

Identifikasi Varietas Berdasarkan Warna dan Tekstur Permukaan Beras Menggunakan Pengolahan Citra Digital dan Jaringan Syaraf Tiruan

Adnan¹, Suhartini², dan Bram Kusbiantoro²

¹Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Papua
Jl. Pembangunan-Pertanian, Jati-jati, Merauke, Papua
E-mail: adnan@litbang.deptan.go.id

²Balai Besar Penelitian Tanaman Padi
Jl. Raya 9 Sukamandi, Subang 41256
E-mail: tini.aku@gmail.com

Naskah diterima 4 Juni 2012 dan disetujui diterbitkan 11 Januari 2013

ABSTRACT. Identification of Milled Rice Derived Varieties Based on Their Surface Colors and Textures Using Digital Image Processing and Artificial Neural Network. Research on milled rice color and texture using digital image processing technique is becoming important, due to its potential use as a basic method for rice derived variety identification. The research was aimed to identify milled rice of varieties Basmati, Inpari 1, and Sintanur using color and texture analysis based on digital image processing. A combination of color and texture analysis was used as input parameter and then analyzed in the next step using the artificial neural network (ANN) to determine input parameter that has the highest accuracy level. The experiment was conducted at Merauke Experiment Station, Papua Institute for Agriculture Assessment Technology from May to July 2011. The materials used were milled rice of varieties Basmati 370, Inpari 1, and Sintanur that were previously grown at Sukamandi Experiment Station of the Indonesian Center for Rice Research (ICRR). All samples were qualified as grade 1 based on SNI 6128:2008. Fifty image samples were taken from each variety to get a total of 150 images to be analyzed for their colors and textures using the digital image processing. The color and texture data were analyzed using the analysis of variance (ANOVA) and further tested using the Duncan's Multiple Range Test (DMRT) to obtain the median, while the data spread was analyzed using the boxplot method. The combination of color and texture as input parameters were analyzed using the ANN. One hundred and five rice data were used for training and 45 data were for testing. The results showed that the digital image processing and ANN recognized three output parameters in rice varieties of Basmati, Inpari 1, and Sintanur. Texture analysis with five input parameters were considered the best factor to be used in the ANN model with 100% accuracy.

Keywords: Digital image processing, artificial neural network, milled rice, texture, color.

ABSTRAK. Penelitian identifikasi warna dan tekstur beras menggunakan pengolahan citra digital menjadi penting karena berpotensi digunakan sebagai dasar untuk mengidentifikasi varietas beras. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi varietas beras Basmati 370, Inpari 1, dan Sintanur menggunakan analisis warna dan tekstur berdasarkan metode pengolahan citra digital. Kombinasi analisis warna dan tekstur sebagai parameter masukan diolah lebih lanjut menggunakan jaringan saraf tiruan (JST) untuk menentukan parameter masukan dengan tingkat akurasi paling tinggi. Penelitian dilaksanakan di Kebun Percobaan Merauke, Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Papua pada bulan Mei-Juli 2011. Bahan

penelitian berupa sampel beras varietas Basmati 370, Inpari 1, dan Sintanur kategori mutu 1 berdasarkan SNI 6128:2008 yang ditanam di KP Sukamandi, Balai Besar Padi. Sampel beras diambil sebanyak 50 citra untuk setiap varietas, sehingga terdapat 150 citra untuk diolah. Warna dan tekstur beras ditentukan menggunakan sistem pengolahan citra digital. Data fitur warna dan teksur dianalisis statistik menggunakan ANOVA dengan uji lanjut DMRT untuk mendapatkan nilai tengah, sedangkan sebaran data menggunakan metode *boxplot*. Selanjutnya, kombinasi warna dan tekstur sebagai parameter masukan dianalisis menggunakan JST. Sebanyak 105 data beras digunakan untuk *training* dan 45 data untuk *testing*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengolahan citra digital dan JST dapat mengenali tiga parameter keluaran berupa varietas beras Basmati, Inpari 1, dan Sintanur. Analisis tekstur dengan lima parameter masukan merupakan faktor terbaik yang digunakan untuk pemodelan JST dengan tingkat keakuratan 100%.

Kata kunci: Pengolahan citra digital, jaringan syaraf tiruan, beras, tekstur, warna.

Beras merupakan makanan pokok bagi masyarakat Indonesia dan beberapa negara di dunia, terutama Asia. Sebagai komoditas ekonomi dan politik, kekurangan stok beras nasional dapat menyebabkan ketidakstabilan politik, sehingga ketersediaan beras di pasar menjadi suatu keharusan untuk menjamin keamanan pangan.

Beras yang ada di pasar berasal dari berbagai varietas. Perbedaan varietas beras berkorelasi dengan mutu dan cita rasa (Singh *et al.* 2005, Correa *et al.* 2007). Karakter beras penting diketahui untuk proses perakitan varietas baru (Rathi *et al.* 2010), penyimpanan, penanganan, dan pengolahan lebih lanjut (Varnamkhasti *et al.* 2007). Pada industri beras yang modern, identifikasi sifat fisik beras bermanfaat dalam aspek pengendalian mutu (*quality control*) dan jaminan mutu (*quality assurance*). Konsumen tertentu menginginkan jaminan mutu beras yang dikonsumsinya. Sifat fisik beras merupakan karakter yang termudah dan tercepat untuk diidentifikasi.

Identifikasi terhadap varietas beras secara kasat mata sulit dilakukan sehingga perlu keahlian khusus. Salah satu teknologi pascapanen yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi jenis beras adalah pengolahan citra digital yang dikombinasikan dengan jaringan syaraf tiruan (JST) (Yadav and Jindal 2007, Kasai *et al.* 2007, Hwang *et al.* 2009). Metode identifikasi beras antara lain adalah berdasarkan rasio lebar dan panjang serta analisis protein (Thind and Sogi 2005). Metode lainnya adalah menggunakan *N absorption efficiency* (NAE) dan *N utilization efficiency* (NUE) (Cheng *et al.* 2011). Metode identifikasi beras tersebut biasanya membutuhkan waktu lama, relatif mahal, rumit, dan merusak sampel. Pengolahan citra digital mempunyai beberapa keunggulan, yaitu relatif murah, cepat dan tidak merusak sampel yang diukur. Teknologi ini dapat mengidentifikasi jenis beras melalui warna dan tekstur permukaan secara cepat dan sederhana.

Penelitian identifikasi varietas beras menggunakan pengolahan citra digital menjadi penting karena dapat digunakan sebagai dasar dalam mengidentifikasi varietas beras. Manfaat penting yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah data hasil identifikasi dapat digunakan sebagai acuan dalam proses pengendalian dan jaminan mutu produk beras yang akan dipasarkan, khususnya kemurnian varietas. Peningkatan kemampuan perangkat keras dan perangkat lunak menyebabkan pengolahan citra digital juga banyak diterapkan untuk mengukur atau mengidentifikasi biji-bijian selain beras seperti gandum, oat, dan barley (Visen *et al.* 2004, Sun *et al.* 2007, Douik and Abdellaoui 2010, Anami and Savakar 2009; Pazoki and Pazoki 2011).

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi beras dari beberapa varietas, yaitu Basmati 370, Inpari 1, dan Sintanur menggunakan analisis warna dan tekstur berdasarkan metode pengolahan citra digital. Kombinasi analisis warna dan tekstur ini kemudian digunakan sebagai parameter masukan dan diolah lebih lanjut menggunakan jaringan syaraf tiruan (JST) untuk menentukan parameter masukan dengan tingkat akurasi paling tinggi.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Kebun Percobaan Merauke milik BPTP Papua pada bulan Mei-Juli 2011. Sampel beras varietas Basmati 370, Inpari 1, dan Sintanur didapatkan dari pertanaman di KP Sukamandi, Balai Besar Penelitian Tanaman Padi (BB Padi) dengan kategori mutu 1 berdasarkan SNI 6128:2008. Sampel beras diambil secara acak yang diletakkan dalam cawan petri sebanyak 50 citra untuk

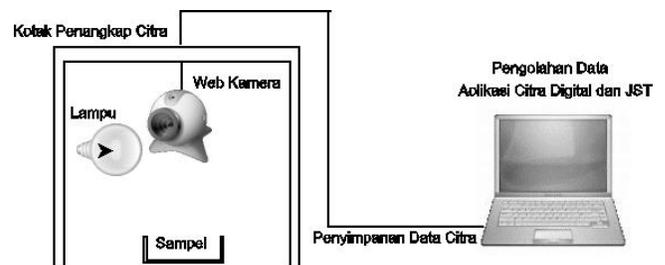
setiap varietas sehingga terdapat 150 citra untuk diidentifikasi menggunakan JST.

Warna dan tekstur beras ditentukan menggunakan sistem pengolahan citra digital (Gambar 1). Citra berwarna diambil menggunakan kamera *webcam* Umax astrapix PC 102 dengan sumber cahaya menggunakan lampu TL Philips 5W yang setara dengan 25W. Kamera berjarak 7 cm dari dasar objek. Citra diambil dan disimpan dalam format BMP menggunakan aplikasi *freeware* Ulead Photo Explorer 8.0 SE Basic dengan ukuran citra 640 x 480 piksel. Pengertian citra pada makalah ini adalah citra digital yang dapat didefinisikan sebagai sekumpulan piksel mengandung informasi nilai merah (R), hijau (G), dan biru (B). Citra tersebut diperoleh dari objek dikenai sinar yang bersifat analog, kemudian diubah menggunakan rangkaian alat elektronik yang disebut rangkaian citra digital menjadi citra bersifat diskret.

Citra yang sudah disimpan selanjutnya dikuantifikasi menggunakan aplikasi *opensource* image J berbasis Java. Kuantifikasi menggunakan aplikasi citra digital tersebut untuk mendapatkan fitur nilai merah (r), hijau (g), biru (b) yang secara otomatis terkandung dalam setiap piksel. Citra mempunyai rentang nilai 0-255. Nilai R, G, B dengan nilai 255 merupakan citra putih dan nilai 0 secara berturut-turut merupakan citra merah, hijau, dan biru.

Selanjutnya citra diubah menjadi bentuk 8 bit atau skala abu-abu untuk analisis tekstur permukaan. Parameter masukan untuk tekstur permukaan meliputi *angular second moment* (ASM), kontras, korelasi, *inverse difference moment* (IDM), dan entropi. Nilai ASM, korelasi, dan IDM tinggi menunjukkan permukaan beras semakin bertekstur halus sedangkan nilai kontras dan entropi tinggi menunjukkan permukaan beras semakin bertekstur kasar.

Data parameter masukan fitur warna dan teksur permukaan diolah menggunakan ANOVA dengan uji lanjut DMRT untuk mendapatkan nilai tengah. Sebaran data diolah menggunakan metode box plot. Kombinasi



Gambar 1. Rangkaian Pengolahan Citra Digital.

parameter masukan fitur warna, tekstur, dan kombinasinya kemudian dianalisis menggunakan JST menggunakan *freeware* AI Solver 1.0 dengan 1.000 iterasi. Analisis warna mempunyai tiga parameter masukan R, G, B sedangkan analisis tekstur permukaan memiliki lima parameter masukan ASM, kontras, korelasi, IDM dan entropi. Kombinasi analisis warna dan tekstur menggunakan 8 parameter masukan R, G, B, ASM, kontras, korelasi, IDM, dan entropi. Parameter keluaran terdiri dari tiga parameter yaitu varietas Basmati 370, Inpari 1, dan Sintanur. Hasil data citra digital beras menggunakan 105 buah untuk *training* dan 45 buah untuk *testing*. Pengertian *training* adalah pelatihan serangkaian parameter masukan untuk mengenal pola data menggunakan algoritma jaringan syaraf tiruan. Pola yang sudah didapat pada proses *training* tersebut diuji coba ketepatannya pada proses *testing*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Nilai tengah warna varietas beras tidak berbeda nyata pada nilai R dan berbeda nyata pada nilai G dan B (Tabel 1). Nilai warna tersebut terdapat pada kisaran yang rapat. Warna putih pada permukaan biji beras tampaknya masih sulit dibedakan oleh perangkat keras yang digunakan pada penelitian ini. Penggunaan perangkat keras yang lebih baik akan meningkatkan kemampuan dalam membedakan warna putih biji beras. Penggunaan kamera digital dengan resolusi yang lebih baik dan pengaturan sumber cahaya akan meningkatkan penampilan perbedaan warna putih yang dapat direkam pada citra digital. Nilai keseluruhan R, G, B pada Tabel 1 menunjukkan bahwa beras varietas Sintanur memiliki nilai tertinggi, yang diikuti secara berturut-turut oleh Basmati dan Inpari 1. Berdasarkan kondisi tersebut, Sintanur memiliki derajat putih yang lebih tinggi daripada Basmati dan Inpari 1.

Beberapa penelitian lain tentang fitur warna menggunakan citra digital untuk mengukur warna beras, seperti mengukur perubahan warna selama

pengolahan beras dan identifikasi varietas. Hasil penelitian Lv *et al.* (2009) menunjukkan metode citra digital yang lebih cepat dan murah berpotensi digunakan untuk mengukur perubahan warna beras secara *parboiled* walau perlu pengembangan lebih lanjut untuk meningkatkan keakuratannya dibandingkan dengan *spectrocolorimeter* yang relatif mahal. Liu *et al.* (2005^a) berhasil mengidentifikasi lima varietas beras berdasarkan nilai R, G, B dan dikombinasikan dengan bentuk. Namun penelitian lebih lanjut diperlukan untuk identifikasi biji beras menggunakan fitur warna karena adanya kemungkinan dipengaruhi oleh faktor selain varietas seperti derajat sosoh, kondisi, dan lama penyimpanan.

Nilai tengah tekstur permukaan berbeda sangat nyata pada semua fitur, yaitu ASM, kontras, korelasi, IDM, dan entropi (Tabel 2). Perbedaan ukuran biji beras pada masing-masing varietas menyebabkan perbedaan kerapatan pada permukaan tumpukan beras. Beras berbentuk ramping seperti Basmati lebih banyak jumlah bulirnya dalam satuan luas yang sama pada citra digital dibanding varietas yang memiliki bentuk lebih bulat seperti Sintanur. Hal ini menyebabkan lebih banyak terdapat celah antarberas pada varietas Basmati dibandingkan dengan Inpari 1 dan Sintanur. Kondisi tersebut menyebabkan Basmati 370 pada citra digital memiliki tekstur permukaan yang lebih kasar dibandingkan dengan Inpari 1 dan Sintanur. Tekstur permukaan beras Basmati lebih kasar yang dapat dilihat dari nilai ASM, korelasi, dan IDM yang lebih rendah serta nilai kontras dan entropi yang lebih tinggi dibandingkan dengan Inpari 1 dan Sintanur.

Penelitian terhadap tekstur permukaan pada biji-bijian lain menggunakan citra digital juga telah dilakukan oleh Zapotoczny (2011) pada biji gandum. Zapotoczny (2011) menggunakan 1.890 parameter tekstur dibandingkan dengan lima parameter tekstur permukaan pada penelitian ini sehingga dapat mengenali 11 varietas gandum hingga 100%. Mutu klasifikasi berdasarkan tekstur yang dilakukan tidak dipengaruhi oleh tahun penanaman dan kadar air.

Tabel 1. Nilai tengah warna beras berdasarkan varietas.

Varietas	R	G	B
Basmati	158 ^a	152 ^{ab}	152 ^b
Inpari 1	158 ^a	151 ^b	152 ^b
Sintanur	159 ^a	153 ^a	154 ^a
F-hitung	1,46 ^{ln}	4,18 [*]	4,74 [*]
KK(%)	1,81	1,58	1,91

^aberbeda nyata; ^{ln}tidak nyata, angka selajur yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata pada uji 0,05 DMRT.

Tabel 2. Nilai tengah tekstur beras berdasarkan varietas.

Varietas	ASM	Kontras	Korelasi	IDM	Entropi
Basmati	0,0030 ^c	8,69 ^a	0,0041 ^c	0,4550 ^c	6,38 ^a
Inpari1	0,0051 ^b	4,58 ^b	0,0071 ^b	0,5239 ^b	5,84 ^b
Sintanur	0,0067 ^a	3,28 ^c	0,0094 ^a	0,5648 ^a	5,53 ^c
F-hitung	907,31 ^{**}	870,27 ^{**}	627,62 ^{**}	1369,2 ^{**}	1328,91 ^{**}
KK(%)	8,72	12,26	10,99	2,061	1,41

^aberbeda nyata; ^{ln}tidak nyata, angka selajur yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata pada uji 0,05 DMRT.

Walaupun semakin banyak parameter bisa meningkatkan akurasi rata-rata, perlu dipertimbangkan waktu yang diperlukan untuk pemrosesan data yang semakin meningkat karena beban komputasi yang semakin berat.

Akurasi *training* data analisis warna dan tekstur ditampilkan pada Tabel 3, baik sebagai faktor tunggal maupun kombinasi. *Training* data dilakukan untuk mendapatkan pemodelan yang diuji pada *testing* data. Akurasi rata-rata terendah *training* data terdapat pada

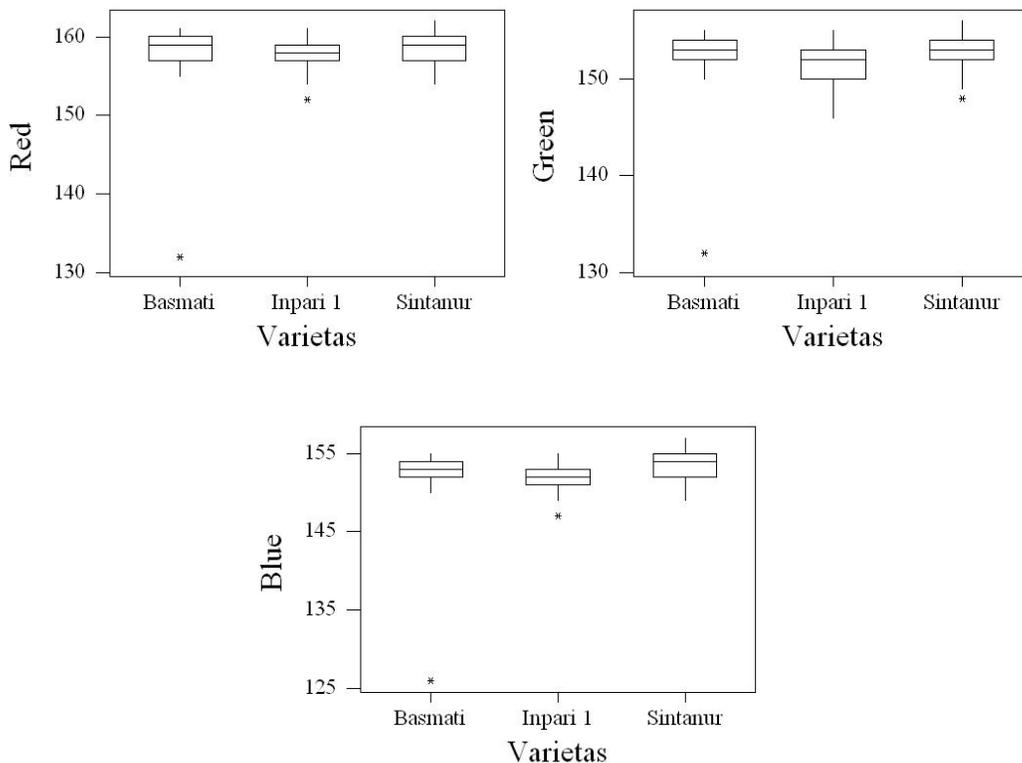
Tabel 3. Akurasi *training* data varietas beras berdasarkan warna dan tekstur.

Analisis	Varietas	Identi- fikasi benar	Identi- fikasi salah	Akurasi (%)	Akurasi rata-rata (%)
Warna	Basmati	23	27	46,00	56,81
	Inpari 1	20	25	44,44	
	Sintanur	8	2	80,00	
Tekstur	Basmati	35	0	100,00	99,07
	Inpari 1	35	1	97,22	
	Sintanur	34	0	100,00	
Warna+ tekstur	Basmati	35	0	100,00	98,20
	Inpari 1	35	2	94,59	
	Sintanur	33	0	100,00	

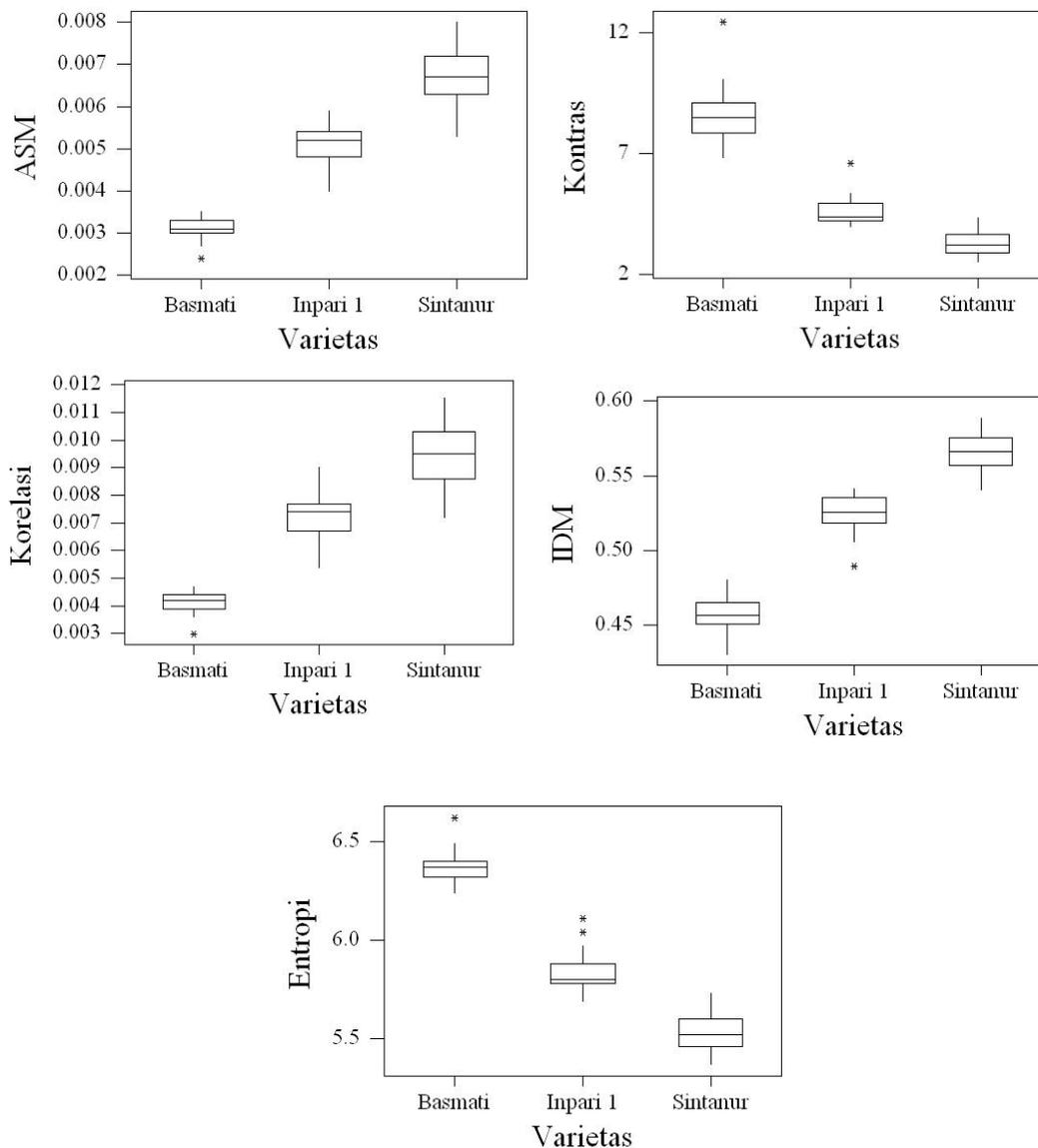
analisis warna. Pada analisis warna tersebut, varietas Sintanur memiliki tingkat pengenalan paling tinggi yaitu sebesar 80%. Kondisi ini tampaknya berkorelasi dengan uji nilai tengah varietas berdasarkan warna pada Tabel 1 dimana pada nilai B varietas Sintanur berbeda nyata dengan varietas lainnya sehingga mudah dikenali oleh JST. Kisaran nilai yang rapat pada analisis warna menyebabkan JST sulit mengenali varietas beras dengan tingkat keakuratan yang memuaskan.

Rendahnya hasil pengenalan varietas berdasarkan analisis warna menggunakan JST didukung oleh pengukuran sebaran data menggunakan box plot. Sebaran nilai analisis warna ditampilkan pada Gambar 2. Sebaran data nilai R, G, dan B berada pada kisaran yang rapat sehingga nilai akurasi rata-rata menjadi rendah.

Training data berdasarkan analisis tekstur memiliki akurasi rata-rata tertinggi (Tabel 3). Perbedaan ukuran beras yang mencolok membuat tekstur permukaan beras yang direkam dalam citra digital mudah dikenali oleh JST. Perbedaan tekstur pada Tabel 2 yang menampilkan nilai tengah tekstur varietas beras berbeda nyata pada semua parameter. Kesalahan identifikasi berdasarkan tekstur hanya terjadi pada varietas Inpari 1 sebanyak 1 buah sampel (Tabel 3).



Gambar 2. Sebaran data analisis warna beras berdasarkan metode box plot.



Gambar 3. Sebaran data analisis tekstur berdasarkan metode boxplot.

Gambar 3 menampilkan sebaran data analisis tekstur. Dari sebaran data tersebut terlihat perbedaan yang cukup mencolok pada ASM, kontras, korelasi, IDM, dan entropi. Perbedaan sebaran data pada lima parameter tersebut menyebabkan JST dapat mengenali varietas beras tanpa mengalami kesalahan. Keadaan ini membuat analisis tekstur lebih akurat daripada analisis warna sebagai parameter masukan pada JST.

Kombinasi analisis warna dan tekstur pada *training* data mempunyai tingkat keakuratan yang lebih rendah daripada analisis tunggal tekstur menggunakan JST (Tabel 3). Keadaan ini menarik dicermati karena penambahan parameter masukan tidak berarti

meningkatkan akurasi rata-rata. Nilai akurasi rata-rata yang lebih rendah pada kombinasi analisis warna dan tekstur daripada faktor tunggal analisis tekstur disebabkan oleh penambahan parameter masukan faktor analisis warna. Parameter masukan analisis warna memiliki akurasi rata-rata rendah sehingga penggabungan analisis warna dengan tekstur menyebabkan akurasi rata-ratanya lebih rendah daripada akurasi rata-rata analisis tekstur. Pada penelitian ini, analisis warna tidak dapat diandalkan sebagai dasar untuk mengidentifikasi varietas beras.

Pemodelan yang diperoleh dari *training* data diuji pada *testing* data dengan hasil yang ditampilkan pada

Tabel 4. Akurasi testing data varietas beras berdasarkan warna dan tekstur.

Analisis	Varietas	Identi- fikasi benar	Identi- fikasi salah	Akurasi (%)	Akurasi rata-rata (%)
Warna	Basmati	13	12	52,00	54,83
	Inpari 1	6	10	37,50	
	Sintanur	3	1	75,00	
Tekstur	Basmati	15	0	100,00	100,00
	Inpari 1	15	0	100,00	
	Sintanur	15	0	100,00	
Warna+ tekstur	Basmati	15	0	100,00	97,92
	Inpari 1	15	1	93,75	
	Sintanur	14	0	100,00	

Tabel 4 dan jenis kesalahan yang terjadi pada Tabel 5. Seperti pada *training* data, hasil tertinggi pada *testing* data juga terdapat pada analisis tekstur. Tingkat keakuratan rata-rata *training* data berdasarkan analisis warna dan kombinasi warna dan tekstur mengalami penurunan pada *testing* data. Tingkat keakuratan rata-rata *training* data berdasarkan analisis tekstur mengalami kenaikan pada *testing* data, bahkan mencapai 100%. Berdasarkan hasil penelitian ini, analisis tekstur lebih tepat digunakan untuk mengenali varietas beras.

Beberapa penelitian terhadap beras telah dilakukan menggunakan kombinasi citra digital dan JST dengan tingkat keakuratan yang berbeda. Chen dan Huang (2010) menggunakan JST untuk menduga kandungan lemak beras dengan tingkat akurasi 95,5%. Visen *et al.* (2004) menganalisis sampel biji-bijian berdasarkan perbedaan warna dan tekstur menggunakan pengolahan citra digital dan JST dengan tingkat akurasi mencapai 98%. Kemudian Liu *et al.* (2005^b) mengidentifikasi varietas gabah padi menggunakan warna dan analisis bentuk dengan tingkat keberhasilan 74-95%. Selanjutnya Anami dan Savakar (2009) meneliti klasifikasi dan identifikasi biji-bijian berdasarkan perbedaan warna dan tekstur menggunakan pengolahan citra digital dan JST dengan tingkat akurasi berkisar antara 85-97%.

Kesalahan terbanyak terdapat pada parameter masukan warna untuk varietas Inpari 1 yang dikenal sebagai varietas Basmati sebanyak delapan kejadian dan varietas Sintanur dikenal sebagai Inpari 1 juga sebanyak delapan kejadian. Pada parameter masukan analisis tekstur, JST dapat mengenali varietas sehingga tidak terdapat kesalahan dengan tingkat keakuratan 100%. Semakin sedikit kesalahan pengenalan oleh JST yang semakin dapat diandalkan sebagai dasar untuk pengenalan varietas.

Tabel 5. Jenis kesalahan pada testing data varietas beras berdasarkan warna dan tekstur.

Analisis	Hasil	Hasil benar	Kejadian
Warna	Basmati	Inpari 1	8
	Basmati	Sintanur	4
	Inpari 1	Basmati	2
	Inpari 1	Sintanur	8
	Sintanur	Inpari 1	1
Tekstur	-	-	-
Warna+tekstur	Inpari 1	Sintanur	1

KESIMPULAN

Citra digital dapat dikuantifikasi menggunakan aplikasi pengolahan citra digital untuk mendapatkan data warna beras yang meliputi R, G, B dan data tesktur beras yang meliputi ASM, kontras, korelasi, IDM, dan entropi yang digunakan sebagai parameter masukan pada JST. Analisis warna sebagai parameter masukan JST tidak dapat diandalkan pada penelitian ini. Peningkatan jumlah parameter masukan pada kombinasi analisis warna dan tekstur beras tidak menyebabkan peningkatan tingkat akurasi rata-rata. Analisis tekstur dapat diandalkan sebagai parameter masukan JST dan mampu mengenali varietas beras Basmati, Inpari 1, dan Sintanur secara curah dengan tingkat keakuratan 100% pada proses *testing* data.

DAFTAR PUSTAKA

- Anami, B.S. and D.G. Savakar. 2009. Improved method for identification and classification of foreign bodies mixed food grains image samples. *ICGST-AIML Journal*, 9(1): 1-8.
- Chen, K.J. and M. Huang. 2010. Prediction of milled rice grades using fourier transform near-infrared spectroscopy and artiücial neural networks. *Journal of Cereal Science* 52: 221-226.
- Cheng, J.F., H.Y. Jiang, Y.B. Liu, T.B. Dai, and W.X. Cao. 2011. Methods on identification and screening of rice genotypes with high nitrogen efficiency. *Rice Science* 18(2): 127-135.
- Correa, P.C., F.S.D. Silva, C. Jaren, P.C.A. Junior, and I. Arana. 2007. Physical and mechanical properties in rice processing. *Journal of Food Engineering* 79: 137-142.
- Douik, A. and M. Abdellaoui. 2010. Cereal grain classification by optimal features and intelligent classifiers. *Int. J. of Computers, Communications & Control* 5(4): 506-516.
- Hwang, S.S., Y.C. Cheng, C. Chang, H.S. Lur, and T.T. Lin. 2009. Magnetic resonance imaging and analyses of tempering processes in rice kernels. *Journal of Cereal Science* 50: 36-42.
- Kasai, M., A.R. Lewis, S. Ayabe, K. Hatae, and C.A. Fyfe. 2007. Quantitative NMR imaging study of the cooking of Japonica and Indica rice. *Food Research International* 40: 1020-1029.

- Liu, C.C., J.T. Shaw, K.Y. Poong, M.C. Hong, and M.L. Shen. 2005^a. Classifying paddy rice by morphological and color features using machine vision. *Cereal Chem.* 82(6): 649–653.
- Liu, Z., F. Cheng, Y. Ying, and X. Rao. 2005^b. Identification of rice seed varieties using neural network. *J Zhejiang Univ SCI* 6B(11):1095-1100.
- Lv, B., B. Li, S. Chen, J. Chen, and B. Zhu. 2009. Comparison of color techniques to measure the color of parboiled rice. *Journal of Cereal Science* 50: 262-265.
- Pazoki, A. and Z. Pazoki. 2011. Classification system for rain fed wheat grain cultivars using artificial neural network. *African Journal of Biotechnology* 10(41): 8031-8038.
- Rathi, S., R.N.S. Yadav, and R.N. Sarma. 2010. Variability in grain quality characters of upland rice of Assam, India. *Rice Science* 17(4): 330-333.
- Singh, N., L. Kaur, N.S. Sodhi, and K.S. Sekhon. 2005. Physicochemical, cooking and textural properties of milled rice from different Indian rice cultivars. *Food Chemistry* 89: 253–259.
- Sun, C., M. Berman, D. Coward, and B. Osborne. 2007. Thickness measurement and crease detection of wheat grains using stereo vision. *Pattern Recognition Letters* 28: 1501-1508.
- Thind, G.K. and D.S. Sogi. 2005. Identification of coarse (IR-8), fine (PR-106) and superfine (Basmati-386) rice cultivars. *Food Chemistry* 91: 227-233.
- Varnamkhandi, M., G. Hossein, H. Mobli, A. Jafari, S. Rafiee, M. Heidarysoltanabadi, and K. Kheiralipour. 2007. Some engineering properties of paddy (var. Sazandegi). *Int. J. Agri. Biol.* 9(5): 763-766.
- Visen, N.S., J. Paliwal, D.S. Jayas, and N.D.G. White. 2004. Image analysis of bulk grain samples using neural networks. *Canadian Biosystems Engineering* 46: 711-715.
- Yadav, B.K. and V.K. Jindal. 2007. Dimensional changes in milled rice (*Oryza sativa* L.) kernel during cooking in relation to its physicochemical properties by image analysis. *Journal of Food Engineering* 81: 710-720.
- Zapotoczny, P. 2011. Discrimination of wheat grain varieties using image analysis and neural networks. Part I. Single kernel texture. *Journal of Cereal Science* 54: 60-68.
-