



TEKNIK PENGOLAHAN CITRA DIGITAL UNTUK PENDUGAAN KADAR AIR TANAH LAHAN KERING DENGAN PENANGKAP CITRA *INFRARED WEBCAM*

Susanto Budi Sulisty, Masrukhi, Ardiansyah, dan Afik Hardanto

ABSTRACT

Moisture content is one of important soil characteristics in agricultural systems and is often needed to determine other soil characteristics. Gravimetric method is widely used to measure soil moisture content. Although the result is quite accurate, however it is very time consuming. In this research, soil moisture content of arid field has been analyzed by image processing method using webcam and infrared webcam as the image-captured devices. This research aimed to estimate soil moisture content from images captured by webcam and infrared webcam and to define the most appropriate visual properties as the soil moisture content prediction parameter. Soil samples used in this research was from arid field of Gunung Tugel Village Banyumas Regency. Thirty samples of arid field soils were collected using soil ring samplers in 5 cm of soil depth. All samples were wetted until they reached a saturated condition. After that, the samples were stored for 30 days under room temperature condition until the soils became dry. Everyday the weight of each soil was measured and the images were captured by using webcam and infrared webcam. The images were then extracted by using image processing to obtain visual parameters such as RGB index as well as HSI colour and texture feature. Each of the visual parameters was then determined its correlation with soil moisture content and the R^2 of the correlations. The final step of the analysis was calculating the mean percentage error (MPE) of the moisture content estimation. A visual parameter which has the least MPE would be used as the prediction parameter. The results of this research showed that soil moisture content of arid field could be predicted by using visual parameters from images captured by webcam and infrared webcam. Intensity of the soil images captured by infrared webcam resulted prediction error lower than that by webcam.

Keywords: soil moisture content, visual parameters, webcam, infrared, prediction.

PENDAHULUAN

Kadar air merupakan salah satu karakteristik tanah yang cukup penting peranannya dalam bidang pertanian. Beberapa hal yang terkait dengan karakteristik suatu sampel tanah membutuhkan data atau informasi tentang kadar airnya. Sebagai contoh, kekuatan tarik tanah sangat dipengaruhi oleh kandungan air dalam tanah. Secara umum apabila kandungan air semakin tinggi maka tekanan tarik semakin rendah. Contoh yang lain adalah pada kelengketan tanah itu sendiri. Kadar air tanah juga berperan penting dalam produktivitas tanaman (Kaleita *et al.*, 2005).

Pengukuran kadar air secara konvensional dilakukan dengan menggunakan metode gravimetri. Hasil pengukuran kadar air dengan metode gravimetri paling akurat dibanding pengukuran lain, namun metode ini membutuhkan waktu yang cukup lama (Verhoef dan Kusanovic, 2011). Selain itu, metode ini juga tidak bisa digunakan secara *real-time* untuk mengukur kadar air sampel tanah.

Sulistyo dan Masrukhi (2011) dalam penelitian mengembangkan algoritma pengolahan citra digital dan menggunakan hal itu untuk memprediksi kadar air tanah lahan sawah dan lahan kering. Dalam penelitian tersebut digunakan *webcam* sebagai sensor untuk menangkap citra dari sampel tanah. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa kadar air tanah lahan sawah dapat diprediksi dengan menggunakan parameter intensitas (*intensity*) dengan tingkat akurasi 91,5%. Namun, kadar air tanah lahan kering tidak dapat diprediksi menggunakan parameter warna dengan pengolahan citra. Hal itu disebabkan pada tanah lahan kering tidak ada perubahan warna yang nyata antara tanah basah (jenuh air) sampai tanah kering.



Salah satu kelemahan dari penelitian tersebut adalah penggunaan sensor *webcam* yang hanya dapat menangkap cahaya tampak. Bila memanfaatkan gelombang infra merah, efek panas dari suatu objek akan tertangkap oleh kamera infra merah. Prinsip inilah yang digunakan untuk memprediksi kadar air sampel tanah. Beberapa penelitian telah dilakukan untuk memprediksi kadar air tanah dengan pemanfaatan cahaya infra merah (Manchanda *et al.*, 2002; Viscarra Rossel dan McBratney, 1998 dalam Adamchuk *et al.*, 2004; Mouazen *et al.*, 2005; Bogreki dan Lee, 2006; Steenpass *et al.*, 2010; Verhoef dan Kusanovic, 2011).

Dalam penelitian ini, diuji coba pengukuran kadar air tanah lahan kering dengan menggunakan sensor *infrared webcam* untuk menangkap citra sampel tanah. Alasan penggunaan *infrared webcam* adalah karena harganya yang relatif lebih murah daripada *spectrophotometer* maupun *remote sensing*. Selain itu, *infrared webcam* lebih mudah didapat dan dengan bentuknya yang kecil diharapkan dapat lebih aplikatif.

Penelitian ini bertujuan untuk menduga nilai kadar air sampel tanah dengan menggunakan parameter visual citra tanah yang ditangkap oleh *webcam* dan *infrared webcam*, dan menentukan parameter visual citra yang tepat untuk dijadikan sebagai parameter pendugaan kadar air sampel tanah.

METODE ANALISIS

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampel tanah lahan kering dari Desa Gunung Tugel Kecamatan Purwokerto Barat Kabupaten Banyumas. Peralatan yang digunakan adalah seperangkat alat pengambilan citra, meliputi: kotak ruang pengambilan citra, *webcam*, *infrared webcam*, *lighting system*, kabel USB, computer (Sulistyo dan Masrukhi, 2011), timbangan digital, *soil ring sampler* dan alat pengambil sampel tanah, oven pengering, luxmeter digital, dan thermohyrometer digital.

Prosedur Penelitian

Penelitian yang dilakukan dibagi menjadi tiga tahap, yaitu persiapan, pengambilan data, dan analisis data. Pada tahap persiapan beberapa hal yang dilakukan adalah modifikasi alat pengambilan citra dengan menggunakan penangkap citra *webcam* dan *infrared webcam*, dan pengembangan algoritma pengolahan citra menggunakan program Delphi 7.

Setelah tahap persiapan selesai, tahap berikutnya adalah pengambilan data. Pada tahap ini, hal-hal yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Sampel tanah lahan kering diambil menggunakan *soil ring sampler* pada kedalaman 0-5 cm. Sampel tanah terlebih dahulu dianalisis untuk mengidentifikasi jenis tanah dan kelas teksturnya. Jumlah sampel tanah yang diambil sebanyak 30 buah.
2. Seluruh sampel tanah mula-mula dibasahi dengan air hingga keadaan jenuh. Sampel tanah kemudian ditimbang dengan timbangan digital dan diperoleh bobot awal sampel tanah (W_0).
3. Setelah itu masing-masing sampel tanah diambil citranya dalam ruang pengambilan citra dengan *webcam* dan *infrared webcam* untuk menangkap citranya dengan intensitas cahaya di dalam ruang pengambilan citra sebesar kurang lebih 650 lux.
4. Seluruh sampel tanah disimpan pada suhu ruang dengan terus diamati perubahan suhu dan kelembaban relatif udara ruang menggunakan termometer bola basah-bola kering.
5. Setiap hari seluruh sampel tanah diukur bobotnya dan diambil citranya dengan sensor *webcam* dan sensor *infrared webcam*. Pengukuran ini dilakukan hingga sampel tanah menjadi kering dan tercapai keadaan titik layu permanen (kurang lebih 28-30 hari).
6. Pada hari terakhir pengamatan setelah tercapai keadaan titik layu permanen, masing-masing sampel tanah dikeringkan dengan metode gravimetri menggunakan oven pengering (Islami dan Utomo, 1995), sehingga diketahui bobot tanah kering (padatan) dan kadar air aktual sampel tanah selama pengamatan dapat ditentukan, yaitu dengan menggunakan persamaan

$$KA \% = \frac{\text{Bobot total tanah} - \text{Bobot tanah kering}}{\text{Bobot total tanah}} \times 100\% \dots \dots \dots (1)$$



7. Citra yang sudah diambil dan disimpan dalam memori komputer, dianalisis untuk diekstrak parameter visualnya dengan menggunakan program pengolahan citra yang telah dimodifikasi sebelumnya. Parameter visual yang dianalisis adalah indeks warna RGB (Koschan dan Abidi, 2008), komponen warna HSI (Pratt, 2007), dan fitur tekstur (Nixon dan Aguado, 2008) dengan menggunakan persamaan 2 sampai 10 berikut ini.

$$r = \frac{R}{R+G+B} \dots\dots\dots(2)$$

$$g = \frac{G}{R+G+B} \dots\dots\dots(3)$$

$$b = \frac{B}{R+G+B} \dots\dots\dots(4)$$

$$\cos H = \frac{2R-G-B}{2\sqrt{(R-G)^2+(R-B)(G-B)}} \dots\dots\dots(5)$$

$$S = 1 - \frac{3}{R+G+B} \min(R, G, B) \dots\dots\dots(6)$$

$$I = \frac{R+G+B}{3} \dots\dots\dots(7)$$

$$\text{Entropi} = -\sum_{i_1} \sum_{i_2} p(i_1, i_2) \log p(i_1, i_2) \dots\dots\dots(8)$$

$$\text{Kontras} = \sum_{i_1} \sum_{i_2} (i_1 - i_2)^2 p(i_1, i_2) \dots\dots\dots(9)$$

$$\text{Homogenitas} = \sum_{i_1} \sum_{i_2} \frac{p(i_1, i_2)}{1+|i_1-i_2|} \dots\dots\dots(10)$$

dengan

R, G, B : nilai intensitas warna merah, hijau, dan biru

r, g, b : indeks warna merah, hijau, dan biru

H : *Hue* (corak)

S : *Saturation* (kejenuhan)

I : *Intensity* (intensitas)

Setelah kadar air sampel tanah dan parameter visualnya diperoleh, berikutnya adalah tahap analisis data. Pada tahap ini, ditentukan korelasi dengan persamaan regresi linier antara kadar air sampel tanah dengan parameter visual citranya (indeks warna RGB, komponen warna HSI, dan fitur tekstur). Selain itu juga ditentukan koefisien determinasi (R^2) dari masing-masing korelasi. Setelah diperoleh koefisien determinasi dari masing-masing korelasi antara kadar air dengan parameter visual citra, persamaan korelasi yang memiliki $R^2 > 0,7$ digunakan untuk pendugaan kadar air tanah. Pendugaan kadar air tanah dilakukan dengan membuat persamaan regresi linier antara kadar air dan parameter visual. Dari persamaan regresi ini akan diperoleh nilai kadar air prediksi. Langkah terakhir adalah menghitung error persentase rata-rata (*mean percentage error*/MPE) dari pendugaan kadar air tanah. Parameter visual yang menghasilkan pendugaan kadar air tanah dengan nilai MPE paling kecil dijadikan sebagai parameter pendugaan kadar air tanah. Error persentase rata-rata dihitung dengan persamaan 11.

$$\text{MPE \%} = \frac{\text{Abs}(KA \text{ aktual} - KA \text{ prediksi})}{KA \text{ aktual}} \times 100\% \quad (12)$$



HASIL DAN PEMBAHASAN

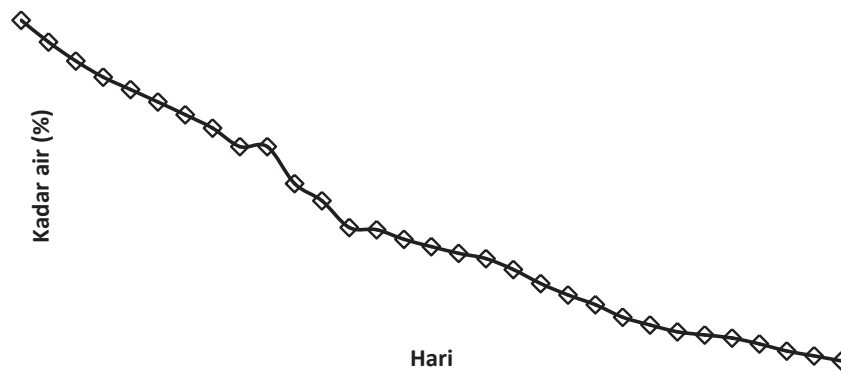
Analisis Sampel Tanah Dan Pengukuran Kadar Air

Tanah yang digunakan sebagai sampel dalam penelitian ini berasal dari tempat yang sama dengan penelitian yang pernah dilakukan oleh Sulistyono dan Masrukhi (2011). Hasil analisis jenis tanah yang digunakan dalam penelitian ini disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil analisis sampel tanah penelitian

Parameter	lahan kering (Desa Gunung Tugel)
Pasir	4,81%
Debu	33,54%
Liat	61,64%
Kelas tekstur	Liat
Tipe	Gumpal
Kelas struktur	Halus (5-10 mm)
Derajat	2 (sedang)
Jenis	Ultisol

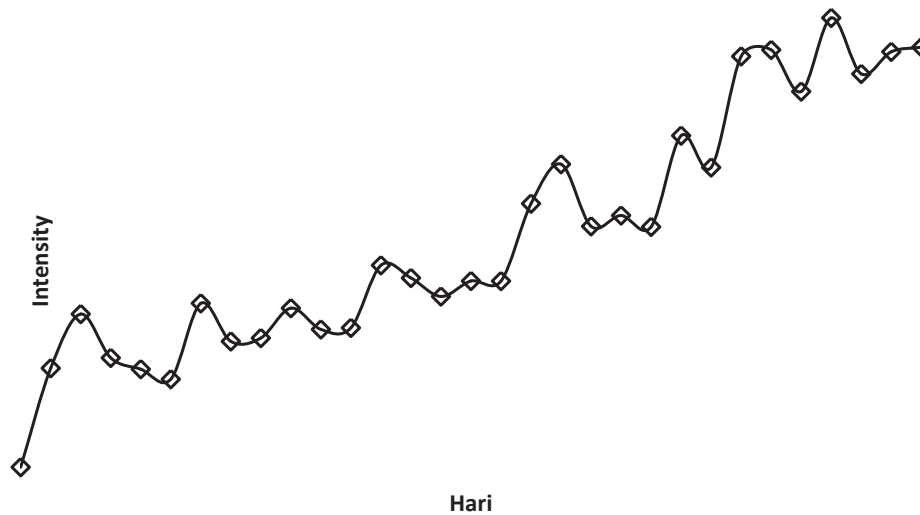
Seluruh sampel tanah yang diamati mengalami penurunan kadar air, Hal itu disebabkan karena adanya perpindahan massa air dari bahan (sampel tanah) ke udara lingkungan di sekitarnya. Kadar air rata-rata sampel tanah turun dari 31,2% menjadi 9,9%. Kondisi ruangan tempat sampel tanah disimpan memiliki suhu rata-rata 28,3 °C dengan kelembaban relatif (RH) rata-rata 68,8%. Penurunan kadar air rata-rata sampel tanah lahan kering yang menjadi objek penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Penurunan kadar air rata-rata sampel tanah lahan kering.

Pengukuran Parameter Visual Citra Tanah Lahan Kering

Pada pengukuran parameter visual citra tanah lahan kering menggunakan penangkap citra *webcam*, tidak ada parameter yang menunjukkan tren perubahan seiring dengan perubahan kadar air tanah. Hal ini juga sejalan dengan hasil penelitian Sulistyono dan Masrukhi (2011) yang menyatakan bahwa tanah lahan kering secara visual sudah terlihat cerah dibandingkan tanah lahan sawah sehingga perubahan warna dan kecerahannya tidak terlalu mencolok. Adapun pada pengukuran dengan penangkap citra *infrared webcam*, hanya parameter intensitas yang menunjukkan adanya tren perubahan seiring dengan menurunnya nilai kadar air sampel tanah. Nilai intensitas rata-rata citra tanah lahan kering selama penyimpanan menunjukkan tren semakin naik (Gambar 2).

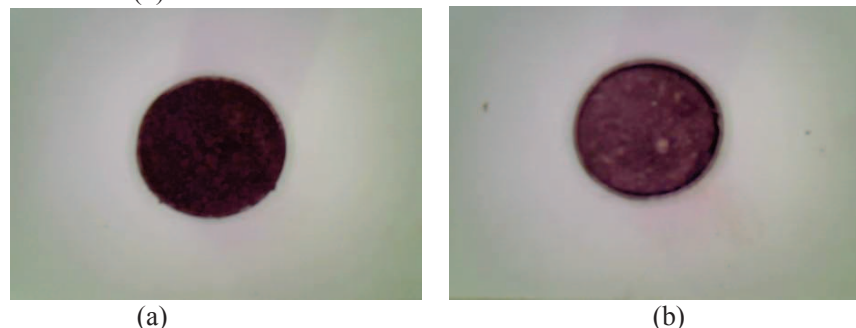


Gambar 2. Perubahan nilai intensitas rata-rata pada citra tanah lahan kering dengan penangkap citra *infrared webcam*.

Perubahan warna sampel tanah dalam *ring sample* pada hari ke-0 dan hari terakhir pengamatan dengan menggunakan penangkap citra *webcam* dan *infrared webcam* dapat dilihat pada Gambar 3 dan Gambar 4. Dari Gambar 3 terlihat secara visual tidak ada perbedaan yang mencolok antara sampel tanah yang masih basah (kadar air tinggi) dengan sampel tanah yang kering (kadar air rendah) yang dilihat dengan *webcam*. Namun dengan menggunakan *infrared webcam*, terlihat ada perubahan secara visual, yaitu sampel tanah yang kering terlihat lebih cerah dibanding sampel tanah yang basah (Gambar 4).



Gambar 3. Perubahan warna sampel tanah lahan kering dengan penangkap citra *webcam* (a) hari ke-0 dan (b) hari ke-30.

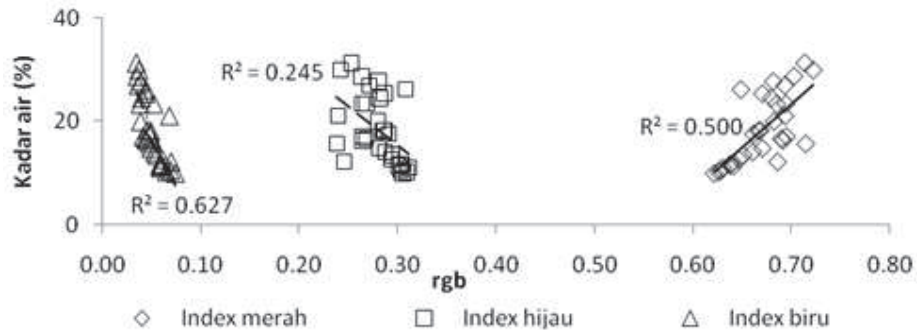


Gambar 4. Perubahan warna sampel tanah lahan kering dengan penangkap citra *infrared webcam* (a) hari ke-0 dan (b) hari ke-30.

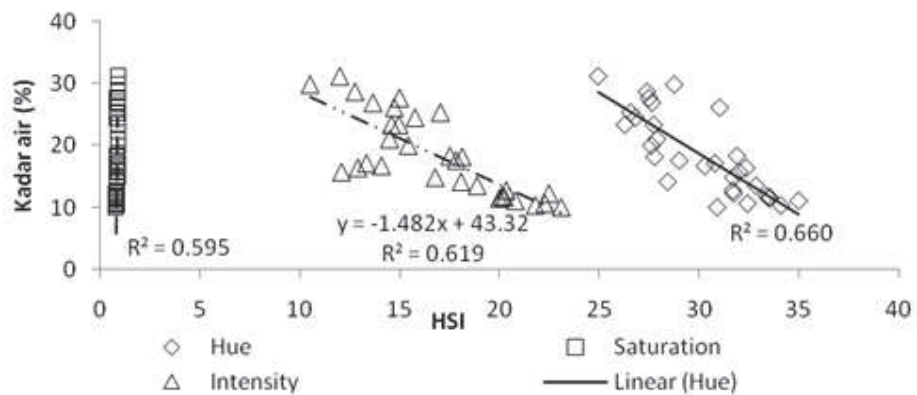
Korelasi Kadar Air Dan Parameter Visual Citra Tanah Lahan Kering

Analisis secara grafik dengan menggunakan regresi linier untuk tanah lahan kering menunjukkan tidak ada parameter visual citra tanah dengan penangkap citra *webcam* yang berkorelasi kuat terhadap kadar air tanah. Hal itu ditunjukkan dengan nilai koefisien determinasi (R^2) yang nilainya kurang dari 0,7. Korelasi antara kadar air tanah lahan kering dengan indeks *rgb*, komponen warna HSI, dan fitur masing-masing dapat dilihat pada Gambar 5, 6, dan 7.

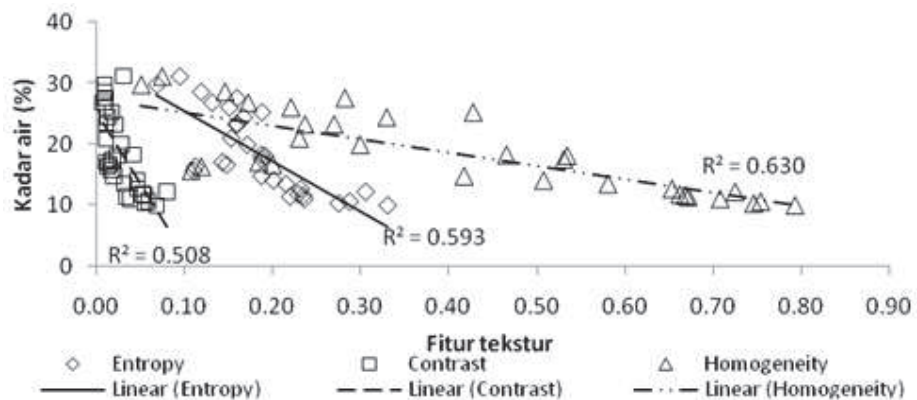
Hasil ini sesuai dengan hasil yang diperoleh oleh Sulistyono dan Masrukhi (2011). Hal itu disebabkan karena citra tanah lahan kering secara visual tidak terlalu berbeda, baik warna maupun kecerahannya, walaupun sudah diamati selama 30 hari dalam suhu ruang.



Gambar 5. Korelasi indeks warna RGB terhadap kadar air tanah lahan kering dengan penangkap citra *webcam*.



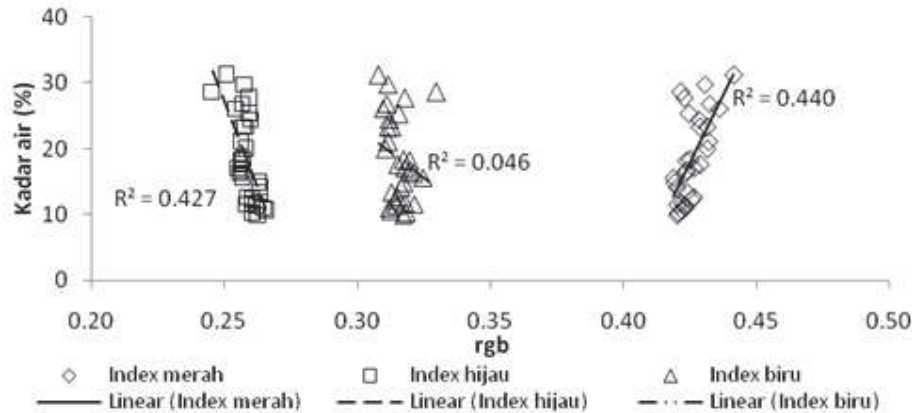
Gambar 6. Korelasi komponen warna HSI terhadap kadar air tanah lahan kering dengan penangkap citra *webcam*.



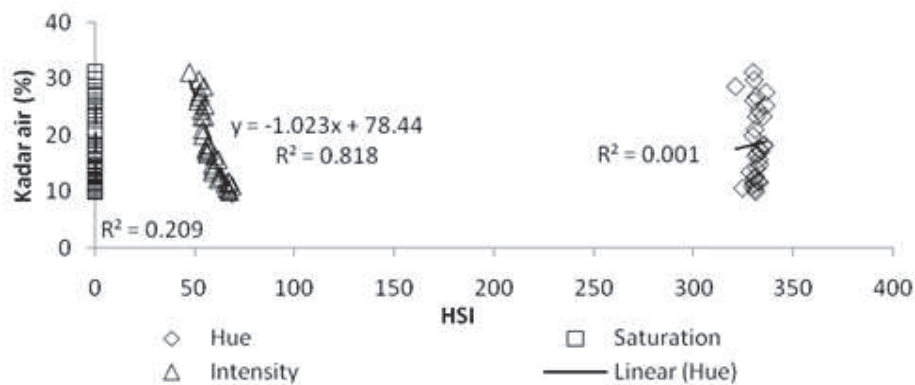
Gambar 7. Korelasi nilai fitur tekstur terhadap kadar air tanah lahan kering dengan penangkap citra *webcam*.



Pada analisis regresi linier untuk mengetahui korelasi antara kadar air tanah lahan kering dan parameter visual citra tanah dengan penangkap citra *infrared webcam*, hasil analisis menunjukkan bahwa hanya parameter intensitas citra yang mempunyai korelasi yang kuat. Hal ini ditandai dengan besarnya nilai koefisien determinasi yang diperoleh, yaitu 0,818. Korelasi antara kadar air tanah lahan kering dengan indeks *rgb*, komponen warna HSI, dan fitur masing-masing diperlihatkan pada Gambar 8, 9, dan 10.

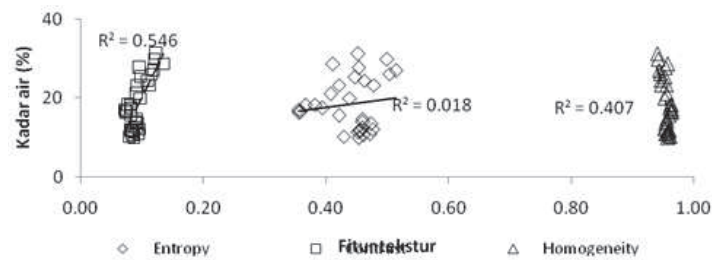


Gambar 8. Korelasi indeks warna RGB terhadap kadar air tanah lahan kering dengan penangkap citra *infrared webcam*.



Gambar 9. Korelasi komponen warna HSI terhadap kadar air tanah lahan kering dengan penangkap citra *infrared webcam*.

Infrared webcam mampu menangkap gelombang panas yang dipancarkan oleh sampel tanah. Sampel tanah yang masih basah pada hari ke-0 sampai dengan sampel tanah yang telah kering pada hari ke-30, walaupun secara kasat mata tidak mempunyai perbedaan warna yang terlalu signifikan, namun terlihat berbeda dengan menggunakan penangkap citra *infrared webcam*. Parameter visual yang dapat digunakan untuk membedakan kadar air tanah lahan kering adalah intensitas citra. Hal itu disebabkan karena warna pada citra yang tertangkap oleh *infrared webcam* lebih cenderung ke arah citra abu-abu (*grayscale*) sedangkan parameter visual intensitas merupakan derajat keabu-abuan suatu citra sehingga parameter visual ini lebih sensitif terhadap perubahan kadar air sampel tanah.

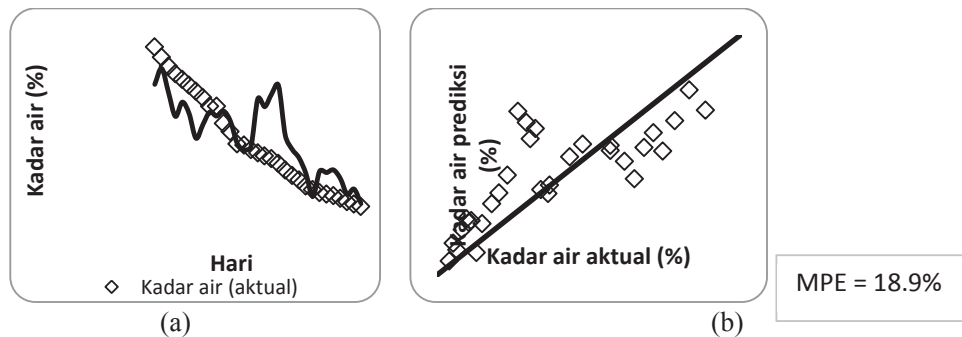


Gambar 10. Korelasi nilai fitur tekstur terhadap kadar air tanah lahan kering dengan penangkap citra *infrared webcam*

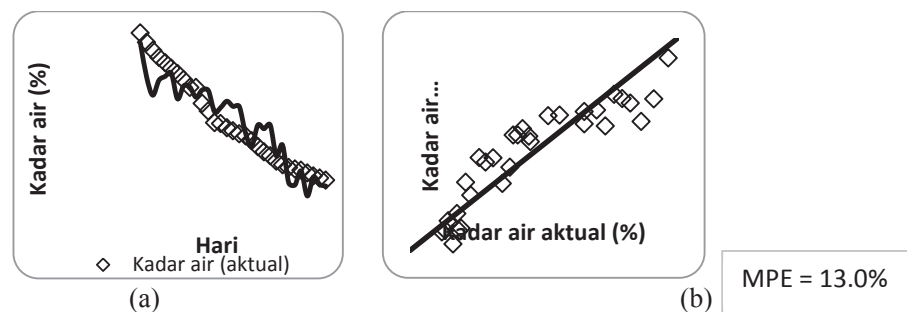
Pendugaan Kadar Air Tanah Lahan Kering Menggunakan Parameter Visual Citra

Pada pendugaan kadar air tanah lahan kering, seperti yang telah diuraikan sebelumnya bahwa untuk penangkap citra *webcam* tidak ada parameter visual yang berkorelasi kuat terhadap nilai kadar airnya, sedangkan dengan penangkap citra *infrared webcam* hanya parameter intensitas citra yang berkorelasi kuat. Oleh karena itu, dalam pembahasan ini akan dibandingkan antara prediksi kadar air tanah lahan kering dengan penangkap citra *webcam* dan *infrared webcam* menggunakan parameter intensitas citra.

Pada Gambar 11 dan Gambar 12 terlihat bahwa error yang dihasilkan pada prediksi kadar air tanah lahan kering menggunakan parameter intensitas dengan penangkap citra *webcam* adalah sebesar 18,9%. Error ini cukup besar jika dibandingkan dengan error yang dihasilkan pada prediksi sejenis dengan penangkap citra *infrared webcam*, yaitu sebesar 13%. Dengan demikian, penangkap citra *infrared webcam* lebih baik hasilnya dalam mendeteksi dan mengidentifikasi besarnya kadar air tanah untuk lahan kering dibandingkan dengan penangkap citra *webcam*.



Gambar 11. Penurunan (a) dan hubungan (b) kadar air aktual dan kadar air prediksi menggunakan parameter intensitas pada tanah lahan kering dengan penangkap citra *webcam*.



Gambar 12. Penurunan (a) dan hubungan (b) kadar air aktual dan kadar air prediksi menggunakan parameter intensitas pada tanah lahan kering dengan penangkap citra *infrared webcam*.



KESIMPULAN

1. Pendugaan kadar air tanah lahan sawah dan lahan kering dapat dilakukan dengan penangkap citra *webcam* dan *infrared webcam* menggunakan parameter visual hasil pengolahan citra.
2. Dengan menggunakan parameter intensitas citra, *infrared webcam* menghasilkan error lebih kecil dibandingkan penangkap citra *webcam*, baik untuk tanah lahan sawah maupun lahan kering.

DAFTAR PUSTAKA

- Adamchuk, V.I., J.W. Hummel, M.T. Morgan, and S.K. Upadhyaya. 2004. On-the-go soil sensors for precision agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture*, 44: 71–91.
- Bogrekeci, I. and W. S. Lee. 2006. Effects of Soil Moisture Content on Absorbance Spectra of Sandy Soils in Sensing Phosphorus Concentrations Using UV-VIS-NIR Spectroscopy. *Transactions of the ASABE*, 49(4): 1175–1180.
- Islami, T. dan W. H Utomo, 1995. *Hubungan Tanah, Air dan Tanaman*. IKIP Semarang Press, Semarang.
- Kaleita, A.L., L.F. Tian, and M.C. Hirschi. 2005. Relationship between Soil Moisture Content and Soil Surface Reflectance. *Transactions of the ASAE*, 48(5): 1979–1986.
- Koschan, A. and M. Abidi. 2008. *Digital Color Image Processing*. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.
- Manchanda, M.L., M. Kudrat, dan A.K.Tiwari. 2002. Soil survey and mapping using remote sensing. *Tropical Ecology* 43(1): 61-74.
- Mouazen, A.M. W. Saeys, J. Xing, J. De Baerdemaeker and H. Ramon. 2005. Near Infrared Spectroscopy for Agricultural Materials: An Instrument Comparison. *J. Near Infrared Spectrosc.* 13, 87–97.
- Nixon, M. S. and A. S. Aguado. 2008. *Feature Extraction and Image Processing*. Elsevier Ltd. Oxford.
- Pratt, W. K. 2007. *Digital Image Processing*. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.
- Steenpass, C., J. Vanderborght, M. Herbst, J. Simunek, and H. Vereecken. 2010. Estimating Soil Hydraulic Properties from Infrared Measurements of Soil Surface Temperatures and TDR Data. *Vadose Zone Journal*, 9: 910–924.
- Sulistyo, S. B. dan Masrukhi. 2011. Kajian Pendugaan Kadar Air Tanah dengan Menggunakan Pengolahan Citra Digital. *Inovasi*, 5(02): 117-131.
- Verhoef, A. and A.F. Kusanovic. 2011. Prediction of Soil Moisture Content from Soil Temperatures. *Geophysical Research Abstracts*, Vol. 13, EGU2011-6097.