

Relasi Faktor Air, Tanah dan Udara Pada Satu Masa Tanam Padi di Desa Gadingrejo, Pringsewu-Lampung

Mochamad Firman Ghazali^{a,b,c,d}, Aqilla Fitdhea Arnesta^{a,b}, Mamad Sugandi^{a,b}, Angga Febry Fatman^a, Defferson Sihombing^a, Ketut Wikantika^{c,d}

^a Teknik Geodesi dan Geomatika, Fakultas Teknik, Universitas Lampung, Indonesia

^b UNILA Center for Remote Sensing, Universitas Lampung, Indonesia

^c Center for Remote Sensing, Institut Teknologi Bandung, Indonesia

^d Kelompok Keahlian Inderaja dan Sains Informasi Geografis (KK-INSIG), Fakultas Ilmu dan Teknik Kebumihan, Institut Teknologi Bandung, Indonesia

Email: firman.ghazali@eng.unila.ac.id

ABSTRACT

Gadingrejo in Pringsewu residence has a large paddy field. It was awarded as a self-supporting village in paddy rice production. Its capabilities have to maintain for supporting food security initiative. A monitoring using remote sensing requires a multi-temporal of satellite images from Landsat 8 for extracting the biophysical information related to paddy rice growth, includes water, air and soil factors in a planting period. The multispectral (VisNIR) and thermal bands has processed to gain the values of *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), *Normalized Difference Water Index* (NDWI), and *Land Surface Temperature* (LST) as the representation of paddy rice, water content both in soil and paddy leaves and air temperature respectively. The relationships is drawn using a multi-temporal chart and simple regression models. This study result a phenological pattern of paddy rice that required 150 days to growth based on the change of NDVI values that started from 0.1 to 0.9, before it slowly decreased to 0.7 and 0.1 at the end of harvest period. It follow by a similar shape of LST and an irregular shaped of NDWI with the values ranges from 1 to 1.5 °C and from 0.8 to 0.5 respectively. While all the biophysical factors have positive correlation from moderate to strong relationship with R² 0.7, 0.79 and 0.8 for NDVI and leaf NDWI, NDVI and soil NDWI, and NDVI and LST respectively, the water content both in leaf and soil is more influenced by LST according to the value of R² 0.61 and 0.72 respectively.

Keywords Paddy rice, NDVI, NDWI, LST, Regression

I. Pendahuluan

Tanaman padi atau *Oryza sativa* tumbuh di banyak tempat di Asia termasuk di Indonesia (De Datta, 1981). Padi banyak ditanam baik di sawah dataran rendah sampai ke dataran tinggi pada ketinggian 0-900 meter diatas permukaan laut.

Di Indonesia, beras menjadi bahan makanan utama bagi 260 juta penduduk. Faktanya, terdapat lebih dari 80% populasi di Indonesia adalah konsumen beras. Data statistik pertanian menyebutkan bahwa, luas panen padi di Indonesia periode Januari–September 2018 sebesar 9,54 juta

hektar dengan jumlah produksi padi mencapai 49,65 juta ton Gabah Kering Giling (GKG) (BPS & BPPT, 2018). Sementara, terdapat peningkatan total impor beras sebanyak 15.39 juta ton beras. Yaitu 2.75 ton pada 2011 dan 189.616 ton pada 2015) (BPS, 2019). Jumlah tersebut yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan beras di Indonesia.

Suplai beras sangat tergantung pada jumlah produksi padi. Hal tersebut sangat dipengaruhi oleh pertumbuhan penduduk, daya beli masyarakat, kualitas dan ketersediaan lahan sawah, sampai pada adanya kemungkinan tergantikannya beras oleh

sumber pangan lainnya seperti jagung dan gandum (De Datta, 1981).

Jumlah produksi panen padi terkait erat dengan kondisi dari lahan sawahnya. Dimana kondisi lahan dapat dijelaskan oleh sejumlah parameter penentu kualitas lahan. Tidak hanya untuk budidaya tanaman padi, sekurang-kurangnya terdapat sepuluh faktor biofisik dan kimiawi yang dapat mempengaruhi kualitas dan jumlah hasil panen (Hargrove & Cabanilla., 1979). Lebih khususnya pada tanaman padi, dapat disederhanakan kedalam lima faktor, seperti penyakit, kekeringan, suhu udara, tanah, dan air. Untuk lebih lengkapnya, faktor pembatas yang dimaksud disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Faktor pembatas produksi padi*

Faktor Pembatas	Toleransi (%)
Penyakit dan hama	100
Kekeringan	85
Suhu udara	39
Tanah	60
Air berlebih	51

*diadopsi dari Hargrove & Cabanilla (1979) dalam De Datta, (1981)

Setiap komponen dari lima faktor pembatas tersebut mempunyai batas toleransi yang berbeda bagi tanaman padi. Seperti halnya pada padi yang terserang penyakit dan hama, maka peluang kerusakan yang akan diterima dapat mencapai 100%. Mengingat daya sebar dari vektor hama dan penyakit yang lebih kompleks, dimana semua unsur lingkungan dapat dimanfaatkan sebagai media distribusinya. Sementara untuk faktor edapik, klimatik dan hidrologis (tanah, air dan udara), berkontribusi sebanyak 60, 51-85% dan 39% terhadap hasil produksi padi. Namun terdapat kesamaan, yaitu kelimanya berkontribusi pada terciptanya kegagalan panen.

Berbeda dengan faktor lahan sawah lainnya yang dijelaskan oleh Ly et al., (2016), dijelaskan bahwa terdapat empat faktor yang menentukan jumlah produksi padi, yaitu *farmyard manure* (FYM), *farmer's System of Rice Intensification* (SRI), *hill density* dan *soil organic carbon* (SOC). Keempatnya berkontribusi 39% untuk menambah jumlah produksi

padi.

Dalam studi ini, faktor biofisik lahan pada Tabel 1 digunakan sebagai dasar untuk menentukan kondisi lahan sawah di Gadingrejo, Lampung. Pengamatan dilakukan pada satu masa tanam padi menggunakan data satelit penginderaan jauh, khususnya Landsat 8. Analisa dimulai dari menjelaskan ekstraksi kandungan air dalam tanah dan daun, suhu udara dan pertumbuhan tanaman padi.

Ekstraksi kandungan air dalam tanah dan daun dijelaskan berdasarkan nilai NDWI (Gao, 1996; McFeeters, 1996) akan direlasikan terhadap perubahan suhu udara. Sejumlah studi terdahulu menjelaskan bahwa ada relasi antara kandungan air pada daun dan tanah (Huzulak & Matejka, 1983; Millari et al., 1970), dan juga produksi buahnya (Natali et al., 1985). Bagi tanaman padi suhu udara sangatlah penting, karena berpengaruh pada setiap tahapan pertumbuhannya (Yoshida, 1981 dan Yoshida et al., 1976). Disamping itu, Pablos et al., (2016) menjelaskan bahwa tinggi-rendahnya suhu udara mempunyai hubungan erat terhadap jumlah kandungan air dalam tanah dan daun. Disamping itu, berdasarkan studi yang dilakukan oleh Huang et al., (2016), dijelaskan bahwa lebih dari 70% produksi padi berkaitan erat dengan produksi biomasa dan radiasi matahari. Sementara pertumbuhan tanaman padi diamati pada skala lahan sawah, berdasarkan perubahan nilai NDVI (Rouse et al., 1974) seperti yang dilakukan oleh Zheng et al., (2016).

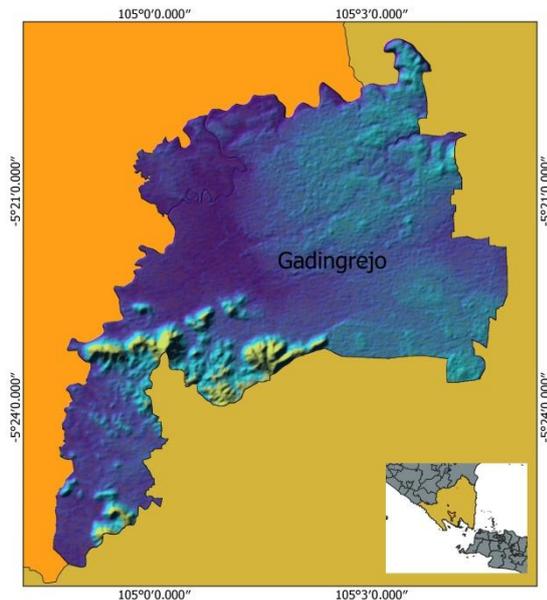
II. Metodologi

Area Studi

Studi terkait dengan relasi faktor suhu udara, air dan tanah dilakukan di areal pesawahan seluas 189.240 m² di desa Gadingrejo, Kecamatan Pringsewu, Lampung. Desa ini berpredikat sebagai desa swasembada padi dengan jumlah produksi 36.387 (ton)/6.679 (Ha) pada 2018 (Gadingrejo dalam angka, 2019).

Areal pesawahan ini berada pada ketinggian 77-81 meter di atas permukaan laut (mdpl), berupa dataran rendah dengan tanah berjenis *alluvial* dan termasuk ke dalam sawah irigasi teknis yang

tergantung pada suplai air dari irigasi selain dari air hujan.



Gambar 9. Area studi untuk mempelajari relasi faktor biofisik tanaman padi

Data

Data yang digunakan dalam studi ini terdiri dari dua belas data citra satelit Landsat 8 dengan waktu perekaman yang berbeda. Data tersebut diambil dari tanggal 25 November 2018 – 20 Mei 2019, terdiri dari kanal hijau, merah, inframerah dekat, inframerah pendek dan termal dengan jumlah dua belas kanal untuk setiap citra yang digunakan.

Areal pesawahan di desa Gadingrejo, berada di *path* 123 dan *row* 64. Keseluruhan data citra yang terkumpul digunakan untuk menentukan nilai, pola, *trends* dan relasi antar faktor biogeografi yang terdiri dari faktor tanah, suhu udara dan air.

Pengolahan data

Nilai, pola, *trends* dan relasi antar faktor biogeografi yang terdiri dari faktor tanah, suhu udara dan air dihitung menggunakan *normalized difference vegetation index* (NDVI) yang merepresentasikan objek padi yang tumbuh (Rouse et al., 1974). Nilai NDVI ditentukan berdasarkan perbandingan reflektan dari kanal merah dengan inframerah (Persamaan 1). Hasil yang diperoleh menunjukkan rentang nilai -1

(Tanpa vegetasi) sampai 1 (vegetasi). Sementara fenologi padi dijelaskan dengan perubahan nilai NDVI.

Normalized difference water index (NDWI) yang merepresentasikan objek air yang terkandung dalam daun dan tanah sebagaimana dijelaskan oleh Gao, (1996), S. K. McFeeters, (1996), dan Stuart K. McFeeters, (2013) pada persamaan (2-3). Nilainya ditentukan berdasarkan rasio reflektan kanal hijau dengan inframerah dekat dan rasio reflektan kanal inframerah dekat dengan inframerah pendek. Keduanya mempunyai rentang nilai yang sama dengan NDVI. Dimana nilai -1 menunjukkan area yang kurang kandungan airnya, dan 1 sebagai area dengan nilai yang banyak kandungan airnya. Adapun pada data termal dari kanal 10 digunakan untuk mengetahui suhu udara ($^{\circ}\text{C}$) berdasarkan persamaan Planck (Persamaan 4). Sejatinya, yang dihitung adalah suhu permukaan di daratan. Namun karena keterbatasan data yang diperlukan, suhu udara dianggap sama seperti suhu permukaan (Mutiibwa et. al, 2015). Adapun parameter yang diperlukan untuk menghitung suhu permukaan sudah tersedia pada metadata satelit Landsat 8 yang digunakan (U. S. Geological Survey, 2016).

$$\text{NDVI} = (\rho\text{NIR} - \rho\text{Red}) / (\rho\text{NIR} + \rho\text{Red}) \quad (1)$$

(1)

$$\text{NDWI-1} = (\rho\text{Green} - \rho\text{NIR}) / (\rho\text{Green} + \rho\text{NIR}) \quad (2)$$

$$\text{NDWI-2} = (\rho\text{NIR} - \rho\text{SWIR}) / (\rho\text{NIR} + \rho\text{SWIR}) \quad (3)$$

$$\text{LST} = K_2 / \ln(K_1 / L_2 + 1) \quad (4)$$

(4)

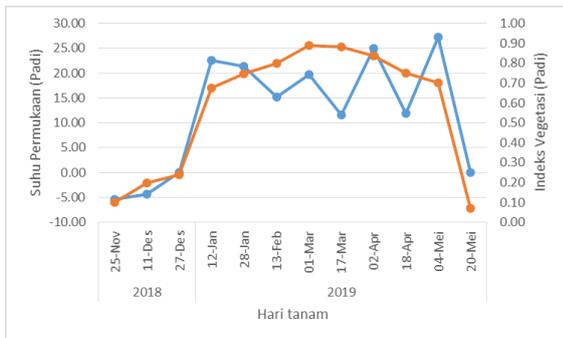
Relasi antar faktor biofisik tersebut dapat diketahui dengan menghitung nilai koefisien determinasi (R^2), berdasarkan pola yang digambarkan pada diagram sebar sehingga diperoleh tingkat korelasi nilai NDVI dengan NDWI dan LST.

III. Hasil dan Pembahasan

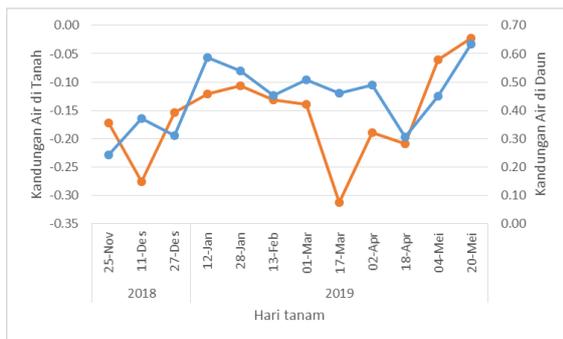
Hasil perhitungan dari NDVI menunjukkan nilai terendah 0.07 dan tertinggi 0.89 pada bulan Mei dan Maret 2019 yang merupakan representasi nilai tanaman padi setelah di panen dan puncak fase

generatif dimana padi sudah siap membentuk bulir.

Nilai NDVI yang dihitung dari keseluruhan data citra yang berjumlah 12 buah tersebut membentuk sebuah pola fenologi tanaman padi pada satu masa tanam. Di areal pesawahan di desa Gadingrejo ini, tanaman padi membutuhkan waktu 150 hari untuk siap di panen. Tanaman padi varietas ini termasuk yang terlama waktu tanamnya. Tipikal pola fenologi berdasarkan perubahan nilai NDVI pada tanaman padi menyerupai bentuk sebuah bel atau bukit. Pola tersebut secara umum diikuti oleh perubahan nilai LST (Gambar 2.a). Namun, lain halnya dengan pola perubahan nilai NDWI yang tidak mempunyai pola yang khas (Gambar 2.b).



(a)



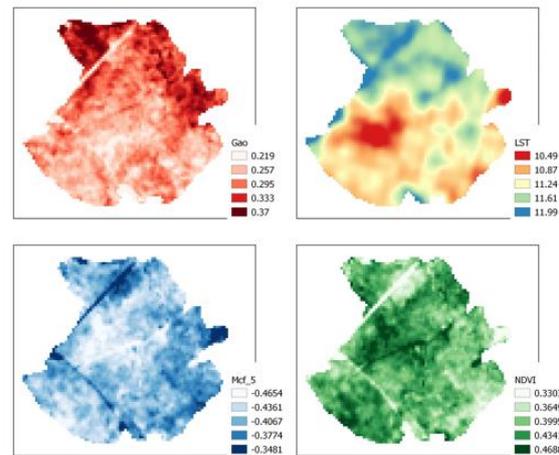
(b)

Gambar 10 Perkembangan nilai NDVI dan LST(a), dan NDWI (b) pada satu masa tanam padi di desa Gadingrejo, Pringsewu.

Pada satu masa tanam, pertumbuhan tanaman padi yang digambarkan oleh perkembangan nilai NDVI diikuti oleh perubahan dari kondisi faktor lingkungan lainnya, seperti kandungan air dalam tanah, pada daun dan perubahan suhu permukaan.

Perubahan yang terjadi pada periode tersebut

dijelaskan berdasarkan rerata nilai NDVI, NDWI dan LST (Gambar 3). Untuk NDVI, pada area yang ditumbuhi padi menunjukkan rerata suhu udara (LST) yang rendah. Jika dibandingkan antara area yang ditanami dengan yang tidak ditanami padi, perbedaannya hanya 1.5°C. Pola yang umum diperoleh dari rerata nilai NDVI adalah tidak selalu diikuti oleh tinggi atau rendahnya nilai NDWI. Secara spasial, pada area yang bernilai NDVI rendah, berada pada area dengan nilai NDWI tinggi dan bisa juga rendah. Kondisi ini yang menyebabkan pola perubahan NDWI tidak beraturan (Gambar 2.b).

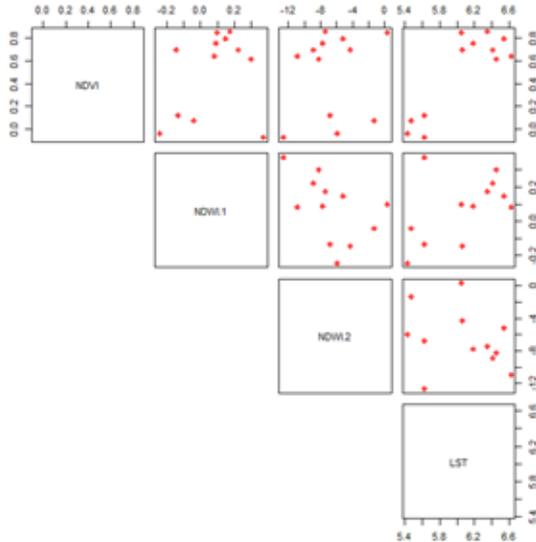


Gambar 11 Rerata nilai NDWI, LST, dan NDVI dan NDWI pada lahan sawah di desa Gadingrejo, Pringsewu, (Searah jarum jam).

Kondisi yang dijelaskan diatas, secara sederhana menunjukkan adanya perilaku hubungan yang berbeda antara NDVI dengan LST dan NDWI dengan LST. Relasi NDVI dengan LST lebih terlihat kompleks secara spasial. Namun secara statistik hal tersebut justru menunjukkan relasi yang sangat kuat dan bersifat tegak lurus (Tabel 2) dengan nilai R² 0.85. Sebetulnya, relasi yang dibentuk antar faktor biofisik (air, udara dan tanah) terdiri dari enam bentuk relasi. Dominannya mempunyai relasinya yang positif dari menengah sampai –kuat. Secara lebih detail, relasi antar factor biofisik tanaman padi disajikan dengan diagram sebar pada Gambar 4.

Relasi faktor LST terhadap NDWI tidak homogen. Dengan kata lain, hubungan suhu udara terhadap kandungan air dalam tanah yang bersifat

positif, diikuti dengan rendahnya hubungan suhu udara dengan kandungan air dalam daun yang bersifat negatif dengan nilai R2 0.5 dan -0.25. Kuat lemahnya relasi secara statistik antar faktor tanaman, tanah, air dan suhu udara disajikan dalam Tabel 2.



Gambar 12 Diagram sebar berpasangan antara rerata nilai NDVI dengan faktor NDWI dan LST

Dari semua relasi yang dibuat, terlihat bahwa suhu udara dan perubahannya mendominasi secara statistik terhadap faktor biofisik lainnya. Hal tersebut dibuktikan dengan nilai R2 yang paling tinggi. Kondisi ini terlihat sejalan dengan apa yang disampaikan oleh Huang et al., (2016). Dimana produksi padi berkaitan erat dengan radiasi matahari. Seperti diketahui bahwa suhu udara dan suhu permukaan bumi dipengaruhi oleh tinggi-rendahnya radiasi matahari yang diterima oleh objek-objek di permukaan bumi. Pada lahan sawah di dataran rendah kurang dari 700 meter di atas permukaan laut, menerima radiasi matahari lebih banyak dibandingkan dengan lahan sawah di dataran tinggi. Hal tersebut yang membuat, produksi padi dari lahan sawah di dataran rendah lebih tinggi dari pada di dataran tinggi.

Tabel 2 Nilai R2 antar faktor tumbuh padi

R ²	NDWI-1	NDWI-2	LST
NDVI	0.25	0.46	0.85
NDWI-1	-	-0.48	0.5
NDWI-2	-	-	-0.25

IV. Kesimpulan dan Saran

Studi yang dilakukan untuk melihat relasi antar faktor biofisik di lahan sawah memberikan sejumlah kesimpulan bahwa:

- 1) Tumbuhnya tanaman padi sangat tergantung pada faktor klimatik seperti suhu udara permukaan (LST). Faktor suhu udara berpengaruh terhadap perubahan kandungan air dalam daun dan tanah. Jumlah air dalam daun dipengaruhi 48% oleh kemampuan tanah menyimpan air.
- 2) Terkait dengan upaya budidaya tanaman padi, petani harus lebih mempertimbangkan kondisi faktor klimatik terlebih dahulu yang kemudian diikuti oleh faktor biofisik lainnya seperti air dan tanah.
- 3) Penggunaan data citra satelit Landsat 8 terlihat optimal untuk menjelaskan relasi antar faktor biofisik lahan sawah pada area seluas 189.240 m².

V. Daftar Referensi

BPS, & BPPT. (2018). *Ringkasan Eksekutif: Luas panen dan produksi beras di Indonesia 2018*. Jakarta: Badan Pusat Statistik.

De Datta, S. K. (1981). Modern Rice Technology, Constraints, and World Food Supply. In *Principles and practices of rice production* (pp. 546–589). Singapore: John Willey & Sons.

Gao, B. C. (1996). NDWI-A Normalized Difference Water Index for Remote Sensing of Vegetation Liquid Water from Space. *Remote Sensing Environment*, 58, 257–266.

Hargrove, T. R., & Cabanilla., V. L. (1979). The impact of semidwarf varieties on Asian rice breeding programs. *BioScience*, 29, 731–735.

Huang, M., Shan, S., Cao, F., & Zou, Y. (2016). The solar radiation-related determinants of rice yield variation across a wide range of regions. *NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences*, 78, 123–128. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.njas.2016.05.004>

- Huzulak, J., & Matejka, F. (1983). Relationship between soil moisture and leaf water potential of three forest tree species. *Biologia Plantarum*, 25(6), 462–467.
- Ly, P., Jensen, L. S., Bruun, T. B., & De Neergaard, A. (2016). Factors explaining variability in rice yields in a rain-fed lowland rice ecosystem in Southern Cambodia. *NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences*, 78, 129–137. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.njas.2016.05.003>
- McFeeters, S. K. (1996). The Use of The Normalized Difference Water Index (NDWI) in The Delineation of Water Feature. *International Journal of Remote Sensing*, 17(7), 425–432.
- McFeeters, S. K. (2013). Using the normalized difference water index (ndwi) within a geographic information system to detect swimming pools for mosquito abatement: A practical approach. *Remote Sensing*, 5(7), 3544–3561. <https://doi.org/10.3390/rs5073544>
- Millari, A. A., Duysen, M. E., & Norum, E. B. (1970). Relationships between the leaf water status of barley and soil water. *Canadian Journal of Plant Science*, 50(4), 363–371.
- Mutiibwa, D., Strachan, S., & Albright, T. (2015). Land Surface Temperature and Surface Air Temperature in Complex Terrain. *Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 8(August 2016), 4762–4774. <https://doi.org/10.1109/JSTARS.2015.2468594>
- Natali, S., Xiloyannis, C., & Pezarossa, B. (1985). Relationship between soil water content, leaf water potential, and fruit growth during different fruit growing phases of peach trees. *Acta Horticulture*, 171, 167–180.
- Pablos, M., Martínez-fernández, J., Piles, M., & Sánchez, N. (2016). Multi-temporal evaluation of soil moisture and land surface temperature dynamics using in situ and satellite observations. *Remote Sensing*, 587(8), 20. <https://doi.org/10.3390/rs8070587>
- Rouse, J. W., Haas, R. H., Scheel, J. A., & Deering, D. W. (1974). Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. In *3rd Earth Resource Technology Satellite Symposium* (Vol. 1, pp. 309–317). <https://doi.org/19740022614>
- U. S. Geological Survey. (2016). Conversion of DN's to physical units. In K. Zanter (Ed.), *Landsat 8 (L8) data users handbook* (2nd ed., pp. 60–61). Sioux Falls, South Dakota: Department of the Interior U.S. Geological Survey. <https://doi.org/LSDS-1574>
- Yoshida, S. (1981). Mineral nutrition of rice. In *Fundamentals of rice crop science* (pp. 135–146). Los Banos: The International Rice Research Institute.
- Yoshida, S., Forno, D. A., Cock, J. H., & Gomez, K. A. (1976). *Laboratory Manual for Physiological Studies of Rice* (Third). Los Banos: The International Rice Research Institute.
- Zheng, H., Cheng, T., Yao, X., Deng, X., Tian, Y., & Cao, W. (2016). Detection of rice phenology through time series analysis of ground-based spectral index data Field Crops Research Detection of rice phenology through time series analysis of ground-based spectral index data. *Field Crops Research*, 198(2018), 131–139. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2016.08.027>