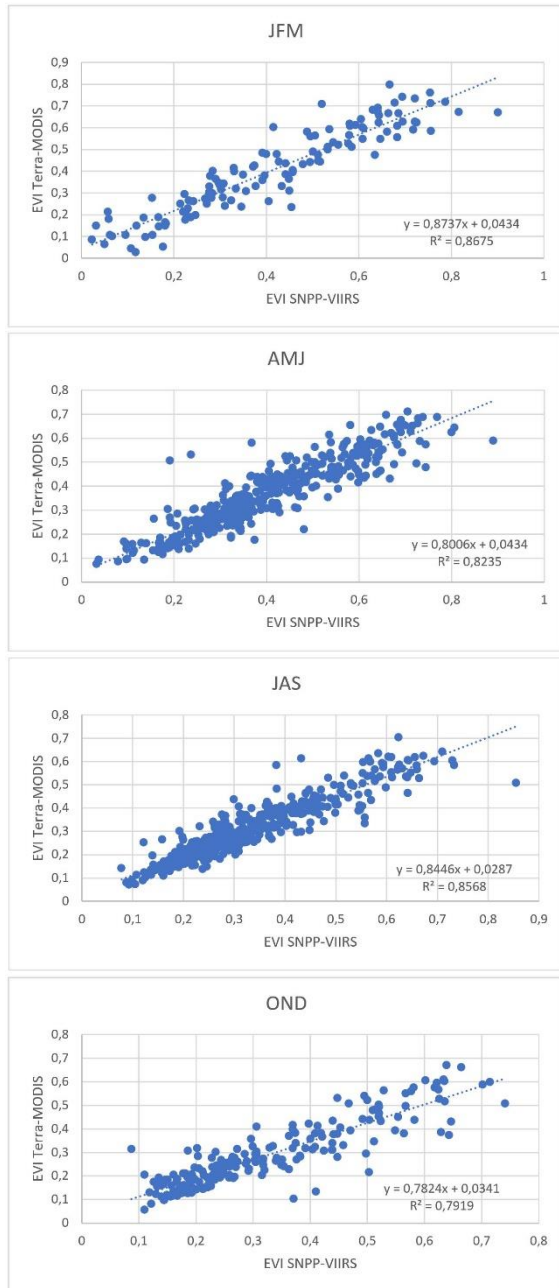
Gambar 2-2: Diagram alir proses validasi formula

3 HASIL PEMBAHASAN

Dari 45 titik sampel yang diambil secara acak di Provinsi Jawa Barat, Provinsi Jawa Tengah dan Provinsi Jawa Timur untuk masing-masing periode JFM, AMJ, JAS, OND, dicari nilai EVI menggunakan data Terra-MODIS dan data SNPP-VIIRS kemudian dihitung korelasi keduanya menggunakan korelasi Pearson dengan hasil seperti yang tercantum dalam Tabel 3-1.

Tabel 3-1: KORELASI PEARSON ANTARA EVI MODIS DAN EVI VIIRS

	Pearson's r	p
JFM	0,8675	< ,001
AMJ	0,8235	< ,001
JAS	0,8568	< ,001
OND	0,7919	< ,001



Gambar 3-1: Hasil regresi EVI MODIS dan EVI VIIRS pada kelompok bulan: Januari Februari Maret (JFM), April Mei Juni (AMJ), Juli Agustus September (JAS), dan Oktober November Desember (OND)

Terlihat bahwa nilai EVI MODIS dan EVI VIIRS memiliki korelasi yang tinggi dengan variasi nilai R yang berbeda-beda. Korelasi EVI VIIRS dan MODIS juga dikaji melalui penelitian Jarchow, 2018 yang menunjukkan korelasi sebesar 0,99 untuk area kering delta sungai Colorado (Jarchow *et al.*, 2018). Perbedaan yang cukup signifikan ini terjadi karena area yang dikaji memiliki karakteristik yang berbeda.

Area penelitian Jarchow yang merupakan area kering sehingga memiliki EVI yang relatif tidak berubah-ubah secara signifikan. Sedangkan area penelitian ini merupakan daerah sawah yang memiliki peningkatan atau penurunan EVI sehingga rata-rata yang didapat pada saat dilakukan komposit 8 harian dapat menimbulkan bias pada hasil akhir.

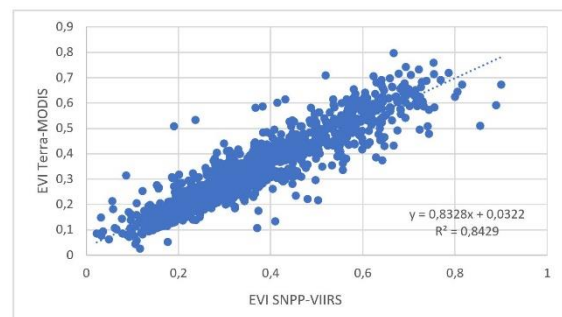
Korelasi pada periode OND memiliki nilai R terkecil karena periode tersebut merupakan periode musim penghujan sehingga terdapat gangguan atmosfer pada data.

Dari kedua nilai EVI MODIS dan VIIRS, dicari juga persamaan regresi keduanya sehingga diperoleh persamaan seperti Gambar 3-1 untuk masing-masing kelompok bulan.

Seluruh EVI dari sampel data tersebut kemudian diregresikan dan didapatkan persamaan (formula konversi) EVI prediksi yang berasal dari EVI VIIRS yaitu:

$$EVI_{pred} = 0,8328 \times EVI_{VIIRS} + 0,0322 \quad (3-1)$$

dengan R^2 sebesar 0,84 sebagaimana tertera dalam Gambar 3-2.



Gambar 3-2: Hasil regresi EVI MODIS dan EVI VIIRS seluruh data sampel dalam 1 tahun

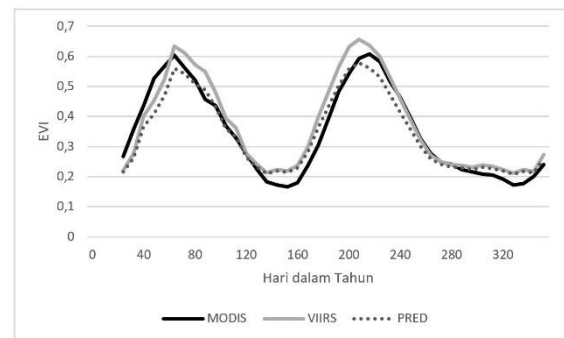
Untuk validasi, diambil data EVI dari VIIRS dalam 1 tahun pada sembarang titik yang tidak sama dengan titik pada sampel. Data EVI tersebut kemudian dimasukkan ke persamaan (2) untuk mendapatkan EVI_{pred} . EVI prediksi ini kemudian dibandingkan dengan data EVI MODIS (EVI observasi) untuk periode tersebut. Didapatkan RMSD sebesar 0,04. Nilai ini jauh lebih kecil jika dibandingkan dengan RMSD antara data EVI MODIS dan EVI VIIRS yaitu 0,11. Tetapi nilai tersebut masih tinggi jika dibandingkan dengan penelitian lain oleh Miura *et al.* (2018) yang menyatakan kemiripan antara EVI MODIS dan VIIRS dengan kecilnya perbedaan antara keduanya yaitu sebesar 0,010 hingga 0,020 satuan EVI (Miura *et al.*, 2018). Nilai RMSD EVI prediksi dari penelitian ini masih cukup tinggi disebabkan oleh perbedaan waktu akuisisi data yang digunakan untuk membuat model prediksi dan validasi, yaitu data MODIS diakuisisi pagi hari atau Terra MODIS, sedangkan VIIRS pada siang hari.

3.1 Peluang Pemanfaatan EVI VIIRS dalam Pengamatan Pertumbuhan Padi

Perbandingan EVI MODIS dengan EVI VIIRS dan EVI_{pred} pada pertumbuhan tanaman padi sawah selama 1 tahun dapat dilihat pada Gambar 3-3. Secara garis besar, naik turun EVI pada data MODIS dan VIIRS memiliki pola yang sama di waktu yang sama. Sedikit perbedaan yang terjadi diakibatkan perbedaan liputan awan waktu akuisisi pada kedua data dan perbedaan pada lebar kanal kedua sensor. Pada Gambar 3-3 juga terlihat EVI prediksi dari VIIRS yang pola mirip dengan EVI MODIS, sedang EVI VIIRS nampak relatif lebih tinggi nilainya. Kemiripan pola ini menunjukkan peluang EVI VIIRS yang baik untuk menjadi pengganti EVI MODIS.

Pada Gambar 3-3 juga terlihat bahwa terdapat pertumbuhan tanaman padi di dengan pola 2 kali tanam dalam setahun yang ditunjukkan dengan adanya 2 puncak nilai EVI yang menggambarkan fase vegetatif maksimum dan 2 lembah yang menggambarkan kondisi bera dan fase air sebagaimana

dijelaskan dalam kajian terdahulu (Dirgahayu *et al.*, 2015).



Gambar 3-3: Perbandingan Data EVI MODIS dengan EVI VIIRS dan EVI_{pred} pada pertumbuhan tanaman padi sawah dalam 1 tahun

4 KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan di atas dapat disimpulkan bahwa data VIIRS dapat digunakan sebagai pengganti data MODIS untuk pemantauan pertumbuhan tanaman padi.

EVI dari VIIRS dan EVI MODIS, khususnya dalam penelitian ini yaitu pada aspek tanaman padi, korelasinya cukup tinggi yang ditunjukkan nilai error RMSD yang kecil.

Dari penelitian ini telah diperoleh persamaan matematika untuk koreksi data EVI VIIRS sebelum digunakan untuk pemantauan pertumbuhan tanaman padi menggunakan model yang dikembangkan dengan data MODIS.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada kepala Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh, LAPAN yang telah memberikan dukungan terhadap penelitian ini.

DAFTAR RUJUKAN

- Aulia, M. R., Liyantono, Setiawan, Y., & Fatikhunnada, A. (2016). Drought Detection of West Java's Paddy Field Using MODIS EVI Satellite Images (Case Study: Rancaekek and Rancaekek Wetan). *Procedia Environmental Sciences*, 33, 646–653. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2016.03.119>
- Awad, M. M. (2019). An innovative intelligent system based on remote sensing and mathematical models for improving crop yield estimation.

- Information Processing in Agriculture*, 6(3), 316–325. <https://doi.org/10.1016/j.inpa.2019.04.001>
- Clauss, K., Ottinger, M., Leinenkugel, P., & Kuenzer, C. (2018). Estimating rice production in the Mekong Delta, Vietnam, utilizing time series of Sentinel-1 SAR data. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 73(July), 574–585. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2018.07.022>
- Dirgahayu, D., Noviar, H., & Anwar. (2015). Pengembangan Model Pertumbuhan Tanaman Padi Menggunakan Data EVI MODIS Multitemporal (Studi Kasus di Pulau Sulawesi). *Seminar Nasional Penginderaan Jauh*, 408–424. LAPAN: Bogor., 2015.
- Dirgahayu, D., Parsa, M. Harini, S. Rarasati A. (2019). Laporan Akhir Tahun Kegiatan Fase Pertumbuhan Padi.. Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh, LAPAN
- Huete, A., Didan, K., Miura, T., Rodriguez, E. ., Gao, X., & Ferreira, L. . (2002). Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. *Remote Sensing of Environment*, 83(1–2), 195–213. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(02\)00096-2](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(02)00096-2)
- Jarchow, C. J., Didan, K., Barreto-Muñoz, A., Nagler, P. L., & Glenn, E. P. (2018). Application and comparison of the MODIS-derived enhanced vegetation index to VIIRS, landsat 5 TM and landsat 8 OLI platforms: A case study in the arid colorado river delta, Mexico. *Sensors (Switzerland)*, 18(5). <https://doi.org/10.3390/s18051546>
- Kushardono D. Pemanfaatan Data Satelit NOAA/AVHRR untuk Pendugaan Produksi Tanaman Padi pada Regional Jawa Barat. Kumpulan Makalah Kolokium Pemanfaatan Penginderaan Jauh Tahun 1990/1991, LAPAN, Jakarta 1991: No.D-I/01-1991, 241-268
- Lestari, A. I., & Kushardono, D. (2019). the Use of C-Band Synthetic Aperture Radar Satellite Data for Rice Plant Growth Phase Identification. *International Journal of Remote Sensing and Earth Sciences (IJReSES)*, 16(1), 31. <https://doi.org/10.30536/j.ijreses.2019.v16.a3171>
- Li, P., Xiao, C., & Feng, Z. (2018). Mapping rice planted area using a new normalized EVI and SAVI (NVI) derived from landsat-8 OLI. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 15(12), 1822–1826. <https://doi.org/10.1109/LGRS.2018.2865516>
- Mauludyani, A. V. R., Martianto, D., & Baliwati, Y. F. (2008). Pola Konsumsi Dan Permintaan Pangan Pokok Berdasarkan Analisis Data Susenas 2005. *Jurnal Gizi Dan Pangan*, 3(2), 101. <https://doi.org/10.25182/jgp.2008.3.2.101-117>
- Miura, T., Muratsuchi, J., & Vargas, M. (2018). Assessment of cross-sensor vegetation index compatibility between VIIRS and MODIS using near-coincident observations. *Journal of Applied Remote Sensing*, 12(04), 1. <https://doi.org/10.1117/1.jrs.12.045004>
- Muhammad, M., Liyantono, Setiawan, Y., & Fatikhunnada, A. (2016). Analysis of the Dynamics Pattern of Paddy Field Utilization Using MODIS Image in East Java. *Procedia Environmental Sciences*, 33, 44–53. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2016.03.055>
- Murphy, R. E., Barnes, W. L., Lyapustin, A. I., Privette, J., Welsch, C., DeLuccia, F., ... Kealy, P. S. M. (2001). Using VIIRS to provide data continuity with MODIS. *International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS)*, 3(C), 1212–1214. <https://doi.org/10.1109/igarss.2001.976795>
- Peng, D., Huete, A. R., Huang, J., Wang, F., & Sun, H. (2011). Detection and estimation of mixed paddy rice cropping patterns with MODIS data. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 13(1), 13–23. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2010.06.001>
- Qiu, B., Lu, D., Tang, Z., Chen, C., & Zou, F. (2017). Automatic and adaptive paddy rice mapping using Landsat images: Case study in Songnen Plain in Northeast China. *Science of the Total Environment*, 598, 581–592. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.03.221>
- Salmon, J. M., Friedl, M. A., Frohling, S.,

- Wisser, D., & Douglas, E. M. (2015). Global rain-fed, irrigated, and paddy croplands: A new high resolution map derived from remote sensing, crop inventories and climate data. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 38, 321–334.
<https://doi.org/10.1016/j.jag.2015.01.014>
- Setiawan, Y., Liyantono, Fatikhunnada, A., Permatasari, P. A., & Aulia, M. R. (2015). Dynamics pattern analysis of paddy fields in Indonesia for developing a near real-time monitoring system using modis satellite images. *ACRS 2015 - 36th Asian Conference on Remote Sensing: Fostering Resilient Growth in Asia, Proceedings*, 33, 108–116.
<https://doi.org/10.1016/j.proenv.2016.03.062>
- Son, N. T., Chen, C. F., Chen, C. R., Minh, V. Q., & Trung, N. H. (2014). A comparative analysis of multitemporal MODIS EVI and NDVI data for large-scale rice yield estimation. *Agricultural and Forest Meteorology*, 197, 52–64.
<https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2014.06.007>
- Thome, K., & Wolfe, R. (2016). Terra Status Update Including End of Mission Orbit. Retrieved from https://modis.gsfc.nasa.gov/sci_team/meetings/201606/presentations/plenary/wolfe.pdf%0A
- Wang, D., Morton, D., Masek, J., Wu, A., Nagol, J., Xiong, X., ... Wolfe, R. (2012). Impact of sensor degradation on the MODIS NDVI time series. *Remote Sensing of Environment*, 119, 55–61.
<https://doi.org/10.1016/j.rse.2011.12.001>
- Zhou, Y., Xiao, X., Qin, Y., Dong, J., Zhang, G., Kou, W., ... Li, X. (2016). Mapping paddy rice planting area in rice-wetland coexistent areas through analysis of Landsat 8 OLI and MODIS images. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 46, 1–12.
<https://doi.org/10.1016/j.jag.2015.11.001>