

Pendugaan Bahan Organik Tanah pada Lahan Pertanian di Kabupaten Pamekasan Menggunakan Metode Random Forest

Estimated of Soil Organic Matter in Agricultural Land in Pamekasan Using Random Forest Method

Yosi Andhika¹, Kurniawan Sigit Wicaksono¹, Sativandi Riza¹, Syamsul Arifin¹, Syamsu Ridzal Indra Hadi¹

¹Departemen Tanah, Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya, Universitas Brawijaya, Malang 65145, Indonesia

Abstrak

Bahan Organik Tanah (BOT) merupakan bagian penting dalam tanah untuk menunjang laju pertumbuhan baik secara vegetatif atau generatif. Peranan bahan organik dalam pertumbuhan tanaman adalah menyuplai hara dalam tanah. Bahan organik dinyatakan dalam karbon (C) organik. Kandungan C-organik tanah dapat diestimasi dengan Sistem Informasi Geografis (SIG) atau Penginderaan Jauh metode Random Forest. Dengan memanfaatkan transformasi indeks citra satelit Landsat 8 OLI. Tujuan penelitian menduga hubungan antara *random forest* dengan transformasi indeks vegetasi untuk menduga BOT dan menganalisis kebutuhan bahan organik setiap lahan pertanian. Penelitian dilakukan di Kabupaten Pamekasan Provinsi Jawa Timur. Analisis laboratorium dilakukan di Laboratorium Kimia dan PSISDL, Departemen Tanah FPUB. Kandungan C-organik diperoleh dari 40 sampel dipermukaan tanah. Transformasi indeks yang digunakan SAVI, NDWI, VARI, EVI, NDVI, dan GNDVI. Analisis data spasial menggunakan perangkat lunak ArcGIS Pro untuk analisis *random forest*. Hasil penelitian ini menunjukkan transformasi indeks dari data citra satelit menghasilkan sebaran C-organik 0,33-1,04 %. Hasil analisis uji t berpasangan menunjukkan model tidak berbeda nyata. Berdasarkan hasil validasi diperoleh ME 0,59 nilai RMSE 0,0742 Sehingga pendekatan melalui SIG menggunakan Landsat 8 dapat digunakan untuk menduga kandungan BOT.

Kata Kunci : bahan organik, lahan pertanian, citra satelit, landsat 8, random forest

Abstract

Soil Organic Matter (BOT) is an essential part of the soil to support the vegetative and generative growth rate. The role of organic matter in plant growth is to supply nutrients in the ground. Organic matter is expressed in organic carbon (C). Soil organic C content can be estimated using the Geographic Information System (GIS) or Remote Sensing Random Forest method using the Landsat 8 OLI image index transformation. The study aimed to assess the relationship between random forests and the change of the vegetation index to estimate BOT and analyse the organic matter requirements for each agricultural land. The research was conducted in Pamekasan Regency, East Java Province. Laboratory analysis was conducted at the Chemical Laboratory and PSISDL, Department of Soil FPUB. C-organic content was obtained from 40 samples on the soil surface. The index transformations used are SAVI, NDWI, VARI, EVI, NDVI, and GNDVI. Spatial data analysis using ArcGIS Pro software for random forest analysis. The results of this study indicate that the index transformation of the satellite imagery data produces a C-organic distribution of 0.33-1.04%. Result paired t-test analysis results showed that the models were not significantly different. Based on the validation results, they obtained ME 0.59 RMSE value 0.0742. So that the approach through GIS using Landsat 8 can be used to estimate BOT content.

Keywords : organic matter, agricultural land, satellite image, landsat 8, random forests

1. Pendahuluan

Kandungan bahan organik tanah (BOT) merupakan sumber dari nutrisi dalam tanah. Karena mengandung asam humat yang dapat merangsang pertumbuhan tanaman dan memiliki kemampuan untuk menyerap kation dengan bersifat koloid, sehingga mampu menjaga kesuburan tanah dan sebagai penyangga tanah (Jin et al. 2016). Selain itu, BOT juga mampu memperbaiki sifat fisik dan kimia tanah dengan membentuk struktur yang lepas (Six and Paustian 2014) sehingga BOT menjadi

indikator penting dalam kesuburan tanah. Penambahan BOT pada tanah hasil dari biomassa mampu meningkatkan kandungan bahan organik tanah sehingga berdampak pada berat jenis dan peningkatan porositas tanah (Dwi Saputra, Rakhim Putrantyo, and Kusuma 2018).

Pengambilan sampel BOT diperoleh melalui pengambilan sampel tanah lapangan dan analisis laboratorium. Metode tersebut sangat akurat, tetapi tidak dapat digunakan untuk pemantauan secara cepat karena membutuhkan waktu lama dan biaya yang mahal. Sistem Informasi Geografis (SIG) dengan menggunakan pengukuran data spectral menyediakan metode baru yang efektif dan cepat untuk melihat kandungan BOT. Hubungan antara kondisi tanah dan pantulan dari spectral tanah pertama kali dipelajari pada tahun 1960-an (Bowers and Hanks 1965) dan dapat digunakan sebagai acuan pendugaan parameter sifat tanah.

Perkembangan SIG saat ini sudah semakin pesat yang mendukung pemetaan tanah digital dan pemodelan tanah (pedometrik). Pada awalnya menggunakan data desktop pribadi, server klien beralih ke geodata berbasis *cloud*. Perkembangan sekarang lebih mengarah untuk menilai kesehatan tanah, keamanan tanah, ekosistem tanah, serta erosi tanah (Grunwald and Böhner 2022).

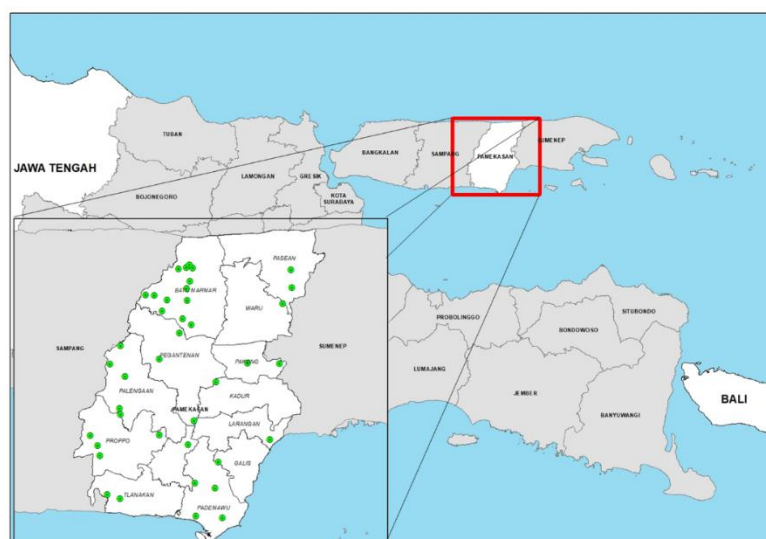
Pendugaan BOT dengan menggunakan SIG pada lahan pertanian yang memiliki berbagai macam umur tanaman memiliki tingkat RMSE mencapai 0,909 %. Metode random forest menetapkan banyak parameter yang tidak terkait menjadi hasil prediksi secara paralel. Sehingga random forest merupakan model regresi yang terdiri dari beberapa parameter yang menghasilkan turunan, dan sangat cocok untuk membangun hubungan nonlinier antara sifat kimia dan citra satelit (Luo et al. 2023).

Sehingga pembuatan model random forest dengan menggunakan beberapa indeks vegetasi diperlukan untuk mengetahui kandungan C-organik. Kemudian dari hasil dari lapangan yang mengalami dapat kekurangan C-organik disini bisa direkomendasi pemberian pupuk organik. Serta memberikan informasi kepada pemerintah untuk lebih fokus dalam distribusi persebaran pupuk secara merata.

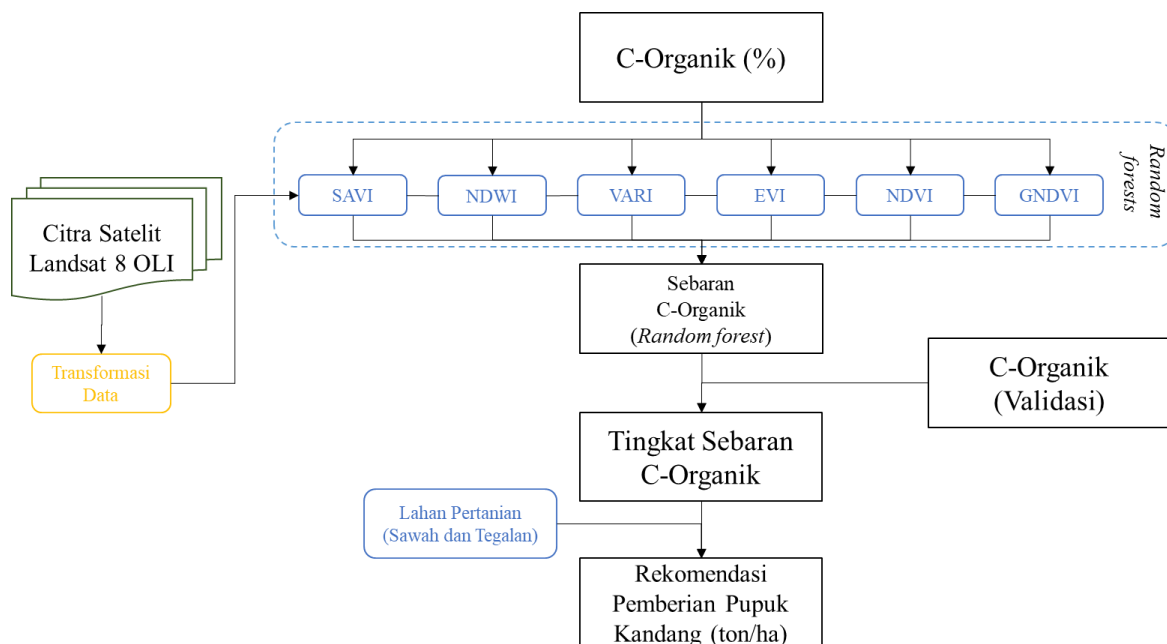
2. Bahan dan Metode

2.1. Wilayah penelitian

Penelitian dilaksanakan di Kabupaten Pamekasan Jawa Timur (Gambar 1). Secara geografis berada pada 6°53'14.6"- 7°15'14.1"LS dan 113°21'23.9"- 113°38'59.8"BT. Sebagian besar wilayah didominasi oleh bahan induk kapur dan endapan alluvial. Kegiatan Analisis tanah dan data spasial dilaksanakan di laboratorium Kimia, dan PSISDL Departemen Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang. Alur kerja penelitian disajikan pada Gambar 2.



Gambar 1. Lokasi penelitian Kabupaten Pamekasan



Gambar 2. Alur kerja penelitian penentuan C-organik

2.2. Sampel tanah dan parameter penelitian

Tahapan penelitian ini meliputi: 1) persiapan awal, 2) pengumpulan data sekunder, 3) penentuan lokasi, dan 4) pengamatan kondisi lahan dan pengambilan contoh tanah.

Tahapan persiapan meliputi persiapan peta kerja. Penyusunan peta kerja memerlukan peta administrasi tingkat Kecamatan, peta penggunaan lahan Rupa Bumi Indonesia (RBI) berskala 1:25.000, peta bentuk lahan berskala 1:50.000, citra Landsat 8 *Path* 118 *Row* 065 tanggal 22 Agustus 2022 rincian masing-masing band berada pada Tabel 1. Alat yang digunakan untuk penelitian ini diantaranya adalah komputer (*software*; ArcGIS Pro 3.1.1, Microsoft office 2021), GPS, dan bor tanah.

Tabel 1. Rincian band pada Landsat 8 OLI (Emery and Camps 2017)

No	Nama Band	Panjang Gelombang (μm)	Resolusi (m)
1	<i>Coastal</i>	0.433 - 0.453	30
2	<i>Blue</i>	0.450 - 0.515	30
3	<i>Green</i>	0.525 - 0.600	30
4	<i>Red</i>	0.630 - 0.680	30
5	<i>Near-Infrared</i>	0.845 - 0.885	30
6	<i>SWIR 1</i>	1.56 - 1.66	30
7	<i>SWIR 2</i>	2.10 - 2.30	30
8	<i>Panchromatic (PAN)</i>	0.50 - 0.68	15
9	<i>Cirrus</i>	1.36 - 1.39	30
10	<i>TIRS 1</i>	10.3 - 11.3	100
11	<i>TIRS 2</i>	11.5 - 12.5	100

Pengumpulan data sekunder, meliputi studi pustaka dari data sekunder, pengumpulan data dari penelitian sebelumnya, kondisi umum wilayah setempat daerah lahan pertanian. Penentuan lokasi penelitian dilakukan dengan melihat keragaman bentuk lahan yang ada di lapangan. Dengan hal ini

diharapkan setiap bentuk lahan ada titik perwakilan sehingga data tersebut tersebar merata. Serta melihat kondisi aksesibilitas yang dapat dijangkau oleh kendaraan.

Pengamatan kondisi lahan meliputi tipe penggunaan lahan, tingkat kemiringan lereng, jenis tutupan lahan, tingkat bahaya banjir, serta drainase lahan. Sedangkan, untuk pengambilan sampel tanah komposit permukaan diambil pada kedalaman 0-20 cm. Analisis C-organik dilaksanakan dengan menggunakan metode Walkley-Black.

2.3. Analisis data

Analisis data spasial langkah awal yaitu menghilangkan data awan yang ada di citra satelit. Kemudian dilanjutkan dengan mengubah beberapa band menjadi beberapa indeks atau transformasi indeks yang disajikan pada Tabel 2. Dilanjutkan dengan penggabungan data C-organik tanah dengan transformasi indeks tersebut metodenya adalah *random forests*. Langkah berikutnya adalah melakukan uji validitas dengan membandingkan data C-organik lapangan dengan hasil dari *random forests*.

Tabel 2. Transformasi indeks data citra satelit Landsat 8 OLI

Parameter spektral	Rumus	Sumber Referensi
Soil-Adjusted Vegetation Index (SAVI)	$\frac{(NIR - Red)}{(NIR + Red + L)} \times (1 + L)$	(Huete 1988)
Normalised Difference Water Index (NDWI)	$\frac{(Green - NIR)}{(Green + NIR)}$	(McFeeters 1996)
Visible Atmospherically Resistant Index (VARI)	$\frac{(Green - Red)}{(Green + Red - Blue)}$	(Gitelson et al. 2002)
Enhanced Vegetation Index (EVI)	$\frac{2.5 \times (NIR - Red)}{(NIR + 6 \times Red - 7.5 \times Blue + 1)}$	(Justice et al. 1998)
Normalised Difference Vegetation Index (NDVI)	$\frac{(NIR - Red)}{(NIR + Red)}$	(Tucker 1979)
Green Normalised Difference Vegetation Index (GNDVI)	$\frac{(NIR - Green)}{(NIR + Green)}$	(Gitelson et al. 2002)

Rangkaian kegiatan analisis data diantaranya; uji normalitas, uji-t dan validasi dengan menggunakan ME dan RMSE (Loague and Green 1991) dengan menggunakan perangkat lunak adalah *Microsoft Office 2021*.

$$ME = \text{Max} |P_i - O_i|_{i=1}^n \quad (1)$$

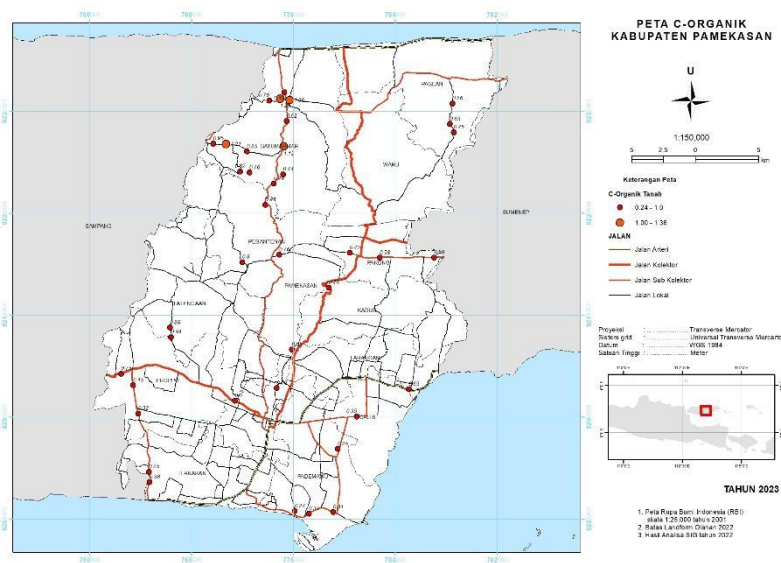
$$RMSE = \left[\sum_{i=0}^n \frac{(P_i - O_i)^2}{n} \right]^{0.5} \times \frac{100}{O} \quad (2)$$

Keterangan: ME= *Maximum Error* (kriteria nilai ≥ 0), RMSE= *Root Mean Square Error* (kriteria nilai ≥ 0),

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Data C-organik di lapangan

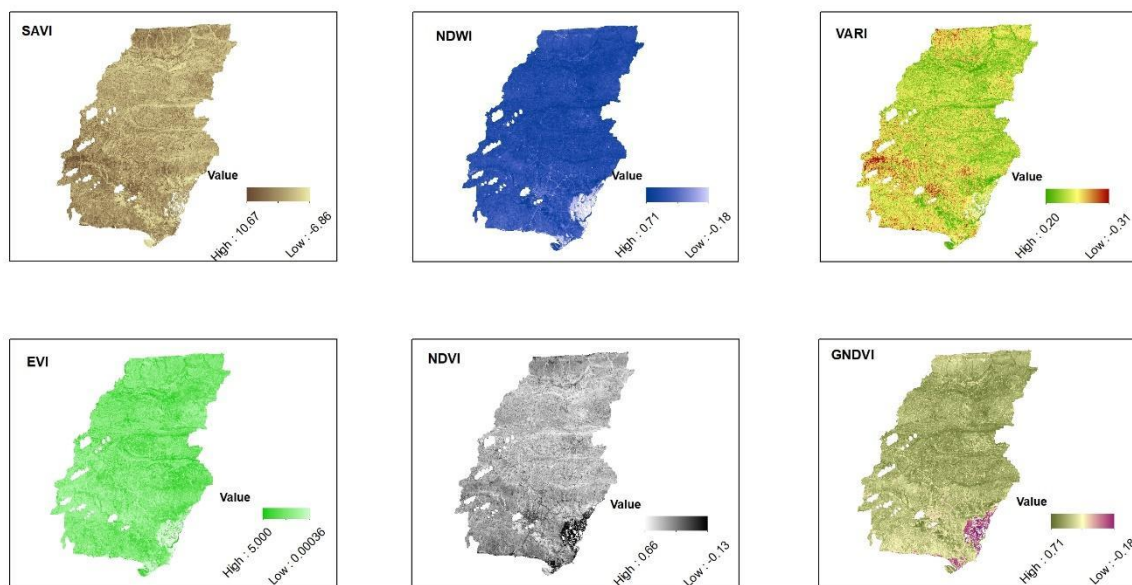
Secara umum data hasil dari lapangan memiliki kisaran C-organik berkisar antara 0,24-1,36 %. Nilai tersebut didapat dari seluruh parameter yang dihitung berdasarkan metode Walkley and Black 1934. Berdasarkan hasil lapangan nilai terendah adalah 0,24 % dan tertinggi adalah 1,36 % untuk nilai rata-rata adalah 0.63 % sehingga termasuk ke dalam kelas sangat rendah (Penelitian Tanah and others 2005). Sebaran setiap titik dengan nilai disajikan pada Gambar 2.



Gambar 3. Peta sebaran titik pengamatan

3.2. Transformasi data indeks citra satelit

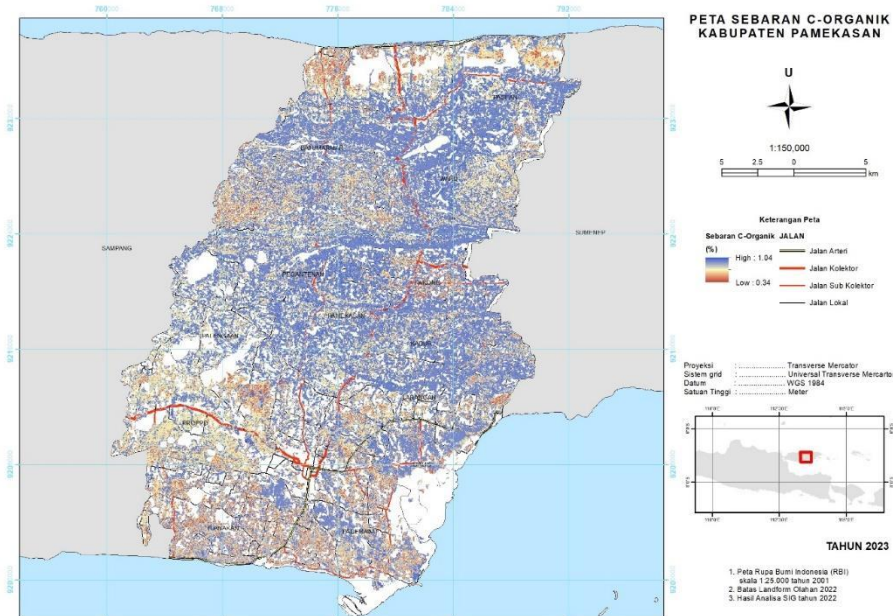
Hasil transformasi indeks vegetasi dari data citra Landsat 8 OLI di antara SAVI, NDWI, VARI, EVI, NDVI, dan GNDVI kisaran nilai sudah sesuai angkanya (Golok Jaya et al. 2021). Hasil dari SAVI disini nilai mencapai indeks -6,86 hingga 10,67. Nilai NDWI dengan indeks antara -0,16 hingga 0,71. Untuk nilai VARI terendah adalah -0,31 dan tertinggi adalah 0,20. Berdasarkan nilai EVI memiliki sebaran terendah 0,00036 dan tertinggi adalah 5,00. Nilai dari indeks dari NDVI tertinggi mencapai -0,13 dan tertinggi adalah 0,66 (Amiri and Pourghasemi 2021; Yan et al. 2023). Serta untuk GNDVI memiliki nilai indeks terendah adalah -0,18 dan tertinggi adalah 0,71. Data sebaran indeks vegetasi disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Hasil Transformasi Indeks Vegetasi dari Citra Landsat 8 OLI

3.3. Sebaran C-Organik

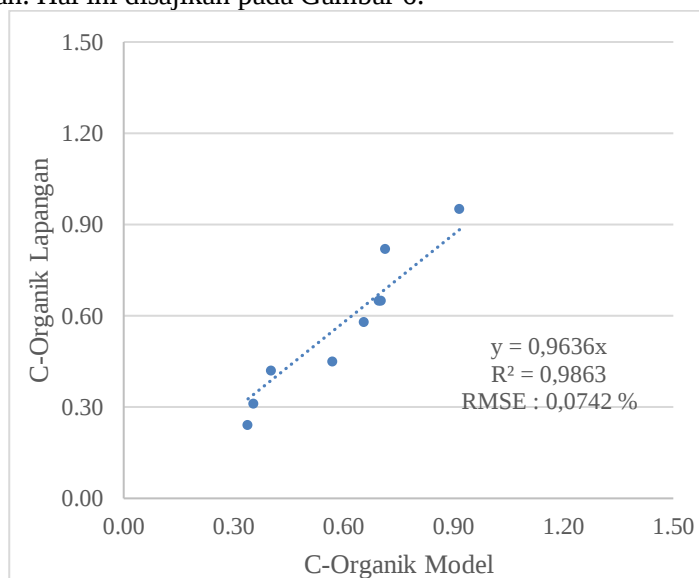
Sebaran C-organik yang dihasilkan dari model random forest disini nilai angkanya tidak jauh berbeda dengan data lapangan. Kisaran nilai C-organik terendah mencapai 0.34 % sedangkan nilai tertinggi adalah 1,04 %. Luasan C-organik sangat rendah mencapai 24.755,76 ha dan rendah 33.106,77 ha. Nilai mean COT dari data spasial adalah 0,79 % dan standar deviasi adalah 0,14 Sebaran C-organik disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Peta sebaran C-Organik Kab Pamekasan

3.4. Pembahasan

Pembangunan model dengan random forest dengan menggunakan indeks vegetasi diantaranya SAVI, NDWI, VARI, EVI, NDVI, dan GNDVI yang dihubungkan dengan data C-organik lapangan memperoleh hasil yang sangat bagus hal ini dibuktikan dengan nilai RMSE 0,0742 % (Gyamerah, Ngare, and Ikpe 2020). Sedangkan dari uji t disini diperoleh hasil dengan nilai t hitung adalah 0.316 sehingga tidak berbeda nyata. Model yang dihasilkan dari model random forest sesuai dengan kondisi yang ada di lapangan. Hal ini disajikan pada Gambar 6.



Gambar 6. Hubungan antara C-organik lapangan dengan C-organik model Garis kontinyu menggambarkan kurva regresi

4. Kesimpulan

Pendugaan bahan organik tanah pada lahan pertanian menggunakan random forest dengan transformasi indeks vegetasi dapat digunakan untuk menduga BOT yang dibuktikan dengan validasi menggunakan uji t-berpasangan yang hasilnya tidak berbeda nyata. Nilai C-organik pada lahan pertanian di pamekasan berkisar antara 0,24-1,36 %.

Ucapan terima kasih

Studi ini didukung oleh Bappeda Kabupaten Pamekasan serta Departemen Tanah FPUB. Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dekan Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya dan jajarannya atas kesempatan untuk mengikuti Seminar Nasional PLP Pertama kalinya. Kemudian, juga berterima kasih kepada Tim Surveyor lapangan serta kepada pengulas anonim dan editor atas komentar yang berharga dan instruktif yang benar-benar memperkuat naskah.

Daftar Pustaka

- Amiri, Mahdis, and Hamid Reza Pourghasemi. 2021. "Mapping the NDVI and Monitoring of Its Changes Using Google Earth Engine and Sentinel-2 Images." *Computers in Earth and Environmental Sciences: Artificial Intelligence and Advanced Technologies in Hazards and Risk Management*: 127–36.
- Bowers, S A, and R J Hanks. 1965. "Reflection of Radiant Energy from Soils." *Soil Science* 100(2). https://journals.lww.com/soilsci/Fulltext/1965/08000/REFLECTION_OF_RADIANT_ENERGY_FROM_SOILS.9.aspx.
- Dwi Saputra, Danny, Amir Rakhim Putrantyo, and Zaenal Kusuma. 2018. "5 Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan *Relationship Between Soil Organic Matter Content and Bulk Density, Porosity, and Infiltration Rate on Salak Plantation of Purwosari District, Pasuruan Regency.*" <http://jtsl.uib.ac.id>
- Emery, William, and Adriano Camps. 2017. "Land Applications." *Introduction to Satellite Remote Sensing*: 701–66.
- Gitelson, Anatoly A., Yoram J. Kaufman, Robert Stark, and Don Rundquist. 2002. "Novel Algorithms for Remote Estimation of Vegetation Fraction." *Remote Sensing of Environment* 80(1): 76–87.
- Golok Jaya, Laode M, Noor Husna Khairisa, Geografi Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumihan Universitas Halu Oleo, dan Jurusan Geografi Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumihan Universitas Halu Oleo. 2021. "Perbandingan Metode Indeks Vegetasi NDVI, SAVI Dan EVI Terkoreksi Atmosfer ICOR." *JAGAT (Jurnal Geografi Aplikasi Dan Teknologi)* 5(1): 53–62.
- Grunwald, S, and J Böhner. 2022. "Geographical Information Systems (GIS) and Soils." In *Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences*, Elsevier. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128229743000598>
- Gyamerah, Samuel Asante, Philip Ngare, and Dennis Ikpe. 2020. "Probabilistic Forecasting of Crop Yields via Quantile Random Forest and Epanechnikov Kernel Function." *Agricultural and Forest Meteorology* 280.
- Huete, A.R. 1988. "A Soil-Adjusted Vegetation Index (SAVI)." *Remote Sensing of Environment* 25(3): 295–309.
- Jin, Xiuliang et al. 2016. "Remote Estimation of Soil Organic Matter Content in the Sanjiang Plain, Northeast China: The Optimal Band Algorithm versus the GRA-ANN Model." *Agricultural and Forest Meteorology* 218–219: 250–60.
- Justice, Christopher O et al. 1998. 36 IEEE TRANSACTIONS ON GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING *The Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS): Land Remote Sensing for Global Change Research.* <http://eospsa.gsfc>
- Loague, Keith, and Richard E. Green. 1991. "Statistical and Graphical Methods for Evaluating Solute Transport Models: Overview and Application." *Journal of Contaminant Hydrology* 7(1–2): 51–73.
- Luo, Chong, Wenqi Zhang, Xinle Zhang, and Huanjun Liu. 2023. "Mapping of Soil Organic Matter in a Typical Black Soil Area Using Landsat-8 Synthetic Images at Different Time Periods." *CATENA* 231: 107336. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0341816223004277>
- McFeeters, S. K. 1996. "The Use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the Delineation of Open Water Features." *International Journal of Remote Sensing* 17(7): 1425–32.
- Penelitian Tanah, Balai, and others. 2005. "Petunjuk Teknis Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air, Dan Pupuk."

Yosi Andhika: Pendugaan Bahan Organik Tanah pada Lahan Pertanian di Kabupaten Pamekasan Menggunakan Metode Random Forest

- Six, Johan, and Keith Paustian. 2014. "Aggregate-Associated Soil Organic Matter as an Ecosystem Property and a Measurement Tool." *Soil Biology and Biochemistry* 68: A4.
- Tucker, Compton J. 1979. "Red and Photographic Infrared Linear Combinations for Monitoring Vegetation." *Remote Sensing of Environment* 8(2): 127–50.
- Yan, Zixuan et al. 2023. "Spatial and Temporal Variation of NDVI and Its Driving Factors Based on Geographical Detector: A Case Study of Guanzhong Plain Urban Agglomeration." *Remote Sensing Applications: Society and Environment* 32.