

ANALISIS MUTU BERAS MENGGUNAKAN SISTEM VISI KOMPUTER

Septian D.W. Putra dan Bram Kusbiantoro

Balai Besar Penelitian Tanaman Padi
Sukamandi - Subang

ABSTRACT

Rice is one of the most important cereal commodities in Indonesia. The need to deliver good quality of rice grain to the market pushes the development of quality analysis techniques. One of which is computer vision to analyze visual parameter of grain quality. This short paper presents some insight about computer vision, its technique and application to determine rice grain quality. This article would be very valuable to cereal researchers and food practitioners who are interested in conducting research using computer and sensor technology to study food quality parameters.

Keywords: *computer vision, image processing, quality, rice*

ABSTRAK

Beras merupakan salah satu komoditas serealia terpenting di Indonesia. Kebutuhan akan beras yang bermutu baik mendorong perkembangan teknik analisis mutu. Salah satu teknik modern untuk analisis mutu secara visual adalah dengan menggunakan sistem visi komputer. Tulisan singkat ini mencoba memberikan gambaran secara umum mengenai sistem visi komputer, serta teknik dan pengaplikasiannya dalam penentuan mutu beras. Materi yang disajikan akan sangat bermanfaat untuk peneliti serealia dan praktisi pangan yang akan melakukan riset memanfaatkan teknologi komputer dan sensor untuk mengkaji berbagai parameter mutu suatu produk pangan.

Kata kunci: visi komputer, pengolahan citra, mutu, beras

PENDAHULUAN

Beras merupakan makanan pokok masyarakat di Indonesia. Pada tahun 2002-2013 rata-rata konsumsi beras per kapita per tahun masyarakat adalah sebanyak 103,2 kg/kapita/tahun (Pusdatin, 2014). Tingginya konsumsi beras ini memberikan gambaran mengenai pentingnya komoditas beras di Indonesia, termasuk mutu komoditas beras itu sendiri.

Mutu adalah kombinasi atribut atau karakteristik dari suatu produk yang secara signifikan menentukan tingkat penerimaan produk tersebut oleh konsumen (Robertson, 2012). Di sisi lain Nollet & Toldra (2010) mendefinisikan mutu sebagai kumpulan karakteristik dari suatu produk yang dirasakan oleh konsumen.

Berbicara tentang mutu pasti tidak lepas dari konsumen karena tujuan akhir suatu produk adalah agar produk tersebut dikonsumsi oleh konsumen. Mutu suatu komoditas harus dapat dijamin untuk dapat diterima oleh konsumen. Beras yang diperjualbelikan wajib memenuhi standar mutu yang sudah ditetapkan oleh pemerintah, yakni SNI 6128:2008. Tabel 1 menunjukkan parameter apa saja yang diperlukan dalam pengelompokan mutu beras berdasarkan SNI.

Tabel 1. Spesifikasi persyaratan mutu beras berdasarkan SNI (BSN, 2008)

No	Komponen mutu	Satuan	Mutu I	Mutu II	Mutu III	Mutu IV	Mutu V
1.	Derajat sosoh (min)	(%)	100	100	95	95	85
2.	Kadar air (maks)	(%)	14	14	14	14	15
3.	Butir kepala (min)	(%)	95	89	78	73	60
4.	Butir patah (maks)	(%)	5	10	20	25	35
5.	Butir menir (maks)	(%)	0	1	2	2	5
6.	Butir merah (maks)	(%)	0	1	2	3	3
7.	Butir kuning/rusak (maks)	(%)	0	1	2	3	5
8.	Butir mengapung (maks)	(%)	0	1	2	3	5
9.	Benda asing (maks)	(%)	0	0,02	0,02	0,05	0,20
10	Butir gabah (maks)	(butir/100g)	0	1	1	2	3

Semua pengukuran parameter di atas, kecuali kadar air, menggunakan pengamatan visual menggunakan tenaga manusia. Pengamatan menggunakan tenaga manusia memakan waktu lama dan membutuhkan banyak tenaga kerja (Brosnan & Sun, 2002) yang membutuhkan biaya tinggi namun hasil yang tidak selalu konsisten (Zareiforoush *et al.*, 2014). Sistem visi komputer memiliki potensi untuk menggantikan peranan manusia dalam melakukan penilaian terhadap mutu visual produk beras. Visi komputer dikenal konsisten, lebih cepat, akurat serta memiliki biaya yang lebih rendah sehingga banyak digunakan di industri pangan (Brosnan & Sun, 2004). Tabel berikut menunjukkan kelebihan dan kekurangan sistem visi komputer.

Tabel 2. Kelebihan dan kelemahan sistem visi komputer (Brosnan & Sun, 2004)

Kelebihan	Kekurangan
• Menghasilkan data deskriptif yang tepat • Cepat dan objektif • Mengurangi keterlibatan manusia • Konsisten, efisien, dan biaya efektif • Otomatisasi proses yang tidak membutuhkan banyak tenaga kerja • Mudah • Bersifat nondestruktif • Sistem sudah mapan • Dokumentasi permanen, memudahkan analisa selanjutnya	• Identifikasi objek sulit untuk citra yang tidak terstruktur • Butuh pencahayaan buatan untuk kondisi yang remang-remang atau gelap

Sistem Visi Komputer

Manusia sangat bergantung pada indera penglihatannya. Informasi visual dari lingkungan yang dibawa oleh cahaya masuk ke mata kemudian diproses dan diinterpretasikan di otak manusia sehingga memiliki makna. Lebih dari 50% bagian otak besar manusia digunakan untuk memproses informasi visual (Snowden *et al.*, 2012). Sistem visi komputer memiliki proses yang sama: informasi visual dari lingkungan diperoleh oleh sensor (misalnya kamera) melalui cahaya kemudian diproses dan diinterpretasikan oleh komputer menjadi informasi yang bermakna (Henderson, 2009).

Pengolahan citra dan analisis citra merupakan komponen inti dari sistem visi komputer (Ponce *et al.*, 2014). Pengolahan citra dibutuhkan untuk meningkatkan kualitas citra sehingga lebih mudah diinterpretasikan. Analisis citra, di lain pihak, dibutuhkan untuk memisahkan objek yang diinginkan dari latar belakang serta menarik informasi dari objek tersebut sehingga menghasilkan data kuantitatif. Oleh karena itu, sistem visi komputer dapat dijabarkan sebagai kesatuan dari proses pengambilan citra, pengolahan citra dan analisis citra.

Teori dan teknik pengolahan citra berawal dari penelitian mengenai optik dan alat-alat optik (Luo, 1998). Penemuan komputer membuka peluang baru untuk mengimplementasikan teori dan teknik tersebut. Tahun 1960 merupakan tahun dimulainya penelitian serius tentang pengolahan citra digital dengan salah satu perintisnya adalah Jet Propulsion Laboratory (JPL) milik NASA yang mengolah citra digital dari proyek Ranger (Dorf, 1997).

Pada awal perkembangannya, pengolahan citra digital mengalami kendala komputer yang lambat dan biaya yang mahal (Delp & Buda, 2012). Namun, dengan perkembangan komputer yang pesat dan semakin murah, saat ini hampir semua bidang ilmu memanfaatkan teknik pengolahan citra digital. Pengolahan citra digital banyak digunakan dalam bidang kesehatan, forensik, penginderaan jauh, komunikasi, otomotif (Jayaraman, 2011), untuk mendeteksi kerusakan pada konstruksi (Hu *et al.*, 2010), dan bidang pertanian (Wang *et al.*, 2014).

Rangkaian Sistem Visi Komputer

Rangkaian sistem visi komputer secara umum dapat dibagi menjadi 4 (Zareiforoush *et al.*, 2014), yakni:

1. Pencapaian,
2. Pengambilan citra,
3. Digitisasi citra, serta
4. Pengolahan dan analisis citra.

Secara detail, penjelasan keempat komponen tersebut diatas dalam rangkaian sistem visi komputer sebagai berikut:

Pencahayaan

Pencahayaan merupakan syarat mutlak yang harus dipenuhi dalam pengambilan citra. Pencahayaan dapat berpengaruh besar terhadap kualitas citra yang tertangkap (Wu & Sun, 2013). Oleh karena itu sistem pencahayaan perlu dibuat secara hati-hati agar citra yang dihasilkan konsisten dan terhindar dari variasi. Kunci utama pencahayaan ada pada sumber cahaya, pengaturan tata letak pencahayaan, dan geometri pencahayaan (Mathew *et al.*, 2013). Jenis-jenis sumber cahaya yang biasa digunakan dalam visi komputer antara lain lampu pijar, lampu pendar, laser, sinar-X, dan lampu inframerah (Raji & Alamutu, 2005).

Pengambilan citra

Ada berbagai jenis instrumen untuk mengambil citra, mulai *frame grabber* profesional hingga *webcam* berbasis USB. Beberapa sensor yang digunakan untuk membuat citra antara lain adalah *scanner*, spektroskopi sinar-X dan NIR (Zareiforoush *et al.*, 2014). Saat ini kamera yang umum dipakai dalam visi komputer adalah berjenis CCD (*charged-coupled device*), namun di masa mendatang kemungkinan akan digantikan kamera CMOS (*complementary metal-oxide-semiconductor*) menurut Wu & Sun (2013).

Digitisasi citra

Proses mengubah citra piktorial menjadi bentuk numerik disebut sebagai proses digitisasi. Dalam proses ini, sebuah citra akan dibagi-bagi ke dalam kotak-kotak kecil dua dimensi yang disebut piksel oleh sebuah alat yang disebut *frame grabber* (Brosnan & Sun, 2004). Penggunaan *frame grabber* tidak lagi diperlukan jika pengambilan citra dilakukan dengan kamera digital karena kamera tersebut tidak membutuhkan *frame grabber* untuk proses digitisasi.

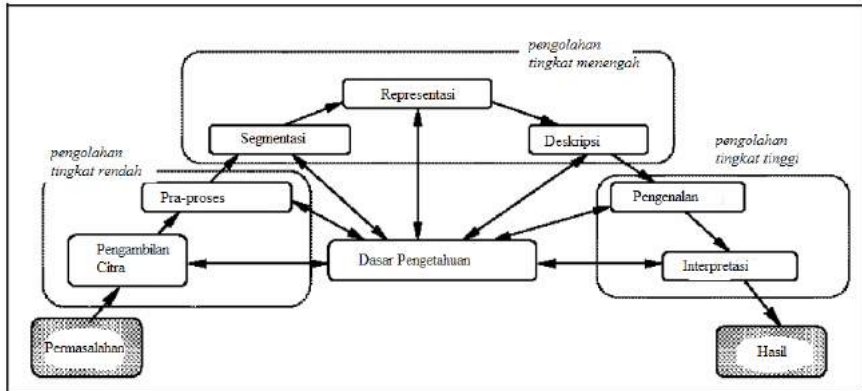
Pengolahan dan analisis citra

Inti dari visi komputer ada pada pengolahan dan analisis citra. Pengolahan citra terdiri dari serangkaian proses yang dilakukan untuk meningkatkan kualitas citra dengan mengeliminasi kecacatan citra, seperti kompleksitas geometri, fokus yang tidak sesuai, derau (*noise*), pencahayaan yang tidak seragam, serta pergerakan kamera, sementara analisis citra merupakan proses diferensiasi bagian yang menjadi fokus perhatian dengan latar belakang dan proses menghasilkan informasi kuantitatif. (Zareiforoush *et al.*, 2014).

Pengolahan citra dapat dibagi menjadi 3 tingkatan, yakni pengolahan tingkat rendah, pengolahan tingkat menengah, dan pengolahan tingkat tinggi (Brosnan & Sun, 2004; Raji & Alamutu, 2005) seperti bisa dilihat pada gambar 1.

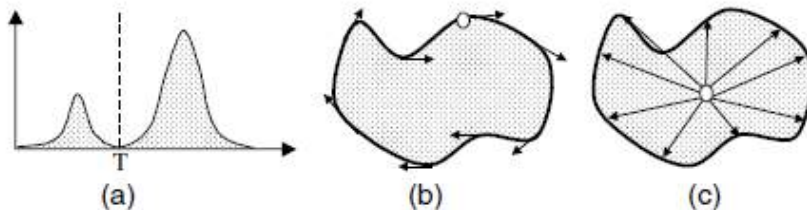
Pengolahan tingkat rendah terdiri atas pengambilan citra dan pra-proses. Pengambilan citra adalah pengiriman sinyal elektronik dari perangkat sensor menjadi bentuk numerik. Pra-proses citra menunjuk pada proses awal dari data

citra yang masih mentah untuk memperbaiki distorsi geometri, menghilangkan derau, memperbaiki tingkat keabuan, serta memperbaiki kekaburan citra (Brosnan & Sun, 2004).



Gambar 1. Tingkatan pada pengolahan citra (Sun, 2000)

Pengolahan tingkat menengah segmentasi citra, representasi citra, dan deskripsi. Segmentasi merupakan salah satu proses yang paling penting dari keseluruhan pengolahan citra karena data yang didapatkan akan sangat bergantung pada tingkat akurasi operasi ini. Tujuan dari segmentasi adalah membagi citra menjadi bagian-bagian yang memiliki korelasi kuat dengan objek atau area yang menjadi fokus perhatian (Brosnan & Sun, 2004). Segmentasi bisa dilakukan dengan 3 teknik: penentuan batas ambang (*thresholding*), segmentasi berbasis tepi, serta segmentasi berbasis area, seperti dapat dilihat digambar 2.



Gambar 2. Teknik umum segmentasi: (a) penentuan batas ambang, (b) segmentasi berbasis tepi, (c) segmentasi berbasis luasan/area (Sun, 2000)

Citra yang sudah tersegmentasi kemudian direpresentasikan sebagai sebuah garis batas atau sebagai area. Representasi berupa garis batas cocok untuk analisis ukuran dan bentuk sedangkan representasi berupa area cocok untuk analisis tekstur citra dan kecacatan. Deskripsi citra berkaitan dengan pengambilan informasi kuantitatif dari segmen citra yang sudah direpresentasikan. Terdapat berbagai algoritma untuk melakukan proses ini.

Proses tingkat tinggi terdiri atas pengenalan dan interpretasi, biasanya menggunakan klasifikasi statistik atau jaringan syaraf buatan. Interaksi dengan dasar pengetahuan merupakan hal yang penting dalam pengolahan citra. Dasar pengetahuan dapat dibangun sebagai struktur komputer melalui algoritma, seperti jaringan syaraf buatan, logika *fuzzy*, serta algoritma genetika (Brosnan & Sun, 2004).

Parameter Penting Mutu Beras dalam Visi Komputer

Beberapa sumber menyebutkan (Yadav & Jindal, 2001; Zareiforoush *et al.*, 2014) parameter yang penting dari mutu beras antara lain derajat sosoh, persentase butir kepala, dan tingkat keputihan. Derajat sosoh terkait dengan nutrisi serta penerimaan konsumen. Beras derajat sosoh yang rendah memiliki nutrisi yang tinggi, namun kurang disukai konsumen karena kusam dan lebih cepat tengik. Persentase butir kepala menggambarkan seberapa banyak beras yang tidak patah. Sementara tingkat keputihan berkaitan erat dengan derajat sosoh dan memiliki pengaruh signifikan terhadap preferensi konsumen. Selain tiga parameter di atas, parameter lain yang menentukan kelas suatu produk beras menurut standar nasional tidak kalah pentingnya.

Aplikasi Visi Komputer dalam Analisis Mutu Beras

Derajat Sosoh

Shiddiq *et al.* (2011) mengembangkan sistem pengukuran derajat sosoh menggunakan pengolahan citra dan ANFIS (*Adaptive Network Based Fuzzy Inference System*). Dalam penelitian mereka ditemukan bahwa derajat sosoh memiliki korelasi dengan nilai RGB. Pengembangan model ANFIS dilakukan untuk menilai derajat sosoh suatu sampel beras. Validasi model ANFIS yang dikembangkan menggunakan nilai RGB yang dinormalisasi menurunkan tingkat nisbi rata-rata untuk menilai derajat sosoh beras sampai pada angka 3,55%.

Zareiforoush *et al.* (2015) mengembangkan algoritma untuk mengukur kualitas beras, termasuk di dalamnya derajat sosoh. Algoritma yang dikembangkan berhasil mencapai tingkat akurasi 92,83% untuk pengukuran derajat sosoh sampel beras.

Persentase Butir Kepala

Yadav & Jindal (2001) melakukan pendekatan pengukuran karakteristik dimensi butir beras untuk memperkirakan persentase butir kepala di dalam sampel. Ditemukan korelasi yang kuat antara karakteristik dimensi butir beras dengan persentase beras kepalanya dengan nilai R^2 sebesar 0,994. Memanfaatkan korelasi tersebut persentase butir kepala pada sampel beras dapat ditentukan.

Persentase Butir Patah

Chandra *et al.* (2014) melakukan klasifikasi cacat pada butir beras dengan menggunakan teknik pengolahan citra. Metode yang digunakan adalah kNN

(*k-nearest neighbor*). Didapatkan akurasi klasifikasi butir cacat (butir kapur, patah, retak, dan rusak) menggunakan metode tersebut menghasilkan akurasi sebesar 94,95%.

Liu & Wang (2014) menggunakan segmentasi butir beras berdasarkan deteksi titik kecekungan. Setelah segmentasi dilakukan, persentase butir patah dapat diketahui dengan memanfaatkan batas ambang. Tingkat deteksi butir patah yang didapatkan mencapai 99,41%.

Zareiforouh *et al.* (2015) melakukan analisis perhitungan persentase butir patah untuk diintegrasikan dengan derajat sosoh guna melakukan klasifikasi mutu beras. Algoritma logika *fuzzy* yang dikembangkan berhasil mencapai tingkat akurasi 98,71% dalam mengenali butir patah.

Persentase Butir Kapur

Yao *et al.* (2009) menggunakan metode *muti-threshold* berdasarkan entropi maksimum menunjukkan bahwa terdapat korelasi kuat antara penggunaan pengolahan citra dengan cara manual dalam penentuan butir kapur. Koefisien korelasi yang dimaksud mencapai 0,99 sehingga dapat diambil kesimpulan bahwa penggunaan pengolahan citra dapat menggantikan cara manual dalam penentuan butir kapur.

Jinorose *et al.* (2010) menyarankan penggunaan nilai V dalam sistem HSV (*hue-saturation-value*) untuk melakukan penilaian terhadap butir berkapur. Sedangkan nilai H dan S ditambah nilai B dari sistem RGB (*red-green-blue*) ditemukan cocok sebagai indikator butir merah dan butir kuning.

Sun *et al.* (2014) menggunakan pengolahan citra untuk menganalisis persentase butir kapur dari sampel beras yang butirannya saling bersinggungan. Segmentasi dilakukan dengan metode kesamaan titik cekungan. Sementara itu, klasifikasi area berkapur butiran gabah dilakukan dengan metode SVM (*Support Vector Machine*). Hasil yang diperoleh dengan memanfaatkan metode tersebut adalah nilai keakuratan yang mencapai 98,5% untuk varietas indika dan 97,6% untuk varietas japonika.

Bentuk dan Ukuran

Yao *et al.* (2009) melakukan analisis ukuran butir beras menggunakan metode MER (*Minimum Enclosing Rectangle*). Ukuran panjang-lebar yang didapat kemudian dibandingkan dengan ukuran panjang-lebar menggunakan pengukuran manual. Melalui ANOVA dapat ditunjukkan bahwa tidak ada perbedaan nyata antara metode MER dengan pengukuran manual.

Hal senada juga disampaikan oleh Jinrose *et al.* (2010) yang menemukan bahwa penggunaan pengolahan citra untuk melakukan analisis ukuran butir beras tidaklah berbeda nyata dengan pengukuran metode konvensional (dalam taraf 10%). Selain itu, metode pengolahan citra digital memiliki standar deviasi yang lebih kecil dibanding metode konvensional.

Klasifikasi beras

Terdapat beberapa penelitian yang mencoba melakukan klasifikasi beras, baik berdasarkan varietas maupun mutu. Tabel berikut merupakan ringkasan dari penelitian-penelitian tersebut.

Tabel 3. Beberapa penelitian mengenai klasifikasi beras menggunakan teknik pengolahan citra

Objek klasifikasi	Metode yang digunakan	Tingkat akurasi	Pustaka
Mutu 3 varietas beras India	Jaringan syaraf tiruan	90-95%	Verma (2010)
5 varietas beras	Jaringan syaraf tiruan propagasi balik	96,67%	Rad <i>et al.</i> (2011)
6 varietas Basmati	Jaringan syaraf tiruan propagasi balik	74%-90%	Gujjar & Sidappa (2013)
4 kelas mutu	Jaringan syaraf tiruan	96%	Neelamegam <i>et al.</i> (2013)
9 varietas	Jaringan syaraf tiruan	92%	Silva & Sonnadara (2013)
3 varietas	Jaringan syaraf tiruan	100%	Adnan <i>et al.</i> (2013)
3 produk Basmati komersial	PCA (<i>Principal Component Analysis</i>)	79%	Kambo & Yerpude (2014)
5 varietas beras	MLP (<i>Multilayer Perceptron</i>) dan neuro-fuzzy	98,40% dan 99,73%	Pazoki <i>et al.</i> (2014)
5 kelas mutu	Logika fuzzy	89,8%	Zareiforoush <i>et al.</i> (2015)

KESIMPULAN

Tulisan singkat ini bertujuan untuk memberikan gambaran mengenai manfaat visi komputer dalam analisis mutu beras. Penelusuran pustaka menunjukkan bahwa sistem visi komputer dapat diterapkan untuk menggantikan peranan manusia dalam melakukan uji mutu beras secara visual. Beberapa penelitian menunjukkan fokus penerapan sistem visi komputer ada pada parameter derajat sosoh, persentase butir kepala, butir kapur, butir patah, pengenalan varietas suatu sampel beras, maupun pengklasifikasian mutu secara global. Teknik pengklasifikasian yang umum digunakan adalah jaringan syaraf buatan, namun ada juga teknik lain yang bisa digunakan seperti PCA dan logika fuzzy.

Dengan pesatnya perkembangan komputer serta teknik pengolahan dan analisis citra, penerapan sistem visi komputer dalam penentuan mutu suatu produk, khususnya beras, sangat terbuka lebar. Di sisi lain, masih diperlukan penelitian lebih lanjut yang mengintegrasikan keseluruhan penentuan parameter mutu beras dalam suatu kesatuan sistem yang dapat mengklasifikasikan mutu beras sesuai dengan SNI yang berlaku di negara Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- Adnan, Suhartini, dan B. Kusbiantoro. 2013. *Identifikasi Varietas Berdasarkan Warna dan Tekstur Permukaan Beras Menggunakan Pengolahan Citra Digital dan Jaringan Syaraf Tiruan*. Penelitian Pertanian Tanaman Pangan 32 (2): 91-97.
- Brosnan, T., dan D.W. Sun. 2002. *Inspection and grading of agricultural and food products by computer vision systems - a review*. Computers and Electronics in Agriculture 36: 193-213.
- , 2004. *Improving quality inspection of food products by computer vision—a review*. Journal of Food Engineering 61: 3-16.
- [BSN] Badan Standardisasi Nasional. 2008. *Standar Nasional Indonesia: Beras*. SNI 6128:2008.
- Chandra, J.K., Barman, A., dan A. Ghosh. 2014. *Classification of defects in rice kernels by using image processing techniques*. Automation, Control, Energy and Systems (ACES): 2014 First International Conference: 1-5.
- Delp, E.J., dan A.J. Buda. 1985. *Digital image processing*. Di dalam Buda, A.J., dan E.J. Delp (editor). *Digital Cardiac Imaging*. Dordrecht: Martinus Nijhoff Publishers.
- Dorf, R.C. 1997. *The Electrical Engineering Handbook 2nd ed*. Boca Raton: CRC Press.
- Henderson, H. 2009. *Encyclopedia of Computer Science and Technology*. New York: Facts on File Inc.
- Hu, C., Zhu, H., dan X. Li. 2010. *Detection of tunnel water leakage based on image processing*. Di dalam Toll, D.G., Zhu, H., dan X. Li (editor). *Information Technology in Geo-engineering: Proceedings of the 1st International Conference (ICITG) Shanghai*. Amsterdam: IOS Press.
- Jayaraman. 2011. *Digital Image Processing*. New York: McGraw-Hill Education.
- Jinorose, M., Prachayawarakorn, S., dan S. Soponronnarit. 2010. *Development of a Computer Vision System and Novel Evaluation Criteria to Characterize Color and Appearance of Rice*. Drying Technology 28: 1118-1124.
- Kambo, R., dan A. Yerpude. *Classification of Basmati Rice Grain Variety using Image Processing and Principal Component Analysis*. International Journal of Computer Trends and Technology 11(2): 80-85.
- Liu, J., dan H. Wang. 2014. *Rice Integrity Detection Based on Digital Image Processing Technology*. ICSP Proceedings: 847-850.
- Luo, D. 1998. *Pattern Recognition and Image Processing*. Amsterdam: Elsevier.

- Mathew, G., George, J., Jaya, J., Janardhana, S., dan K.J. Sabareesaan. 2013. *Quality Analysis of Food Products through Computer Aided Visual Inspection: A Review*. International Conference on Current Trends in Engineering and Technology: ICCTET 2013: 105-109.
- Neelamegam, P., Abirami, S., Vishnu Priya, K., Rubalya Valantina, S. 2013. *Analysis of rice granules using image processing and neural network*. Information & Communication Technologies (ICT): 879-884.
- Pazoki, A.R., Farokhi, F., dan Pazoki, Z. 2014. *Classification of Rice Grain Varieties Using Two Artificial Neural Networks (MLP and Neuro-Fuzzy)*. The Journal of Animal & Plant Sciences 24(1): 336-343.
- Ponce, P., Molina, A., Cepeda, P., Lugo, E., dan B. MacCleery. 2014. *Greenhouse Design and Control*. Boca Raton: CRC Press.
- [Pusdatin] Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian. 2014. *Buletin Konsumsi Pangan* 5(1):5-20.
- Rad, S.J.M., Tab, F.A., dan K. Mollazade. 2011. *Classification of Rice Varieties Using Optimal Color and Texture Features and BP Neural Networks*. Machine Vision and Image Processing (MVIP) 7th: 1-5.
- Raji, A., dan A. Alamutu. 2005. *Prospects of Computer Vision Automated Sorting Systems in Agricultural Process Operations in Nigeria*. Agricultural Engineering International: the CIGR Journal of Scientific Research and Development VII: 1-12.
- Robertson, G.L. 2012. *Food Packaging: Principles and Practice 3rd ed*. Boca Raton: CRC Press.
- Shiddiq, D., Nazaruddin, Y.Y., dan S. Raharja. 2011. *Estimation of Rice Milling Degree using Image Processing and Adaptive Networks Based Fuzzy Inference System (ANFIS)*. 2nd International Conference on Instrumentation Control and Automation: 98-103.
- Silva, C.S., dan U. Sonnadara. 2013. *Classification of Rice Grain Using Neural Networks*. Proceedings of Technical Session 29: 9-14.
- Snowden, R., Thompson, P., dan T. Troscianko. 2012. *Basic Vision: An Introduction to Visual Perception*. Oxford: Oxford University Press.
- Sun, D.W. (2000). *Inspecting pizza topping percentage and distribution by a computer vision method*. Journal of Food Engineering 44: 245-249.
- Sun, C., Liu, T., Ji, C., Jiang, M., Tian, T., Guo, D., Wang, L., Chen, Y., dan X. Liang. 2014. *Evaluation and analysis the chalkiness of connected rice kernels based on image processing technology and support vector machine*. Journal of Cereal Science 60 (2): 426-432.

- Wang, Y., Xu, L., Zhao, X., dan X. Hou. 2014. *Maize seeds embryo and position inspection based image processing*. Di dalam Li, D., dan Y. Chen (editor). *Computer and Computing Technologies in Agriculture VII: 7th IFIP WG 5.14 International Conference, CCTA 2013, Beijing, China, September 18-20, 2013, Revised Selected Papers, Part II*. Heidelberg: Springer.
- Wu, D., dan D.W. Sun. 2013. *Colour measurements by computer vision for food quality control - a review*. Trends in Food Science & Technology 29: 5-20.
- Yadav, B.K., dan V.K. Jindal. 2001. *Monitoring milling quality of rice by image analysis*. Computers and Electronics in Agriculture 33: 19-33.
- Zareiforush, H., Minaei, S., Alizadeh, M.R., dan Banakar A. 2015. *A hybrid intelligent approach based on computer vision and fuzzy logic for quality measurement of milled rice*. Measurement 66: 26-34.
- , 2015. *Potential Applications of Computer Vision in Quality Inspection of Rice: A Review*. Food Engineering Reviews: 1-25.