**PENDUGAAN KELEMBABAN TANAH DENGAN
MENGGUNAKAN METODE *SOIL MOISTURE INDEX* (SMI)
DI KEBUN KOPI BANGELAN, KABUPATEN MALANG,
JAWA TIMUR**
**Soil Moisture Assessment Using Soil Moisture Index (SMI) Method at the
Bangelan Coffee Plantation, Malang Regency, East Java**

Almira Harwidya Irenasari*, Soemarno

Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Jl. Veteran No 1 Malang 65145.

*Penulis korespondensi: almiraharwidya@gmail.com

Abstract

Water is one of the limiting factors in the growth of coffee. If plants experience a lack of water, it can inhibit plant growth and, at a critical level, lead to drought stress and plant damage. The available soil water to plants can be estimated from the level of soil moisture index. The monitoring of soil moisture status can improve the management of coffee plantations. Soil Moisture Index (SMI) is a method that can be used to estimate the level of soil moisture using remote sensing technology using *Normalised Difference Vegetation Index* (NDVI) and *Land Surface Temperature* (LST) values. The purpose of this study was to analyse the status and distribution of soil moisture at the coffee plantation; analyse the relationship between vegetation index and soil moisture; and analyse the relationship between soil moisture status using the SMI method and soil moisture measured in coffee plantations. Results showed that the soil moisture index obtained from Landsat 8 OLI/TIRS image processing had an average value of 0.60. The average soil moisture index at the study site was 1.05. Soil moisture index from the Landsat 8 OLI/TIRS image has a significant positive effect on soil moisture at the study site ($y = 7.4996x - 3.4789$; $R^2 = 0.7146^{**}$). It is suggested that the SMI method can be used to estimate soil moisture in the coffee plantation.

Keywords : *coffee, remote sensing, soil, soil moisture, soil moisture index*

Pendahuluan

Kopi merupakan salah satu hasil komoditas perkebunan yang memiliki nilai ekonomis cukup tinggi diantara tanaman perkebunan lainnya. Kopi berperan penting dalam kegiatan perekonomian di Indonesia. Kopi menjadi sumber penghasilan bagi $\pm 1,5$ juta jiwa petani kopi di Indonesia. Tingkat produksi kopi pada tahun 2018 sebesar 756.051 ton dan pada tahun 2019 menurun menjadi 741.657 ton (Badan Pusat Statistik, 2019).

Produktivitas tanaman kopi dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti tanaman penangung dan intensitas cahaya matahari. Tanaman kopi yang mendapatkan intensitas cahaya matahari terlalu rendah atau memiliki naungan terlalu

rapat akan menghambat pembentukan bunga, sedangkan apabila terlalu tinggi atau tanpa naungan akan menyebabkan kelebatan bunga dan buah (Rahardjo, 2012). Tanaman penangung dan intensitas cahaya matahari memiliki peranan dalam mempengaruhi iklim mikro. Budidaya tanaman kopi dengan mengatur tingkat naungan yang optimal dapat meningkatkan produksi tanaman kopi melalui berbagai mekanisme seperti menjaga kondisi iklim mikro (Nesper *et al.*, 2017). Komponen penting dari iklim mikro di kebun kopi adalah kelembaban udara, suhu udara, dan kelembaban tanah (Noorhadi dan Sudadi, 2003). Ketersediaan air tanah di kebun kopi seringkali menjadi faktor pembatas yang mempengaruhi pertumbuhan dan produksi

tanaman kopi. Air tersedia bagi tanaman kopi dapat dievaluasi dari tingkat kelembaban tanah atau kandungan air tanah. Kelembaban tanah merupakan jumlah air yang terdapat di dalam pori tanah (Karyati *et al.*, 2018). Kelembaban tanah di kebun kopi menentukan jumlah air yang tersedia bagi tanaman kopi, mengindikasikan neraca air di kebun kopi, dan selanjutnya menentukan produktivitas kebun kopi (Ochbelagh *et al.*, 2009; Zang dan Zhou, 2016; Wolka *et al.*, 2018; Yue *et al.*, 2019; Zhang *et al.*, 2019).

Karena permintaan kopi semakin tahun semakin meningkat maka perlu dilakukan upaya untuk meningkatkan produktivitas kebun kopi, salah satunya dengan cara mengelola kelembaban tanah sesuai dengan kebutuhan air selama siklus hidupnya tanaman kopi. Kelembaban tanah diukur secara langsung di lapangan atau tidak langsung dengan menentukan indeks kelembaban tanah. Pengukuran kadar air tanah secara langsung membutuhkan banyak tenaga kerja, waktu yang cukup lama, dan biaya yang mahal. Perlu adanya pemanfaatan teknologi untuk menduga kelembaban tanah di kebun kopi secara cepat dengan teknik-teknik penginderaan jauh. (Purwadhi *et al.*, 2015).

Salah satu metode untuk menduga kelembaban tanah yang memanfaatkan Teknik penginderaan jauh adalah Metode *Soil Moisture Index* (SMI). *Soil Moisture Index* atau Indeks Kelembaban Tanah dapat digunakan untuk mengetahui indeks kelembaban tanah di lahan-lahan pertanian berdasarkan pada kadar air tanah aktual, seperti kapasitas lapang dan titik layu permanen (Sridhar *et al.*, 2008; Hunt *et al.*, 2009; Carrão *et al.*, 2016). Penentuan nilai SMI dibutuhkan data tentang indeks kerapatan vegetasi dengan menggunakan metode *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) dan *Land Surface Temperature* (LST) atau suhu permukaan tanah dengan menggunakan Metode Citra Satelit.

Studi ini dilakukan dengan tujuan mengkaji Metode SMI untuk menduga status kelembaban tanah di kebun kopi.

Bahan dan Metode

Metode yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian ini adalah metode survei dan

penginderaan jauh dengan menggunakan metode SMI. Nilai-nilai SMI diturunkan dari nilai NDVI dan LST yang berasal dari pengolahan citra landsat 8 OLI/TIRS dengan menggunakan *software* ArcMap 10.3. Metode survei dilakukan untuk melakukan validasi hasil-hasil analisis dari pengolahan citra landsat 8 OLI/TIRS. Data kelembaban tanah di lapangan diperoleh dengan cara pengambilan sampel tanah utuh pada kedalaman 0–20 cm, 20–40 cm, dan 40–60 cm, selanjutnya dilakukan analisis pF 0, pF 2,5, dan pF 4,2. Data tersebut selanjutnya digunakan untuk analisis SMI dan untuk mengetahui nilai kelembaban tanah di lapangan.

Tempat dan waktu penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Kebun Kopi Bangelan milik PTPN XII. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan November 2019-Januari 2020. Kegiatan penelitian ini dibagi menjadi tiga tahap yaitu tahap pra survei, survei, dan pasca survei.

Tahap pra survei

Tahap pra-survei dilakukan untuk mengetahui kondisi wilayah penelitian. Pra-pengolahan citra yaitu koreksi radiometrik berupa konversi *Top of Atmosphere Radiance* dan konversi *Top of Atmosphere Brightness Temperature*. Pemotongan citra dilakukan sesuai dengan lokasi penelitian, selanjutnya dilakukan pengolahan citra berupa analisis NDVI, dan SMI. Pembuatan peta dasar berupa peta blok-blok kebun kopi, peta kelerengan, dan satuan peta lahan (SPL). Peta SPL berasal dari gabungan peta kelerengan dan peta blok kebun kopi. Penentuan titik pengamatan berdasarkan kondisi fisiografisnya (Gambar 1),.

Pengolahan citra

Pengolahan citra yang dilakukan berupa Analisis NDVI, LST, dan SMI. Analisis NDVI digunakan untuk menganalisa tingkat kehijauan vegetasi. Indeks kerapatan vegetasi dengan menggunakan metode NDVI berasal dari reflektansi daerah merah (Band 4) dan *near-infrared* (Band 5). Persamaan perhitungan indeks NDVI menurut Rouse *et al.* (1973) adalah:

$$NDVI = (NIR - R) / (NIR + R)$$

dimana : NIR = nilai reflektan *near-infrared* (Band 5), R = nilai reflektan merah (Band 4) Dilakukan analisis LST untuk memberikan informasi mengenai keadaan permukaan tanah yang berasal dari band TIRS (Band 10 dan 11). Tahapan dalam menentukan nilai LST adalah:

- Menentukan nilai *Vegetation Fraction* (PV):

$$PV = [(NDVI - NDVI_{min}) / (NDVI_{maks} - NDVI_{min})]^2$$
- Menentukan nilai Emisivitas (ϵ): $\epsilon = 0,004pv + 0,986$
- Menentukan nilai C_2 menurut Weng *et al.* (2004): $C_2 = h \cdot c / s$

dimana: h = konstanta Planck ($6,626 \cdot 10^{-34}$ J s), c = kecepatan cahaya ($2,998 \cdot 10^8$ m s⁻¹, s = konstanta Boltzmann ($1,38 \cdot 10^{-23}$ J K⁻¹)

- Menentukan nilai LST menurut Weng *et al.* (2004): $LST = (T_b) / [1 + (\lambda \cdot (T_b / C_2) \cdot \ln \epsilon)]$

dimana: LST = nilai suhu permukaan tanah, T_b = nilai ToA *Brightness Temperature*, λ = panjang gelombang dari sinar yang dipancarkan, C_2 = hasil perhitungan konstanta Planck, konstanta Boltzmann, dan kecepatan cahaya.

Gambar 1. Peta Satuan Peta Lahan (SPL) kebun kopi PTPN XII Kebun Banglean.

Analisis SMI dilakukan untuk mengetahui indeks kelembaban di lahan pertanian yang didasarkan pada kadar air tanah aktual yaitu kapasitas lapang dan titik layu (Sridhar *et al.*, 2008; Hunt *et al.*, 2009; Carrão *et al.*, 2016). Nilai SMI dapat diperoleh dengan menggunakan perhitungan sebagai berikut (Zeng *et al.*, 2004; Parida *et al.*, 2008; Wang *et al.*, 2009; Potic *et al.*, 2017):

$$SMI = (LST_{maks} - LST) / (LST_{maks} - LST_{min})$$

dimana: LST_{maks} = suhu permukaan maksimum yang didapatkan dari ($a_1 \cdot NDVI + b_1$), LST_{min} = suhu permukaan minimum yang didapatkan dari ($a_2 \cdot NDVI + b_2$)

Setelah didapatkan nilai SMI, dilakukan pembuatan peta pendugaan kelembaban tanah.

Tahap survei

Selama tahap survei dilakukan pengambilan sampel tanah di kebun kopi. Metode yang digunakan dalam pengambilan sampel tanah adalah metode *purposive sampling*. Menurut Rayes (2007) *purposive sampling* atau *active field survey* merupakan metode pengambilan sampel yang dilakukan berdasarkan hipotesis yang dibuat berdasarkan fakta di lapangan. Pengambilan sampel tanah ini mengacu pada peta kerja SPL serta titik pengambilan sampel tanah yang telah ditentukan sebelumnya. Pengambilan sampel tanah dilakukan menggunakan ring sampel dengan kedalaman 0-20 cm, 20-40 cm dan 40-60 cm.

Tahap pasca survei

Kegiatan pasca-survei, beberapa hal yang dilakukan yaitu analisis contoh tanah di laboratorium, analisis data dengan menggunakan metode SMI, dan pembuatan peta sebaran kelembaban tanah. Kegiatan analisis laboratorium, sampel tanah yang telah didapatkan dari hasil survei dilakukan analisis kadar air pada pF 0, pF 2,5, dan pF 4,2 dengan menggunakan metode gravimetrik. Dilakukan analisis data hasil laboratorium dengan menghitung kadar air tanah. Perhitungan kadar air tanah yang digunakan adalah perhitungan yang berdasarkan Laboratorium Fisika Tanah (2006), yaitu:

$$KA = (W1-W2)/(W2-W3) \times 100\%$$

dimana: KA = Kadar air (θ) (%), W1 = Berat Cawan + Tanah Basah (g), W2 = Berat Cawan + Tanah Kering (g), W3 = Berat Cawan (g)

Setelah didapatkan hasil analisis laboratorium, selanjutnya dilakukan analisis indeks kelembaban tanah dengan menggunakan Metode SMI. Perlu diketahui terlebih dahulu fraksi air yang tersedia sebelum menghitung dengan rumus SMI. Hal tersebut dapat diketahui dengan menggunakan perhitungan menurut Hunt *et al.* (2009):

$$FAW = (\theta - \theta_{WP}) / (\theta_{FC} - \theta_{WP})$$

dimana: FAW = Fraksi air tersedia, θ = Volume kadar air tanah aktual, θ_{WP} = Volume kadar air tanah dalam kondisi titik layu permanen, θ_{FC} = Volume kadar air tanah dalam kondisi kapasitas lapangan. Setelah

didapatkan hasil dari perhitungan fraksi air tersedia, selanjutnya hasil tersebut dimasukkan ke dalam rumus perhitungan SMI menurut Hunt *et al.* (2009), yaitu:

$$SMI = -5 + 10FAW$$

dimana: SMI = Indeks kelembaban tanah, FAW = Fraksi air tersedia.

Analisis data

Setelah didapatkan data hasil laboratorium dan diolah kedalam rumus SMI, selanjutnya dilakukan analisis data untuk mengetahui hubungan antara hasil perhitungan SMI dengan data hasil laboratorium dan variabel yang berhubungan dengan penutupan lahan dan suhu permukaan tanah. Analisis yang dilakukan yaitu berupa uji korelasi, regresi, dan uji validitas dengan menggunakan *paired sample T-test*. Selanjutnya dilakukan pembuatan peta sebaran kelembaban tanah.

Hasil dan Pembahasan

Kondisi umum wilayah

Kebun Kopi Bangelan berlokasi di Desa Bangelan, Kecamatan Wonosari, Kabupaten Malang, Jawa Timur. Kebun Kopi Bangelan ini terletak pada titik koordinat 8°04'37" LS dan 12°28'58" BT. Kebun Kopi Bangelan terbagi atas tiga afdeling yaitu, Afdeling Besar, Afdeling Kampung-Baru, dan Afdeling Pabrik. Penelitian lapangan dilakukan di Afdeling Besar dengan luasan lahan kebun kopi 466,92 ha.

Jenis tanaman yang berada pada Afdeling Besar ini yaitu lamtoro, sengo, dan kopi. Komoditas utama yang ada pada Afdeling Besar adalah kopi robusta dengan lamtoro sebagai tanaman penanang. Jarak tanam kopi di Afdeling Besar adalah 2,5 m x 2,5 m dan jarak tanam lamtoro sebagai tanaman penanang adalah 4 m x 4 m. Umur tanaman kopi di Kebun Kopi Bangelan ini berkisar 5–84 tahun.

Kebun kopi Bangelan memiliki formasi geologi Qpkb (Batuan Gunungapi Kawi-Butak). Formasi geologi Qpkb memiliki batuan yang tersusun dari breksi gunungapi, lava, tuf, dan lahar. Kondisi tanah di kebun kopi Bangelan ini dicirikan oleh tekstur lempung dan lempung-berliat.

Indeks vegetasi NDVI

Indeks kerapatan vegetasi diturunkan dari data reflektansi gelombang merah (red) dan *near-infrared*. Nilai indeks kerapatan vegetasi NDVI yang didapatkan dari pengolahan Citra Landsat 8 OLI/TIRS disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Indeks kerapatan vegetasi NDVI.

No	Titik Pengamatan	Indeks Kerapatan Vegetasi (NDVI)
1	1	0,40
2	2	0,35
3	3	0,59
4	4	0,42
5	5	0,64
6	6	0,68
7	7	0,68
8	8	0,57
9	9	0,58
10	10	0,63
11	11	0,37
12	12	0,39
13	13	0,41
14	14	0,38
15	15	0,36

Keterangan: NDVI = *Normalised Difference Vegetation Index*

Nilai NDVI berkisar antara 0,35–0,68. Nilai terendah sebesar 0,35 berada pada titik pengamatan 2, sedangkan nilai tertinggi sebesar 0,68 berada pada titik pengamatan 6 dan 7. Nilai NDVI secara teoritis berkisar antara -1 hingga 1. Berdasarkan klasifikasi Departemen Kehutanan (2005), nilai dari indeks kerapatan vegetasi yang didapatkan tergolong sedang (0,32-0,42) hingga tinggi (0,42-1). Nilai NDVI bervariasi berdasarkan dari penyerapan sinar merah oleh klorofil daun dan refleksi radiasi inframerah oleh sel-sel daun yang berisi air (Gandhi *et al.*, 2015). Nilai NDVI dipengaruhi banyak faktor, seperti sudut pandang pengambilan citra, kondisi tanah, perbedaan arah dan jarak tanam vegetasi yang ada (Weng Q *et al.*, 2004). Peta sebaran indeks vegetasi NDVI disajikan pada Gambar 2.

Suhu permukaan tanah

Nilai-nilai *Land Surface Temperature* (LST) diturunkan dari pengolahan Citra Landsat 8

saluran TIRS (*Thermal Infrared Sensor*) pada Band 10 dan 11. Hasil dari pengolahan *Land Surface Temperature* (LST) didapatkan nilai 31–39 °C. Nilai dari hasil pengolahan *Land Surface Temperature* (LST) pada setiap titik pengamatan tersaji pada Tabel 2. Peta sebaran suhu permukaan tanah disajikan pada Gambar 3.

Tabel 2. Nilai Suhu Permukaan Tanah (LST).

No	Titik Pengamatan	<i>Land Surface Temperature</i> (°C)
1	1	34,75
2	2	34,96
3	3	34,04
4	4	34,53
5	5	33,29
6	6	33,41
7	7	33,75
8	8	33,93
9	9	33,87
10	10	33,48
11	11	34,64
12	12	34,95
13	13	34,53
14	14	35,34
15	15	35,36

Suhu permukaan tanah terendah terdapat pada titik pengamatan 5 yaitu sebesar 33,29 °C dan suhu permukaan tanah tertinggi terdapat pada titik pengamatan 15 yaitu sebesar 35,36 °C. Hasil dari analisis LST bervariasi sesuai dengan perbedaan indeks kerapatan vegetasinya dan kondisi permukaan tanahnya. Perbedaan suhu yang dipancarkan antara kanopi vegetasi dan permukaan tanah berpengaruh pada pengukuran *Land Surface Temperature* (LST) (Sandholt *et al.*, 2002).

Indeks kelembaban tanah (SMI)

Indeks Kelembaban Tanah digunakan untuk mengetahui tingkat kelembaban tanah pada suatu daerah. Indeks Kelembaban Tanah biasanya digunakan pada bidang pertanian. Indeks Kelembaban Tanah ini dapat digunakan untuk mengetahui indeks kelembaban tanah di lahan pertanian didasarkan pada kadar air tanah aktual, yaitu kapasitas lapang dan titik layu (Sridhar *et al.*, 2008; Hunt *et al.*, 2009; Carrão *et al.*, 2016).

Gambar 2. Peta sebaran indeks vegetasi NDVI.

Gambar 3. Peta sebaran suhu permukaan tanah.

Indeks kelembaban tanah (SMI) Citra Landsat 8 OLI/TIRS

Indeks Kelembaban Tanah yang diturunkan dari Citra Landsat 8 OLI/TIRS dapat digunakan untuk menduga kelembaban tanah pada sebidang lahan pertanian. Nilai-nilai SMI tersebut diperoleh dari perhitungan indeks kerapatan vegetasi NDVI dengan LST. Perhitungan SMI berdasarkan data NDVI dan LST (Wang dan Qu, 2009; Shafian dan Maas, 2015). Tabel 3 menunjukkan bahwa Nilai SMI terendah yaitu 0,48 berada pada titik pengamatan 14 dan 15 sedangkan nilai SMI tertinggi yaitu 0,73 berada pada titik pengamatan 5 dan 6. Secara teoritis, nilai SMI berdasarkan pengolahan Citra landsat 8 OLI/TIRS berkisar antara 0-1. Menurut Michigan Tech Research Institute (2009), nilai SMI berada pada skala 0-1, dimana nilai yang mendekati 1 menandakan tingkat kelembaban tanah yang tinggi. Nilai SMI yang di Afdeling Besar Kebun Kopi Bangelan tergolong “sedang hingga tinggi”. Sebaran SMI Citra Landsat 8 OLI/TIRS disajikan pada Gambar 4.

Tabel 3. Indeks kelembaban tanah (SMI) yang diturunkan dari Citra Landsat 8 OLI/TIRS.

No.	Titik Pengamatan	Indeks Kelembaban Tanah
1	1	0,55
2	2	0,52
3	3	0,64
4	4	0,58
5	5	0,73
6	6	0,73
7	7	0,67
8	8	0,65
9	9	0,66
10	10	0,71
11	11	0,56
12	12	0,53
13	13	0,58
14	14	0,48
15	15	0,48

Indeks kelembaban tanah (SMI) lapangan

Indeks Kelembaban Tanah (Tabel 4) yang diperoleh dari observasi lapangan digunakan

untuk validasi dari pendugaan SMI melalui citra landsat 8 OLI/TIRS. Nilai SMI lapangan diperoleh dari kadar air tanah pada kondisi kapasitas lapang (KL) dan titik layu permanen (TLP).

Tabel 4. Nilai rata-rata indeks kelembaban tanah (SMI) dari lapangan.

No.	Titik Pengamatan	Indeks Kelembaban Tanah
1	1	0,83
2	2	0,72
3	3	1,17
4	4	0,60
5	5	2,39
6	6	1,18
7	7	1,98
8	8	1,47
9	9	1,50
10	10	2,39
11	11	0,07
12	12	0,65
13	13	0,41
14	14	0,04
15	15	0,46

Indeks Kelembaban Tanah berdasar pada kandungan air tanah yang sebenarnya (θ) dengan kapasitas lapang dan titik layu (Hunt *et al.*, 2009). Nilai rata-rata SMI terendah terdapat pada titik pengamatan 14 sedangkan nilai rata-rata SMI tertinggi terdapat pada titik pengamatan 5 dan 10. Kelembaban tanah menjadi indikator ketersediaan air tanah bagi tanaman. Kelembaban tanah merupakan jumlah air yang terdapat pada pori-pori tanah (Karyati *et al.*, 2018). Nilai dari SMI tanah berkisar antara -5 hingga 5, dimana nilai 5 mewakili kapasitas lapang atau dapat dikatakan kondisi tanah “lembab”. Apabila nilai indeks kelembaban tanah 0 berarti tidak ada kekeringan tetapi masih bisa menuju kekeringan atau telah pulih dari kekeringan, sedangkan apabila nilai indeks kelembaban tanah -5 terdapat kekeringan yang ekstrim atau tingkat kekeringan yang tinggi (Hunt *et al.*, 2009). Kelembaban tanah di Kebun Kopi Bangelan tergolong “sedang hingga tinggi”.

Gambar 4. Peta sebaran indeks kelembaban tanah (SMI) Citra Landsat 8 OLI/TIRS.

Gambar 5. Peta sebaran indeks kelembaban tanah (SMI) lapangan.

Hubungan kelembaban tanah dengan produksi kopi

Hasil produksi kopi di Kebun Kopi Bangelan menunjukkan perbedaan di antara blok kebun kopi. Blok-blok kebun kopi pada Afdeling Besar ini dibedakan berdasarkan tahun tanamnya. Hasil produksi kopi secara langsung dan tidak langsung berkaitan dengan kelembaban tanah. Kelembaban tanah merupakan salah satu faktor yang berpengaruh terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman kopi (Karyati *et al.*, 2018). Hasil uji regresi menunjukkan bahwa indeks kelembaban tanah lapangan memiliki hubungan yang positif signifikan dengan produksi tanaman ($Y = 1824,6x + 29975,6$; $R^2 = 0,54^*$).

Hubungan indeks vegetasi NDVI dengan kelembaban tanah

Hasil uji korelasi menunjukkan adanya korelasi positif signifikan antara indeks kerapatan vegetasi NDVI dengan indeks kelembaban tanah lapangan ($r = 0,85^{**}$). Hasil uji regresi menghasilkan persamaan $Y = 5,0722x - 1,4633$ ($R^2 = 0,73^{**}$). Hasil-hasil analisis ini menunjukkan bahwa indeks kerapatan vegetasi NDVI berkorelasi erat dengan indeks kelembaban tanah dari pengukuran kadar air contoh tanah. Indeks kerapatan vegetasi NDVI dapat digunakan sebagai indikator dalam *monitoring* dinamika vegetasi dan hidrologi pada permukaan tanah pada skala besar. NDVI memiliki korelasi yang kuat dengan kelembaban tanah (Ahmed *et al.*, 2017). Indeks kerapatan vegetasi NDVI juga berkorelasi dengan variabel lainnya, seperti defisiensi hara dan cekaman air jangka panjang. NDVI dianggap sebagai cerminan dari efek berbagai faktor terhadap pertumbuhan tanaman. Pada lahan-lahan pertanian dengan vegetasi yang beragam, NDVI berkorelasi signifikan dengan kelembaban tanah (Wang *et al.*, 2007; Schnur *et al.*, 2010; Verhulst dan Govaerts, 2010; Park *et al.*, 2014; Taktikou *et al.*, 2016).

Hubungan indeks kelembaban tanah Citra Landsat 8 OLI/TIRS dengan indeks kelembaban tanah lapangan

Berdasarkan uji korelasi terhadap nilai dari SMI yang didapatkan dari citra landsat 8 OLI/TIRS dengan SMI yang didapatkan dari hasil validasi

lapangan, didapatkan nilai $r = 0,84^{**}$. Hasil uji korelasi ini menunjukkan bahwa nilai SMI yang didapatkan dari citra landsat 8 OLI/TIRS memiliki hubungan yang positif signifikan dengan nilai SMI yang didapatkan dari hasil validasi lapangan. Hasil uji regresi nilai indeks kelembaban tanah dari Citra landsat 8 OLI/TIRS dengan indeks kelembaban tanah hasil pengukuran lapangan menghasilkan persamaan $Y = 7,4996x - 3,4789$ (koefisien determinasinya $R^2 = 0,71^{**}$). Kelembaban tanah merupakan salah satu faktor yang memiliki pengaruh pada pertumbuhan tanaman. Kelembaban tanah menjadi penentu dari ketersediaan air dalam tanah yang dapat digunakan oleh tanaman (Karyati *et al.*, 2018). Kondisi fisik dan hidrologis tanah yang memadai merupakan kondisi kunci untuk pengembangan tanaman kopi secara penuh, yang merupakan premis untuk kualitas kopi karena persyaratan kualitas buah dan biji kopi dan keseragaman tanaman kopi. Kandungan air dalam zone perakaran tanaman kopi merupakan salah satu faktor utama pertumbuhan dan vigor produktif tanaman kopi, terutama karena kopi umumnya ditanam pada sistem lahan kering tadah hujan (Pinheiro *et al.*, 2005; Dias *et al.*, 2007). Pengetahuan tentang dinamika air tanah di zona perakaran tanaman kopi sangat strategis karena dapat memprediksi keberhasilan kebun kopi. Strategi pengelolaan dapat berkontribusi pada efisiensi penggunaan air tanah yang disimpan dari curah hujan dan memungkinkan respons positif terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman kopi (Silva *et al.*, 2019).

Uji validasi

Uji validasi merupakan uji yang dilakukan untuk mengetahui apakah indeks kelembaban tanah (SMI) dari pengolahan citra landsat 8 OLI/TIRS dapat digunakan untuk mengestimasi kelembaban tanah di kebun kopi Bangelan. Menurut Pramesti (2014), validasi perlu dilakukan untuk mengetahui kesesuaian alat ukur yang digunakan. Uji validasi menggunakan *paired sample T-test*. Titik yang digunakan untuk validasi sebanyak 5 titik, sedangkan hipotesis yang diambil untuk uji validasi adalah:

$H_0 =$ tidak ada perbedaan antara nilai

indeks kelembaban tanah (SMI) lapangan dengan nilai indeks kelembaban tanah (SMI) pengolahan citra landsat 8 OLI/TIRS.

H1 = ada perbedaan antara nilai indeks kelembaban tanah (SMI) lapangan dengan nilai indeks kelembaban tanah (SMI) pengolahan citra landsat 8 OLI/TIRS.

Kriteria dalam pengambilan keputusan dalam uji validasi adalah:

- H0 ditolak dan H1 diterima jika nilai probabilitas $< 0,05$
- H1 ditolak dan H0 diterima jika nilai probabilitas $> 0,05$

Hasil uji validasi yang sudah dilakukan didapatkan nilai $p = 0,14$, sehingga nilai $p > 0,05$. Hasil p menunjukkan H0 diterima dengan menolak H1, dimana SMI lapangan tidak berbeda dengan SMI citra landsat 8 OLI/TIRS. Persamaan regresi yang diperoleh dapat digunakan untuk menduga kelembaban tanah di kebun kopi Bangelan. Teknik penginderaan jauh gelombang mikro telah digunakan untuk mengestimasi status kelembaban tanah permukaan, yang biasa disebut sebagai kadar air lapisan tanah paling atas, pada berbagai waktu dan skala spasial sejak tahun 1970 an (Schmugge *et al.*, 1974; Lwin, 2010; Potić *et al.*, 2017; Zhang *et al.*, 2018). Indeks kelembaban tanah didefinisikan sebagai proporsi perbedaan antara kelembaban tanah saat ini dan titik layu permanen terhadap kapasitas lapang dan kelembaban tanah sisa. Nilai indeks berkisar antara 0-1, nilai 0 menunjukkan kondisi kering ekstrim dan nilai 1 menunjukkan kondisi basah ekstrim (Vicente-Serrano *et al.*, 2004; Zeng *et al.*, 2004; Zhan *et al.*, 2004).

Kesimpulan

Tingkat kelembaban tanah di kebun kopi Bangelan pada saat dilakukan penelitian tergolong “Sedang hingga Tinggi”. Indeks kerapatan vegetasi NDVI (X) memiliki hubungan yang signifikan dengan *Soil Moisture Index* (SMI) yang terdapat di lapangan (Y), $Y = 5,0722X - 1,4633$ ($R^2 = 0,73^{**}$). Metode *Soil Moisture Index* (SMI) dapat digunakan untuk

mengestimasi kelembaban tanah di kebun kopi. Nilai-nilai SMI dari pengolahan citra landsat 8 OLI/TIRS (X) memiliki hubungan signifikan dengan nilai-nilai SMI yang didapatkan di lapangan (Y), $Y = 7,4996X - 3,4789$ ($R^2 = 0,71^{**}$).

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada staf Kebun Kopi Bangelan milik PTPN XII atas bantuannya dalam pelaksanaan penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Ahmed, M., Else, B., Esklund, L., Ardo, J. and Seaquist, J. 2017. Dynamic response of NDVI to soil moisture variations during different hydrological regimes in the Sahel Region. *International Journal of Remote Sensing* 38(19):5409-5429.
- Badan Pusat Statistik. 2019. Statistik Kopi Indonesia 2019. Badan Pusat Statistik Indonesia.
- Carrão, H., Russo, S., Sepulcre-Canto, G. and Barbosa, P. 2016. An empirical standardised soil moisture index for agricultural drought assessment from remotely sensed data. *International Journal of Applied Earth Observation Geoinformation* 48:74-84.
- Departemen Kehutanan Direktorat Jendral Rehabilitas Lahan dan Perhutanan Sosial. 2005. Pedoman Inventarisasi dan Identifikasi Lahan Kritis Mangrove. Jakarta: Departemen Kehutanan Direktorat Jendral Rehabilitas Lahan dan Perhutanan Sosial.
- Dias, P.C., Araujo, W.L., Moraes, G.A., Barros, R.S. and Da Matta, F. 2007. Morphological and physiological responses of two coffee progenies to soil water availability. *Journal of Plant Physiology* 164(12):1639-1647.
- Gandhi, G.M., Parthiban, S., Thummalu, N. and Christy, A. 2015. NDVI: vegetation change detection using remote sensing and GIS – a case study of Vellore District. *Procedia Computer Science* 57:1199-1210
- Hunt, E.D., Hubbard, K.G., Wilhite, D.A., Arkebauer, T.J. and Dutcher, A.L. 2009. The development and evaluation of a soil moisture index. *International Journal Climatology* 29:747-759.
- Karyati, R., Putri, O. dan Syafrudin, M. 2018. Suhu dan kelembaban tanah pada lahan revegetasi pasca tambang di PT Adimira Baratama Nusantara Provinsi Kalimantan Timur. *Jurnal Agrifor XVII*: 103-114.
- Laboratorium Fisika Tanah. 2006. Instruksi Kerja

- Pelaksanaan Analisis Berat Isi Tanah dan Pengelolaan Data. Malang: Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya.
- Lwin, K.K. 2010. Estimation of Landsat TM Surface Temperature Using ERDAS Imagine Spatial Modeler; SIS Tutorial Series; Division of Spatial Information Science: 2010. Available online: <http://giswin.geo.tsukuba.ac.jp/sis/tutorial/koko/SurfaceTemp/SurfaceTemperature.pdf>
- Michigan Tech Research Institute. 2009. Inputs to The Multi-Criteria Decision Model. National Consortium for Remote Sensing in Transportation.
- Nesper, M.C., Kueffer, S., Krishnan, C., Kushalappa, G. and Ghazoul, J. 2017. Shade tree diversity enhances coffee production and quality in agroforestry system in Teh Western Ghats. *Journal Agriculture Ecosystem and Environment* 247(2017):172-181.
- Noorhadi dan Sudadi. 2003. Kajian pemberian air dan mulsa terhadap iklim mikro pada tanaman cabai di tanah Entisol. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan* 4(1):41-49
- Ochbelagh, R.D., Hakimabad, H.M. and Najafabadi, N.R. 2009. The soil moisture and its effect on the detection of buried hydrogenous material by neutron back-scattering technique. *Radiation Physics Chemical* 78:303-306.
- Parida, B.R., Collado, W.B., Borah, R., Hazarika, M.K. and Samarakoon, L. 2008. Detecting drought-prone areas of rice agriculture using a MODIS-derived soil moisture index. *Geoscience & Remote Sensing* 45:109-129.
- Park, J.Y., Ahn, S.R., Hwang, S.J., Jang, C.H., Park, G.A. and Kim, S.J. 2014. Evaluation of MODIS NDVI and LST for indicating soil moisture of forest areas based on SWAT modeling. *Paddy and Water Environment* 12(1):77-88.
- Pinheiro, H.A., Da Matta, F.M., Chaves, A.R., Loureiro, M.E. and Ducatti, C. 2005. Drought tolerance is associated with rooting depth and stomatal control of water use in clones of *Coffea canephora*. *Annals of Botany* 96(1):101-108.
- Potic, I., Bugarski, M. and Matic-Varenica, J. 2017. Soil Moisture Determination Using Remote Sensing Data for The Property Protection and Increase of Agriculture Production. *Annual World Bank Conference on Land and Poverty*.
- Pramesti, G. 2014. Kupas Tuntas Data Penelitian dengan SPSS 22. Jakarta: Elex Media Komputindo.
- Purwadhi, F.S.H., Kardono, P., Karsidi, A., Haryani, N.S. dan Rokhmatuloh. 2015. Aplikasi Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis Untuk Pengembangan Wilayah. Jakarta: Polimedia Publishing.
- Rahardjo, P. 2012. Kopi. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Rayes, M.L. 2007. Metode Inventarisasi Sumber Daya Lahan. Yogyakarta: Andi.
- Rouse, J.W., Hass, R.H., Schell, J.A. and Deering, D.W. 1973. Monitoring Vegetation Systems in The Great Plains With ERTS. *Proceedings of The Third ERTS Symposium*. Washington: Goddard Space Flight Center.
- Sandholt, I., Rasmussen, K. and Andersen, J. 2002. A simple interpretation of the surface temperature/vegetation index space for assessment of surface moisture status. *Remote Sensing of Environment* 79:213-224.
- Schmugge, T., Gloersen, P., Wilheit, T. and Geiger, F. 1974. Remote sensing of soil moisture with microwave radiometers. *Journal of Geophysical Research* 79:317-323.
- Schnur, M.T., Xie, H. and Wang, X. 2010. Estimating root zone soil moisture at distant sites using MODIS NDVI and EVI in a semi-arid region of southwestern USA. *Ecological Informatics* 5(5):400-409.
- Shafian, S. and Maas, S. 2015. Index of soil moisture using raw landsat image digital count data in Texas High Plains. *Remote Sensing* 7:2352-2372.
- Silva, B.M., Oliveira, G.C., Serafim, M.E., Silva, É.A., Guimarães, P.T.G., Melo, L.B.B., Norton, L.D. and Curi, N. 2019. Soil moisture associated with least limiting water range, leaf water potential, initial growth and yield of coffee as affected by soil management system. *Soil and Tillage Research* 189:36-43.
- Sridhar, V., Hubbard, K.G., You, J. and Hunt, E.D. 2008. Development of the soil moisture index to quantify agricultural drought and its "user friendliness" in severity-area-duration assessment. *Journal Hydrometeorology* 9:660-676.
- Taktikou, E., Bourazanis, G., Papaioannou, G. and Kerkides, P. 2016. Prediction of soil moisture from remote sensing data. *Procedia Engineering* 162:309-316.
- Verhulst, N. and Govaerts, B. 2010. The Normalised Difference Vegetation Index (NDVI) GreenSeeker™ Handheld Sensor: Toward The Integrated Evaluation of Crop Management. Part A: Concepts and Case Studies. Mexico, D. F; CIMMYT.
- Vicente-Serrano, S.M., Pons-Fernández, X. and Cuadrat-Prats, J.M. 2004. Mapping soil moisture in The Central Ebro River Valley (Northeast Spain) with Landsat and NOAA satellite imagery: a comparison with meteorological data.

- International Journal of Remote Sensing 25:4325–4350.
- Wang, L. and Qu, J.J. (2009). Satellite remote sensing application for surface soil moisture monitoring: a review. *Front Earth Science China* 3:237-247.
- Wang, X., Xie, H., Guan, H. and Zhou, X. 2007. Different responses of MODIS-derived NDVI to root-zone soil moisture in semi-arid and humid regions. *Journal of Hydrology* 340(1-2):12-24.
- Weng, Q., Lu, D. and Schubring, J. 2004. Estimation of land surface temperature-vegetation abundance relationship for urban heat island studies. *Remote Sensing of Environment* 89:467-483.
- Wolka, K., Mulder, J. and Biazin, B. 2018. Effects of soil and water conservation techniques on crop yield, runoff and soil loss in sub-saharan Africa. *Agriculture Water Management* 207:67-79.
- Yue, J., Tian, J., Tian, Q., Xu, K. and Xu, N. 2019. Development of soil moisture indices from differences in water absorption between shortwave-infrared bands. *International Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 154:216-230.
- Zeng, Y., Feng, Z. and Xiang, N. 2004. Assessment of soil moisture using Landsat ETM+ temperature/vegetation index in semiarid environment. *Geoscience and Remote Sensing Symposium* 6:4306-4309.
- Zhan, Z., Qin, Q. and Wang, X. 2004. The Application of LST/NDVI Index for Monitoring Land Surface Moisture in Semiarid Area. In *Proceedings of the IGARSS '04*, Anchorage, AK, USA, 20–24 September 2004; Volume 3, pp. 1551–1555.
- Zhang, C., Mishra, D.R. and Pennings, S.C. 2019. Mapping Salt Marsh Soil Properties Using Imaging Spectroscopy. *International Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 148:221-234.
- Zhang, D. and Zhou, G. 2016. Estimation of soil moisture from optical and thermal remote sensing. *Sensors* 16:1-29.
- Zhang, Y., Gong, J., Sun, K., Yin, J. and Chen, X. 2018. Estimation of soil moisture index using multi-temporal Sentinel-1 images over Poyang Lake ungauged zone. *Remote Sensing* 10(1):12-24.