ANALISIS CITRA UNTUK MENGAMATI PERUBAHAN KENAMPAKAN VISUAL BAWANG MERAH (*ALLIUM ASCALONICUM*, L) KARENA PENGERINGAN

Image Analysist to Observe Changes of Visual Appearance of Dehydrated Red Onion (Allium ascalonicum L)

Rudiati Evi Masithoh[1], Sony Anshory Kusuma[1]

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengamati perubahan kenampakan visual bawang merah (Allium ascalonicum, L) yang dikeringkan yang dinyatakan dalam parameter citra yaitu area dan tekstur (entropi, energi, kontras, dan homogenitas) menggunakan teknik pengolahan dan analisis citra. Analisis citra dilakukan dengan menggunakan machine vision yang terdiri dari webcam, iluminasi (lampu), komputer dan perangkat lunak pengolah citra. Nilai entropi dan kontras akan mempunyai kecenderungan meningkat jika terjadi penurunan kadar air pada bahan, sedangkan energi, homogenitas, dan area akan menurun dengan berkurangnya kadar air. Dari analisis statistik dapat dinyatakan bahwa kadar air bawang merah merupakan fungsi dari parameter citra, yaitu energi, entropi, homogenitas, dan area; sedangkan nilai kontras tidak memberikan kontribusi. Dengan menggunakan machine visión system yang dikembangkan maka diharapkan dapat digunakan untuk memprediksi kadar air berdasarkan parameter tekstur dan area.

Kata kunci: *Bawang merah, kadar air, pengolahan citra, analisis citra, area, tekstur*

ABSTRACT

This research aimed at observing changes of visual appearance of dehydrated sliced red onion (Allium ascalonicum L) and its image parameters, i.e. area and textures (entropy, energy, contrast, and homogeneity) using image processing and analysis. Images analysis was conducted using the image processing system consisted of a webcam, illuminations, computer hardware, and image processing software. Entropy and contrast increased as moisture contents decreased, whereas energy, homogeneity and area decreased as the moisture contents decreased. Statistical analysis resulted in the relationship between red onion moisture content and its textural image parameters, i.e. entropy, energy, homogeneity and area; while contrast did not contribute significantly to the moisture content. Using the developed machine vision system it is expected to determine the moisture content of sliced red onion based on image parameters, i.e. texture and area.

Keywords*: Red onion, moisture content, image processing, image analysis, area, texture.*

PENDAHULUAN

Bawang merah (*Allium ascalonicum* L) merupakan komoditi yang dijumpai di lahan kering dan dibudidayakan di wilayah pantai. Bawang merah banyak digunakan sebagai bumbu dalam masakan Indonesia. Salah satu cara penanganan bawang merah adalah dengan pengeringan. Pengeringan merupakan salah satu cara mengawetkan bawang merah, dengan cara mengurangi kadar air untuk memperlambat kerja mikroorganisme yang dapat merusak bahan tersebut tersebut. Pengeringan juga dapat mengurangi massa dan volume bahan untuk meningkatkan efisiensi penyimpanan dan transportasi (Singh dan Heldman, 2001). Pengeringan tidak hanya mempengaruhi kadar air tetapi juga sifat fisik dan kimia dari bahan yang dikeringkan tersebut antara lain aktivitas air, kerusakan mikrobia, reaksi enzimatis dan non-enzimatis, fenomena struktur dan fisik, serta kerusakan nutrisi, aroma dan rasa (Barbosa-Canovas dan Merdaco, 1996). Pengeringan dapat dilakukan dengan cara sederhana dengan diangin-anginkan di tempat yang teduh yang memakan waktu sekitar 4-5 hari (Samadi, 1996).

Citra merupakan representasi, kemiripan, atau imitasi dari suatu obyek atau benda (Achmad dan Firdausy, 2005). Citra dapat dikelompokkan menjadi citra tampak dan citra tak

[1] Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada, Jl. Sosio Yustisia, Yogyakarta 55281. Email: evi@gadjahmada.edu

tampak. Citra tampak dapat berupa gambar dalam bentuk foto atau lukisan serta citra optis (hologram). Citra tak tampak berupa citra dalam bentuk matematis atau data gambar dalam file (citra digital). Selain itu terdapat citra fisik tak tampak misalnya citra distribusi panas di kulit manusia. Citra yang dapat diolah dengan menggunakan komputer adalah citra digital, sehingga citra lain supaya dapat diolah dengan komputer harus diubah ke dalam citra digital; kegiatan ini disebut pencitraan (*imaging*).

Suatu citra digital dapat diolah menjadi citra digital yang baru melalui proses-proses perbaikan citra (*image restoration*) dan peningkatan kualitas citra (*image enhancement*). Selanjutnya citra digital baru yang dihasilkan tersebut dianalisis (*digital image analysis*) untuk memperoleh keputusan atau data; salah satu prosesnya adalah dengan pengenalan pola (*pattern recogition*). Tujuan pengolahan citra digital adalah untuk mengekstrak informasi yang berguna dari citra atau untuk mengolah citra tersebut sedemikian sehingga lebih mudah bagi sistem penglihatan manusia untuk "membaca" informasi yang terkandung dalam citra tersebut (Mengko, 1991).

Teknik pengolahan citra telah berkembang dan banyak diaplikasikan dalam bidang pertanian. Misalnya algoritma untuk menentukan kandungan nutrisi tanaman berdasarkan kandungan klorofil pada daun, berdasarkan pada citra yang diperoleh dari video kamera dengan menggunakan pengolahan citra (Kawashima dan Nakatani, 1998). Dalam hubungannya dengan pengenalan (*recognition*) atau identifikasi terung, beberapa penelitian menggunakan teknik pengolahan citra telah dilakukan, antara lain oleh Kawamura, dkk. (1985) yang melaporkan karakteristik kromatik dari terung dengan menggunakan filter R, G, dan B. Blasco dkk. (2002) dan Cho dkk. (2002) menggunakan machine vision untuk mengidentifikasi gulma di antara tanaman induk. Doehlert dkk. (2004) menggunakan analisis dimensi yaitu panjang, lebar, dan luas bijian untuk menentukan keseragaman bijian oat. Yadav dan Jindal (2007) mengamati perubahan dimensi dari beras selama perendaman. Sedangkan Sakai dkk. (1996) menggunakan teknik analisis citra untuk membedakan antara brown rice dan polished rice berdasarkan parameter luar, keliling, panjang maksimum, lebar maksimum, kekompakan, dan elongation.

Analisis citra juga mendasarkan pada fitur yang diekstrak dari bagian dalam batas obyek, yang disebut fitur citra internal (*internal image features*). Dua fitur citra internal yang utama adalah warna dan tekstur (Fernandez dkk., 2005). Quevedo dkk. (2002) menggunakan Fractal Dimension sebagai salah satu metode dalam analisis tekstur citra untuk secara numerik menggambarkan permukaan makanan dan struktur mikro dari sel kentang. Gonzales-Baron (2008) menggunakan tiga parameter tekstur, yaitu kekasaran bijian (*grain coarseness*), heterogenitas and isotropi, untuk membedakan antara organik dan non-organik permukaan dari roti tawar. Selain pengamatan kenampakan luar dari obyek, beberapa penelitian juga dilakukan untuk mencari hubungan antara internal properties dengan komponen warna dari obyek. Arias dkk. (2000) mencari hubungan antara komponen warna (L, a, b, hue dan chroma) dan kandungan lycopene pada berbagai tingkat kematangan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengamati perubahan kenampakan visual bawang merah (*Allium ascalonicum* L) yang dikeringkan yang dinyatakan dalam parameter citra yaitu area dan tekstur (entropi, energi, kontras, dan homogenitas) menggunakan teknik pengolahan dan analisis citra. Teknik pengolahan citra digunakan sebagai sarana untuk menggantikan visualisasi manusia dalam proses identifikasi atau pengenalan bawang merah, dalam kaitannya dengan perubahan fisik dan kadar air setelah bawah merah tersebut dikeringkan. Dengan teknik pengolahan citra, maka perubahan fisik bawang merah -baik perubahan tekstur permukaan maupun ukuran- dapat dilakukan secara non-kontak dalam waktu nyata (*real time*).

METODE PENELITIAN

Bahan

Bahan yang digunakan adalah bawang merah varietas Burma yang diperoleh di pasar tradisional dengan kadar air awal 88 % (d.b). Bawang diiris melintang menjadi dua bagian dan salah satu bagian digunakan untuk analisis.

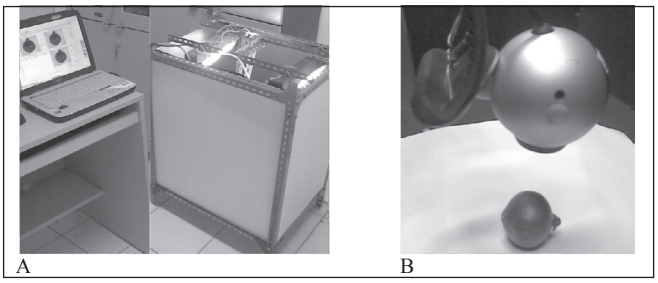
Penentuan Kadar Air Secara Gravimetri

Bawang yang diiris diambil citranya menggunakan webcam dan ditimbang beratnya (g). Bawang kemudian dijemur di bawah sinar matahari selama 10 hari. Setiap hari 3 sampel diambil gambarnya masing-masing 5 kali dan diukur beratnya menggunakan timbangan analitis. Gambar citra tersebut akan digunakan dalam analisis tekstur dan area. Kadar air ditentukan menggunakan metode gravimetri pada suhu 100 °C sampai mencapai berat yang konstan.

Pengolahan Citra dan Analisis Citra

Perangkat pengolah citra yang digunakan pada penelitian ini adalah seperti pada Gambar 1. Dua lampu TL sebesar masing-masing 10 W digunakan sebagai iluminasi yang ditempatkan di bagian atas membentuk sudut 45 ° antara lampu dengan webcam. Citra ditangkap di atas kertas warna putih menggunakan webcam (Logitech QuickCam Pro 5000) dengan spesifikasi resolusi video capture sampai dengan 1,3 megapiksel, ukuran citra sampai dengan 1,3 megapiksel, antarmuka USB, tipe sensor CMOS, format citra hasil

tangkapan BMP, JPG, dan TIF, video frame rate 30 frame/detik pada resolusi 1,3 mega piksel, dan lensa manual focus. Citra yang ditangkap kemudian dianalisis dengan komputer (Intel Celeron M 530. 1,73 GHz, dan RAM 512 MB). Sedangkan pengolahan dan analisis citra dilakukan dengan Borland Delphi version 7 (dilengkapi dengan Delphi TvideoCap versi 2.3) dan Microsoft Excel.



Gambar 1. *Computer vision system* untuk pengolahan dan analisis citra bawang merah.

(A) gambaran sistem secara lengkap, dan (B) webcam sebagai penangkap citra

Citra bawang merah yang ditangkap oleh webcam kemudian dianalisis area dan parameter teksturnya. Berikut ini adalah beberapa segmentasi citra yang dilakukan.

Area

Menurut Wijaya (2007), suatu area (A) adalah pengukuran dari ukuran latar depan (*foreground*) dari citra atau dapat juga dikatakan sebagai jumlah piksel pada citra. Ahmad (2005) menjelaskan bahwa area adalah jumlah piksel dalam S, jadi bila dalam satu citra terdapat lebih dari satu komponen , S1, S2, ... Sn maka akan ada A1, A2, ... An. Jadi nilai area suatu objek adalah jumlah dari piksel-piksel penyusun objek tersebut karena sejumlah piksel tadi membentuk suatu luasan. Area dapat mencerminkan ukuran atau berat objek sesungguhnya pada beberapa benda pejal dengan bentuk yang hampir seragam

Analisis Tekstur

Salah satu metode dalam pengolahan citra adalah analisis tekstur. Metode ini dikenalkan oleh Haralick dkk. (1973), bahwa tekstur merupakan salah satu karakteristik penting yang digunakan untuk mengidentifikasi objek atau bagian yang diteliti dari suatu objek. Tekstur mengandung informasi yang penting tentang susunan struktural dari permukaan dan hubungannya dengan lingkungan sekitar. Tekstur dicirikan sebagai distribusi spasial dari derajat keabuan di dalam sekumpulan piksel-piksel bertetangga. Jadi, tekstur tidak dapat didefinisikan sebagai sebuah piksel. Sistem visual manusia pada hakikatnya tidak menerima informasi citra secara independen pada setiap piksel, melainkan suatu citra dianggap sebagai suatu kesatuan (Munir, 2004).

Dalam analisa tekstur terdapat beberapa fitur yang dapat mencerminkan tekstur suatu benda. Fitur tersebut antara lain energi, entropi, kontras dan homogenitas. Menurut Ahmad (2005), perhitungan sifat-sifat tekstur ini tidak lagi menggunakan informasi nilai intensitas dalam citra, melainkan nilai-nilai lain yang sudah dikemas dalam bentuk matriks co-occurance yang baru terbentuk. Maka, untuk menganalisa fitur-fitur tekstur tersebut harus terlebih dahulu dibuat matriks co-occurance.

Matriks intensitas co-occurrence adalah matriks yang menggambarkan frekuensi munculnya pasangan dua piksel dengan intensitas tertentu dalam jarak dan arah tertentu dalam citra (Ahmad, 2005). Salah satu sifat tekstur dapat diambl dari nilai statistik nilai intensitas abu-abu dalam citra yaitu rata-rata (mean). Nilai mean dari suatu sebaran nilai intensitas citra abu-abu dapat dicari tanpa bantuan matriks co-occurrence karena sifatnya sederhana. Tetapi untuk mengekstrak sifat-sifat lain dalam analisis tekstur matriks co-occurrence sangat diperlukan untuk membantu perhitungan sifat-sifat yang akan diekstrak dari citra tersebut. Jika piksel hitam tersebar secara acak pada seluruh bagian citra tanpa struktur yang tetap, matriks intensitas co-occurrence tidak akan mempunyai pasangan dengan pola tertentu. Oleh karena itu sebuah fitur untuk mengukur keteracakan dari distribusi intensitas disebut entropi yang didefinisikan sebagai

$$\text{Entropi} = -\sum_{i_1}\sum_{i_2} p(i_1,i_2)\log p(i_1,i_2) \quad \ldots\ldots (1)$$

Fitur lain dalam analisis tekstur adalah energi yang merupakan fitur untuk mngukur konsentrasi pasangan intensitas pada matriks co-occurrence dan difenisikan sebagai

$$\text{Energi} = \sum_{i_1}\sum_{i_2} p^2(i_1,i_2) \quad \ldots\ldots (2)$$

Nilai energi makin besar jika pasangan piksel yang memenuhi syarat matriks intensitas co-occurrence terkonsentrasi pada beberapa koordinat dan mengecil bila letaknya menyebar. Fitur lain adalah kontras yang digunakan untuk mengukur kekuatan perbedaan intensitas dalam citra dan dinyatakan dengan

$$\text{Kontras} = \sum_{i_1}\sum_{i_2} (i_1 - i_2)^2 p(i_1,i_2) \quad \ldots\ldots (3)$$

Nilai kontras makin besar jika variasi intensitas dalam citra tinggi dan menurun jika variasi intensitas rendah. Kebalikan dari kontras adalah homogenitas yang digunakan untuk mengukur kehomogenan variasi intensitas dalam citra dan didefinisikan dengan

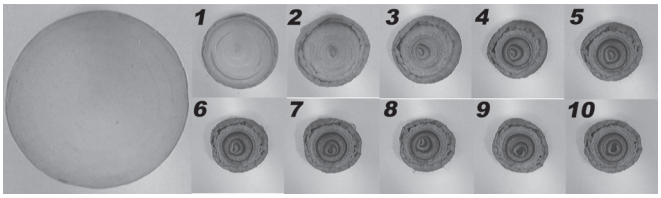
$$\text{Homogenitas} = \sum_{i_1}\sum_{i_2} \frac{p(i_1,i_2)}{1+|i_1 - i_2|} \quad \ldots\ldots (4)$$

Nilai homogenitas makin besar jika variasi intensitas dalam citra mengecil dan sebaliknya.

Dalam persamaan-persamaan tersebut, notasi *p* melambangkan probabilitas, yang bernilai mulai nol hingga satu, yaitu nilai elemen dalam matriks co-occurance, sedangkan i_1 dan i_2 melambangkan pasangan intensitas yang berdekatan, yang dalam matriks co-occurence masing-masing menjadi nomor baris dan nomor kolom.

HASIL DAN PEMBAHASAN

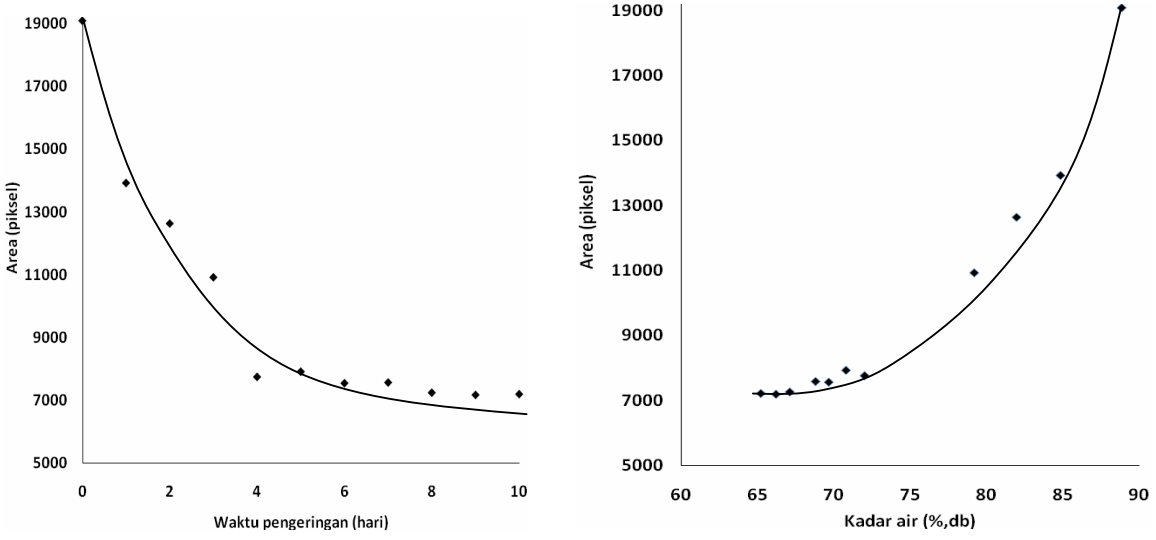
Gambar 2 merupakan deretan tampilan citra bawang merah yang diiris setelah mengalami pengeringan di bawah sinar matahari selama 10 hari. Dari gambar tersebut tampak secara visual bahwa terjadi perubahan ukuran luas penampang, bentuk dan warna. Dengan bertambahnya lama waktu pengeringan maka ukuran permukaan bawang akan semakin mengecil (mengkerut), bentuk permukaan juga semakin tidak beraturan (dari bentuk awal yang cenderung bundar), serta warna bawang akan semakin kecoklatan. Selain itu juga tampak tekstur permukaan dengan lapisan-lapisan yang semakin nyata seiring dengan berkurangnya kadar air karena pengeringan.



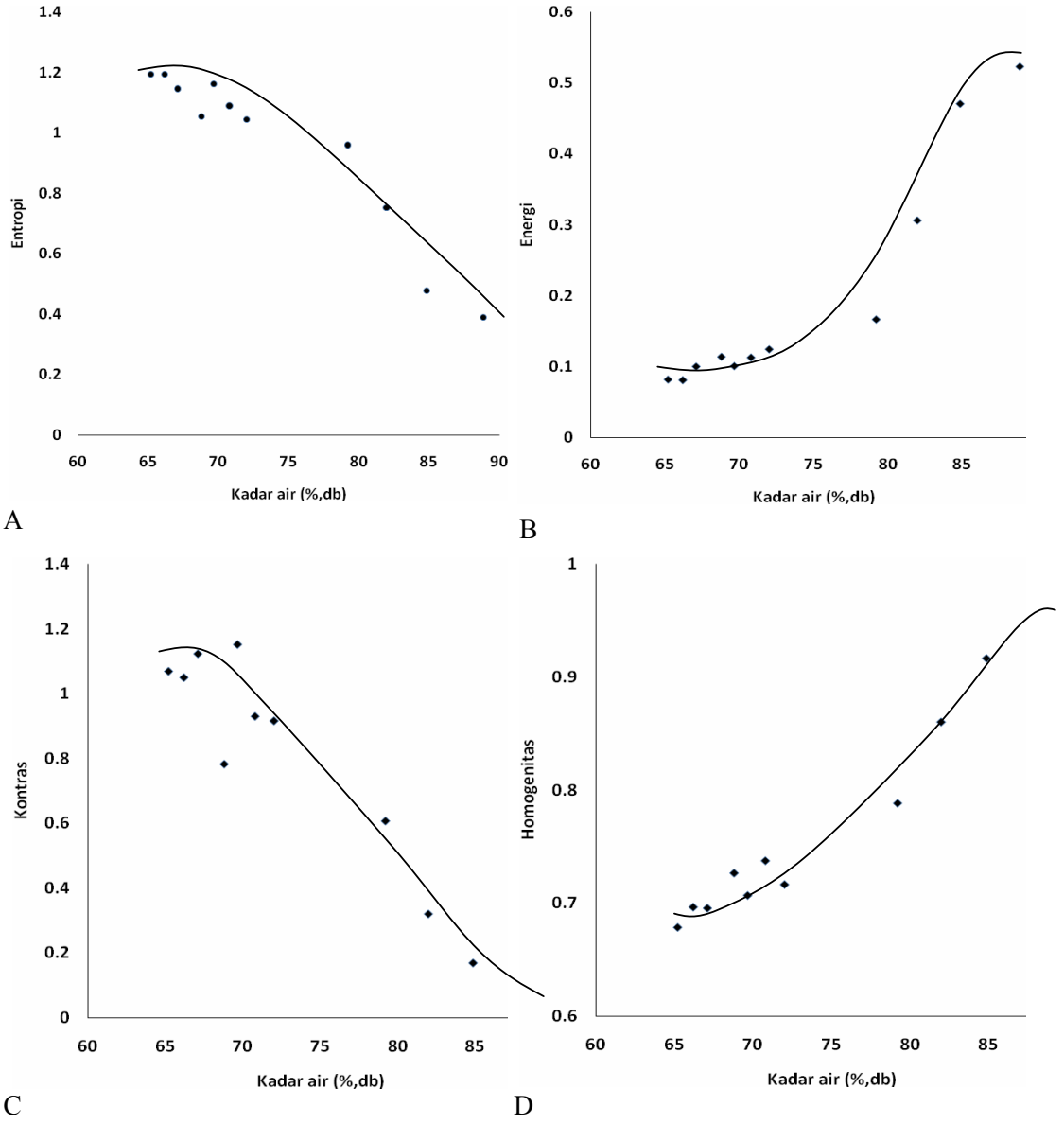
Gambar 2. Tampilan citra dari bawang merah iris sebagai fungsi dari waktu pengeringan (waktu dalam hari)

Area yang merupakan salah satu fitur morfologi untuk menyatakan jumlah piksel penyusun obyek; area akan mengalami penurunan sejalan dengan waktu pengeringan, fenomena yang sama tampak dari temuan Fernandez dkk. (2005). Area akan mengalami penurunan signifikan sampai dengan hari ke 4 kemudian akan mendekati konstan (Gambar 3). Kadar air bawang merah akan berkurang sejalan dengan waktu pengeringan yang berdampak juga pada berkurangnya area dengan berkurangnya kadar air.

Gambar 4 menunjukkan beberapa fitur tekstur bawang merah iris menggunakan metode pengukuran matrix co-occurence. Dari ke empat gambar yang ada, maka tampak bahwa nilai entropi dan kontras akan mempunyai kecenderungan meningkat jika terjadi penurunan kadar air pada bahan, sedangkan energi dan homogenitas mempunyai kecenderungan yang sebaliknya. Nilai entropi (Gambar 4A) yang tinggi akan terjadi jika frekuensi co-occurrence tersebar merata di dalam matriks co-occurrence. Hal ini terjadi jika bawang merah dikeringkan atau pada kadar air yang rendah. Nilai energi menurun sejalan dengan bertambahnya waktu pengeringan terutama pada empat hari pertama pengeringan (gambar tidak disertakan) dan tampak pada Gambar 4B bahwa nilai energi menurun dengan berkurangnya kadar air. Hal ini menunjukkan bahwa pada saat itu bawang merah distribusi spasial citra menjadi kurang seragam (Fernandez dkk., 2005). Nilai kontras (Gambar 4C) yang semakin meningkat seiring dengan waktu pengeringan (data tidak disertakan) atau dengan kata lain dengan penurunan kadar air maka nilai kontras akan meningkat; hal ini menunjukkan bahwa terdapat variasi lokal yang tinggi pada distribusi spasialnya. Sedangkan pada nilai homogenitas (Gambar 4D) mengalami penurunan karena pada bawang merah yang dikeringkan akan kehilangan homogenitas pada teksturnya.



Gambar 3. Area dari bawang merah iris terhadap waktu pengeringan dan kadar air

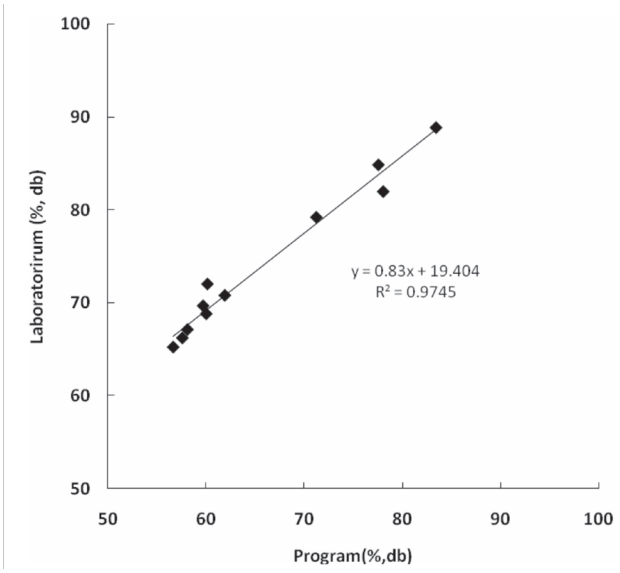


Gambar 4. Berbagai perilaku tekstur citra (parameter tidak bersatuan) terhadap kadar air (%, db). (A) Entropi, (B) Energi, (C) Kontras, dan (D) Homogenitas

Berdasarkan pengamatan yang dilakukan, selanjutnya dicari hubungan antara kadar air dengan fitur tekstur, yang meliputi energi, entropi, kontras dan homogenitas, serta area citra bawang merah. Analisis yang dilakukan menggunakan *software* SPSS 16. Dari data tersebut kemudian dibuat grafik tekstur vs kadar air (gambar tidak disertakan) dan area vs kadar air (gambar tidak disertakan) untuk menentukan hubungan antara variabel-variabel tersebut. Dengan menggunakan SPSS 16 maka diperoleh persamaan antara kadar air yang merupakan fungsi dari energi, entropi, kontras, homogenitas, dan area. Dari persamaan diperoleh bahwa konstanta berpangkat untuk variabel kontras adalah 0,00 sehingga akan menghasilkan nilai 1, sehingga fitur kontras tidak mempunyai kontribusi dalam menentukan kadar air bawang merah iris. Persamaan yang diperoleh untuk mencari besarnya kadar air berdasarkan fitur tekstur citra yaitu energi, entropi, dan homogenitas, serta area adalah seperti tampak pada Persamaan 5.

$$\text{Kadar Air (\%,d.b)} = 6{,}434268\ \text{Energi}^{0{,}081}\ \text{Entropi}^{0{,}250}\ \text{Homogenitas}^{0{,}693}\ \text{Area}^{0{,}293} \quad \ldots\ldots (5)$$

Gambar 5 menunjukkan hubungan antara kadar air yang ditentukan dari program pengolah citra dengan kadar air yang diukur secara gravimetri. Grafik di atas menunjukkan nilai R *square* kedua variabel bernilai 0,974 yang artinya keterkaitannya sangat erat. Grafik tersebut juga menunjukkan bahwa hubungan antara kadar air yang diukur secara gravimetri (Y) dengan kadar air yang diperoleh dari program (X) adalah Y = 0.83X+19.4. Persamaan ini masih merupakan



Gambar 5. Grafik hubungan antara kadar air dari program dengan kadar air yang diukur di laboratorium secara gravimetri

hasil validasi dari *sample* bawang merah yang dilakukan dalam penelitian, dan belum dilakukan uji prediksi pada *sample* bawang merah yang lainnya.

KESIMPULAN

Suatu program pengolah citra telah dibuat untuk menentukan besarnya tekstur (entropi, energi, homogenitas, dan kontras) dan area dari bawang merah. Perilaku perubahan tekstur dan area bawang merah yang diiris dapat diamati sejalan dengan lama pengeringan dan perubahan kadar air. Nilai entropi dan kontras akan mempunyai kecenderungan meningkat jika terjadi penurunan kadar air pada bahan, sedangkan energi dan homogenitas akan mengalami penurunan jika kadar air bahan berkurang. Area akan mengalami penurunan dengan berkurangnya kadar air. Dengan kondisi pengukuran sesuai dengan lingkungan saat penelitian maka dapat dinyatakan bahwa kadar air bawang merah merupakan fungsi dari parameter citra, yaitu energi, entropi, homogenitas, dan area; sedangkan nilai kontras diyakini tidak memberikan kontribusi pada kadar air bawang merah. Dengan menggunakan *machine visión system* yang dikembangkan di Jurusan Teknik Pertanian, maka diharapkan dapat digunakan untuk memprediksi kadar air berdasarkan parameter tekstur dan area.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih diucapkan kepada Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Gadjah Mada yang telah memberikan dana penelitian melalui Dana Masyarakat 2007.

DAFTAR PUSTAKA

Achmad, B. dan Firdausy, K. (2005). *Teknik Pengolahan Citra Digital Menggunakan Delphi*. Ardi Publishing, Yogyakarta.

Ahmad, U. (2005). *Pengolahan citra digital dan teknik pemrogramannya*. Penerbit Graha Ilmu, Yogyakarta.

Arias, R., Lee, T.C., Logendra, L. dan Janes, H. (2000). Correlation of lycopene measured by HPLC with the L*, a*, b* color readings of a hydroponic tomato and the relationship of maturity with color and lycopene content. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* **48**: 1697-1702.

Barbosa-Canovas, G. V. dan Merdaco, H. V. (1996). *Dehydration of Foods*. Chapman & Hall, New York.

Blasco, J., Aleixos, N., Roger, J.M., Rabatel, G. dan Molto, E. (2002). Robotic weed control using machine Vision. *Biosystems Engineering* **83**: 149-157.

Cho, S. I., Lee, D. S. dan Jeong, J.Y. (2002). Weed–plant discrimination by machine vision and artificial neural network. *Biosystems Engineering* **83**: 275-280.

Doehlert, D.C. McMullen, M.S., Jannink, J.L., Panigrahi, S., Gu, H. dan Riveland, N.R. (2004). Evaluation of oat kernel size uniformity. *Crop Science* **44**: 1178-1186.

Fernandez, L., Castillero, C. dan Aguilera, J.M. (2005). An application of image analysis to dehydration of apple discs. *Journal of Food Engineering* **67**:185-193.

Gonzales-Barron, U. dan Butler, F. (2008). Discrimination of crumb grain visual appearance of organic and non-organic bread loaves by image texture analysis. *Journal of Food Engineering* **84**: 480-488.

Kawamura, N., Namikawa, K., Fujiura, T. dan Ura, M. (1985). Study on robot (Part 2) - Measurement of fruit location by MOS type color TV camera and fundamental experiment of fruit harvesting. *JSAM* **47**: 177-182.

Kawashima, S. dan Nakatani, M. (1998). An algorithm for estimating chlorophyll content in leaves using a video camera. *Annals of Botany* **81**: 49-54.

Mengko, T. (1991). *Algoritma dan arsitektur pengolahan citra*. Pusat Antar Universitas Bidang Mikroelekronika ITB, Bandung.

Munir, R. (2004). *Pengolahan Citra Digital dengan Pendekatan Algoritmik*. Bandung: Informatika.

Quevedo, R., Carlos, L.G., Aguilera, J.M. dan Cadoche, L. (2002). Description of food surfaces and microstructural

changes using fractal image texture analysis. *Journal of Food Engineering* **53**: 361-371.

Sakai, N., Yonekawa, S., Matsuzaki, A. dan Morishima, H. (1996). Two-dimensional image analysis of the shape of rice and its application to separating varieties. *Journal of Food Engineering* **21**: 397-407.

Samadi, B. dan Cahyono, B. (1996). *Intensifikasi Budidaya Bawang Merah.* Penerbit Kanisius, Yogyakarta.

Singh, R. P. dan Heldman, D. R. (2001). *Introduction to food engineering* (3 ed.). Academic Press, London.

Wijaya, M. C. dan Prijono, A. (2007). *Pengolahan Citra Digital Menggunakan MATLAB*. Bandung. Penerbit Informatika.

Yadav, B.K. dan Jindal, V.K. (2007). Modeling changes in milled rice (*Oryza sativa* L.) kernel dimensions during soaking by image analysis. *Journal of Food Engineering* **80**: 359-369.