



EVALUASI DIMENSI KULIT DENGAN METODE MULTIVARIATE IMAGE ANALYSIS

Subagyo, M. Ikrar, M. K. Herliansyah, H. S. B. Rochardjo,
N. A. Masruroh, dan Herianto

Jurusan Teknik Mesin dan Industri
Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada
Jl. Grafika No. 2 Yogyakarta 55281
Email: subagyo@ugm.ac.id

ABSTRACT

Measurement technique of leather dimension was developed in this research using multivariate image analysis (MIA) method. Image data used in this investigation was in Red-Green-Blue format, while MIA method used in the research was multiway principal component analysis. The investigated parameters were background colour, image size, measurement accuracy, and measurement speed. The research results shows that the optimum conditions for developing measurement device of leather dimension are using background colour of white and image size of 0.1 mega pixels. And the simulation using PC IBM™ Compatible Celeron IV/1.8 MHz with 224 MHz RAM and OS Windows™ XP Professional gives prediction quality of about 99.18% and computation time of about 3.5s.

Keywords: *Leather Products; Leather Dimension; Multiway Principal Components Analysis; Multivariate Image Processing; Multivariate Statistics.*

1. PENDAHULUAN

Kulit merupakan bahan baku utama bagi industri kulit dan produk kulit yang merupakan salah satu andalan ekspor non-migas Indonesia. Berdasarkan laporan statistik ekonomi dan keuangan Indonesia yang dikeluarkan oleh Bank Indonesia, ekspor kulit dan barang dari kulit (*Raw hides, skins, leather, furskins and articles thereof*) periode Januari-Juni 2004 mencapai USD 61.818.000, atau kurang lebih 0.35% dari seluruh ekspor Indonesia periode Januari-Juni 2004. Data ini memberikan gambaran tentang peranan kulit dan barang dari kulit yang cukup signifikan terhadap ekspor Indonesia.

Kulit dipergunakan sebagai bahan baku industri perkulitan dalam berbagai kondisi seperti

kulit mentah awetan, kulit *wet pickled*, kulit *wet blue*, kulit *crust*, dan kulit jadi (*finished leather*). Globalisasi ekonomi menuntut kecerdasan para pelaku industri untuk menemukan terobosan-terobosan baru dalam upaya memenangkan persaingan, terutama di bidang industri perkulitan. Pada saat ini kulit diperdagangkan dalam satuan lembaran dan berat (kilogram atau ton), padahal pada kondisi riil, pemanfaatan kulit lebih lebih dititik beratkan pada luasan bentangan permukaan kulit tersebut. Hal ini disebabkan karena belum tersedianya metode atau cara yang efektif dan murah untuk mengukur luas bentangan permukaan kulit tersebut.

Penentuan luas bentangan permukaan kulit dapat dilakukan dengan memanfaatkan ilmu pencitraan. Pemanfaatan citra dalam ilmu pengetahuan telah berlangsung sejak lama dan terus berkembang sampai saat ini. Sejumlah besar data yang menggambarkan sebuah sistem kompleks dan objek dapat direpresentasikan hanya dengan visualisasi data tersebut sebagai sebuah citra (Wise *et al.*, 1990).

Sebuah citra yang ditampilkan pada layar monitor merupakan kumpulan dari data biner. Sekumpulan data biner tersebut dapat dianggap sebagai bit-bit yang memetakan setiap titik atau piksel (*picture element*) ke layar monitor dengan warna dan identitas tertentu. Citra atau *image* merupakan rekaman data yang dapat bersifat optik berupa foto, bersifat analog berupa sinyal-sinyal video seperti gambar pada monitor TV atau bersifat digital yang dapat langsung disimpan pada pita magnetik. Untuk keperluan pengolahan citra dengan komputer maka citra yang digunakan adalah citra digital. Citra digital (*digital image*) adalah suatu citra yang elemen-elemennya dinyatakan dengan suatu besaran numeris yang membentuk suatu *array*.

Pemanfaatan data citra menjadi sangat populer di banyak aplikasi laboratorium luar negeri, khususnya pada permasalahan medis dan praktik-praktik biologi. Mikroskop digital digunakan untuk mengumpulkan citra kultur sel atau serabut kayu di dalam laboratorium biologi. *Magnetic Resonance Imaging* (MRI), *Ultrasonic Imaging*, dan *Positron Emission Tomography* (PET) menyediakan data citra hampir di sebagian besar laboratorium rumah sakit. Disamping itu, pemanfaatan data citra juga ditemukan pada proses bidang industri. Pemanfaatan kamera TV untuk pengamatan tingkat pembakaran pada mesin, *robot-mounted digital cameras* untuk pengamatan ukuran dan bentuk *part* mesin yang dibuat, dan *laser scanners* untuk pengamatan permukaan dan pendeteksian kesalahan pada proses produksi (Bharati dan MacGregor, 1998).

Kendala utama pemanfaatan data citra ini adalah ukuran data yang relatif sangat besar dan biasanya berformat data *multivariate* (misal format RGB), mengakibatkan waktu yang diperlukan untuk pengolahan datanya relatif lama (Bharati dan MacGregor, 1998). Metode pengolahan data citra berbasis statistik *multivariate* (*Multivariate Image Analysis*) merupakan suatu metode pengolahan data citra yang relatif efisien. Selain metode ini

memang didedikasikan untuk mengolah data *multivariate*, juga kemampuannya mereduksi dimensi variabel memungkinkan percepatan pengolahan yang cukup signifikan. Beberapa metode statistik *multivariate* telah dikembangkan untuk mengidentifikasi korelasi antar variabel dengan mentransformasikan satu set data *multivariate* menjadi satu set variabel-variabel baru yang mengenali sebagian besar variabilitas data (Jackson, 1989; Wise *et al.*, 1990; Kresta *et al.*, 1991). Metode-metode tersebut adalah *Principal Component Analysis* (PCA), *Partial Least Square* (PLS), *Multi-block PLS*, dan *Multi-way PCA*.

Multi-way PCA merupakan metode yang paling lazim dipergunakan dalam *Multivariate Image Analysis* (MIA), dimana satu set data *multivariate* ditransformasikan ke dalam satu variabel baru yang tidak berkorelasi dengan dimensi yang jauh lebih rendah dari data mentah (Jackson, 1991). Metode ini terbukti secara efektif mampu mereduksi dimensi data pengukuran. Hasilnya, pengolahan terhadap data citra lebih mudah dilakukan.

Hasil penelitian yang dilaporkan dalam makalah ini merupakan hasil awal dari pengembangan alat analisis otomatis kualitas kulit berbasis teknik *multivariate image analysis* (MIA). Dalam penelitian ini telah diinvestigasi parameter-parameter utama yang berkaitan dengan penentuan luas bentangan kulit memakai teknik MIA, yaitu warna dasar landasan tempat conto, ukuran data citra, ketepatan pengukuran, dan kecepatan proses pengukuran.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Teknik analisis data citra berbasis metode analisis *multivariate* (*Multivariate Image Analysis*, MIA) merupakan salah satu teknik pengestrakan "*useful data*" dari data citra yang berkembang pesat di dunia saat ini. Teknik yang dikembangkan pada akhir tahun 1980-an ini [2-4], terbukti telah cukup sukses diterapkan untuk mengekstrak *useful data* pada berbagai bidang penerapan, misalnya pada industri pengolahan logam [5-9], pengolahan data citra satelit [4,10], dan industri makanan [11].

Keunggulan teknik ini dalam mengekstrak informasi penting dari data citra adalah kemampuannya mengolah data citra yang bersifat *multivariate* (*multivariable* dan saling berkorelasi) menjadi kelompok data yang tidak berkorelasi

(saling independen) dengan dimensi yang lebih rendah tanpa kehilangan informasi penting dari data aslinya [10]. Berdasar kondisi ini, maka pemrosesan lebih lanjut terhadap informasi yang diperoleh bisa dilakukan dengan cara sederhana dan cepat, sehingga bisa digunakan untuk aplikasi yang memerlukan informasi *real-time*, misalnya pengendalian proses [7,10]. Lebih lanjut, karena kebutuhan kualitas data citra yang tidak terlalu tinggi, teknik ini dapat digunakan untuk membuat alat analisa yang berbiaya murah [9].

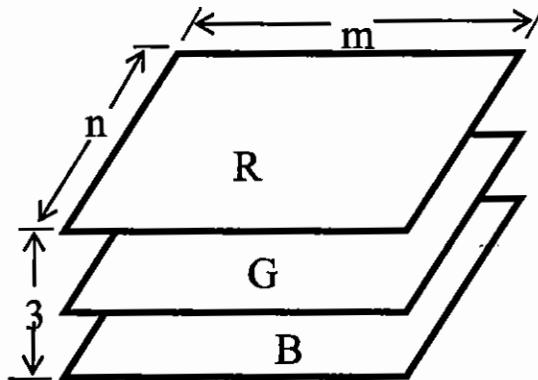
Berdasarkan Subagyo and Brooks [9], ringkasan prosedur pengolahan data citra menggunakan teknik MIA adalah sebagai berikut: Data citra secara digital dapat dipandang sebagai data matriks yang jika berbentuk *multiple spectral bands* merupakan setumpuk matriks yang

kongruen. Pada Gambar 1 disajikan contoh skema matriks untuk data citra berformat RGB (*Red-Green-Blue*). Data citra ini merupakan tiga tumpuk matriks kongruen dengan ukuran $n \times m$ *pixels* dan secara matematis, dapat dilihat sebagai sebuah matriks, I_m , dengan dimensi $n \times m \times 3$. Isi data pada matriks ini biasanya saling berkorelasi atau disebut data multivariate.

Matriks *three-way* dari data citra, I_m , yang berdimensi $n \times m \times 3$ selanjutnya dapat ditulis sebagai $I_{m(n \times m \times 3)}$. Matriks ini dapat diurai menjadi matriks *two-way* dengan prosedur yang tersaji pada Gambar 2, dan disebut sebagai matriks $X_{((n,m) \times 3)}$.

$$I_m \xrightarrow{\text{unfold}} X \quad (1)$$

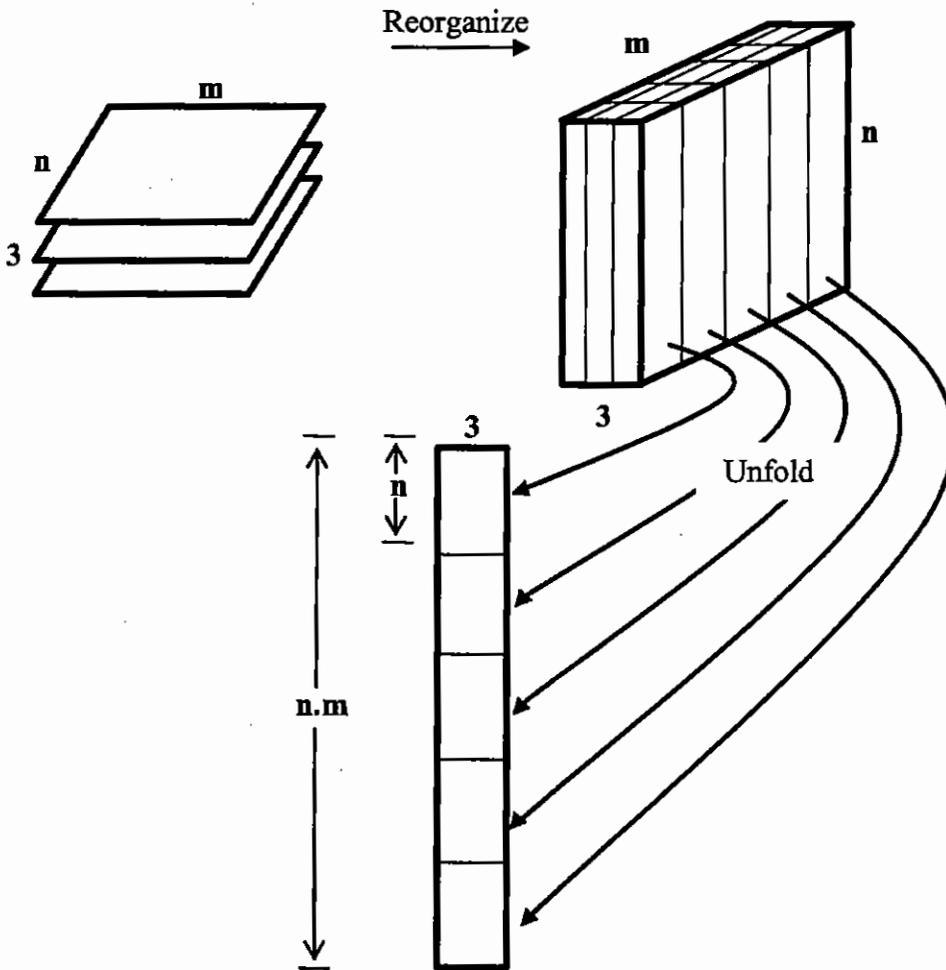
$(n \times m \times 3) \qquad (m.n \times 3)$



Gambar 1. Diagram skematis sebuah data citra berformat RGB.

Matriks citra yang telah diurai, X , selanjutnya dapat didekomposisi menggunakan cara *principal component analysis* (PCA). Hubungan antara matriks asli dengan nilai principal component-nya mengikuti persamaan:

$$X = \sum_i t_i p_i^T + E = TP^T + E \quad (2)$$



Gambar 2. Diagram skematis proses peruraian matriks citra.

Dengan X adalah matriks terurai dari matriks citra, I_m ; T adalah matriks *score*; P adalah matriks *loading*; dan E adalah matriks residu.

Jika semua informasi berdaya guna dari data citra tersebut tertahan pada dua *principal components* pertama, yaitu t_1 dan t_2 , maka matriks X dapat didekati dengan persamaan:

$$\hat{X} = \sum_{i=1}^2 t_i p_i^T \quad (3)$$

Vektor *score*, t_i , adalah kombinasi linier variabel-variabel pada matriks citra X yang merepresentasikan variasi yang ada pada data citra. Vektor *loading*, p_i , adalah *eigenvectors* dari struktur *variance-covariance* ($X^T X$) pada matriks data citra dan mempunyai *property orthonormality* (yakni $P^T P = I$; dengan I adalah matriks identitas). Berdasar *property* yang dimiliki vektor *score* and *loading*, nilai matriks *score*, T , dapat dihitung dengan persamaan:

$$T = X P \quad (4)$$

Berdasar asumsi semua informasi pada citra tertahan dalam dua *principal components* pertama, kombinasi dari dua vektor *score* (t_1 dan t_2) akan sama dengan pixels, yang secara matematis ditunjukkan dalam persamaan (3). Oleh karena itu, kombinasi dari nilai ini dapat digunakan untuk mengekstrak informasi penting dari data citra yang ditinjau. Sebagai contoh, Subagyo and Brooks [9] telah menggunakan pendekatan ini untuk mengekstrak informasi jenis fase leburan (*molten phases*) dan temperturnya pada leburan slag dan logam.

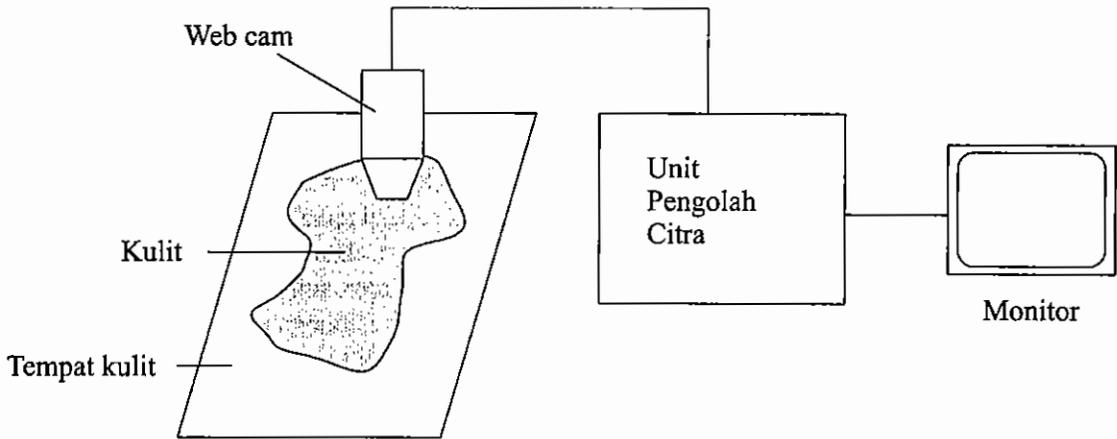
Dari tinjauan di atas, terlihat bahwa metode MIA sangat memungkinkan untuk diterapkan dalam membangun alat analisa kualitas dari data citra kulit. Langkah yang perlu dilakukan untuk menghasilkan alat ini adalah pengembangan korelasi antara nilai vektor *score* dengan parameter kualitas kulit sehingga sebuah alat analisa kualitas kulit yang portable, akurat, cepat, dan murah bisa diwujudkan.

3. METODE PENELITIAN

Secara garis besar, pengembangan alat evaluasi mutu kulit ini dilaksanakan dalam tiga tahap, diawali pada tahap pertama dengan studi untuk membangun model matematis hubungan antara nilai vektor *score*, t_i , dengan parameter kualitas kulit. Nilai vektor *score* akan dihitung menggunakan prosedur seperti tersaji pada Studi Pustaka. Teknis perhitungannya akan menggunakan perangkat lunak yang telah dikembangkan peneliti [9]. Sedangkan pembangunan hubungan matematis antara parameter kualitas kulit dengan vektor *score* dilakukan dengan cara pendekatan sistem pakar (*expert system*). Pada metode ini, kaitan parameter kualitas kulit dengan nilai vektor *score* disusun dari data citra berbagai macam kualitas kulit sehingga diperoleh hubungan matematis yang berlaku secara umum. Hubungan matematis ini selanjutnya digunakan sebagai otak analisa dari alat yang akan dibuat. Pendekatan ini telah sukses diterapkan pada berbagai aplikasi, misalnya pada industri pengolahan logam [5-9], pengolahan data citra satelit [4,10], dan industri makanan [11].

Tahap kedua, perancangan alat analisa yang mencakup alat pengambilan data citra, mesin analisa, dan alat monitor untuk menampilkan hasil analisa. Tahap ketiga, adalah pembuatan prototype alat analisa kualitas kulit.

Pada Gambar 3 disajikan diagram skematik pemakaian alat yang akan dihasilkan dari penelitian ini. Kamera web cam akan "melihat" kulit yang diletakkan pada tempat yang disediakan, maka secara *real time* nilai kualitas kulit akan terpampang pada layar monitor seperti luas kulit, tebal kulit, cacat kulit, warna kulit, kadar air dan parameter-parameter kualitas yang lain. Untuk mendemonstrasikan teknis pengembangan alat analisa mutu kulit ini, berikut disajikan teknis dan hasil pengembangan metode pengukuran luas bentangan kulit jadi (*finished leather*



Gambar 3. Diagram skematik alat.

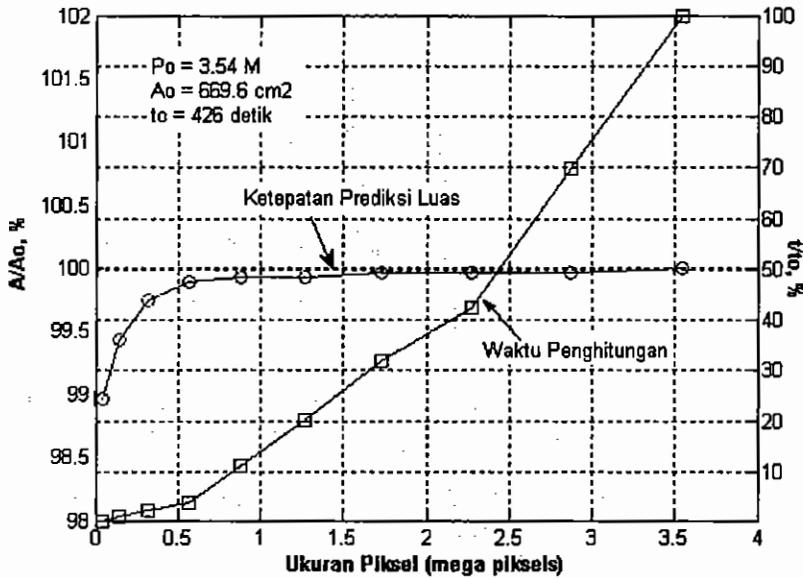
3. HASIL PENELITIAN

Pada Gambar 4, disajikan gambar kulit jadi yang digunakan untuk mengembangkan teknik pengukuran luas bentangan memakai metode MIA. Detil spesifikasi kulit ini disajikan dalam Ikrar [12]. Dekomposisi data citra (berformat RGB) yang tersaji pada Gambar 4 ke nilai komponen prinsipalnya, menggunakan persamaan (1)-(4), menunjukkan bahwa sebagian besar (99.94%) informasi dapat diwakili oleh nilai *principal component* (PC) pertama. Detail proses dekomposisi dan data numerisnya disajikan pada publikasi lain [12-13]. Berdasarkan hasil ini maka dapat disimpulkan bahwa nilai PC pertama sudah cukup memadai digunakan untuk menganalisis informasi penting dari data citra tersebut.

Pada saat ini, teknologi alat-alat pengambil data citra digital (misalnya kamera dan kamera video digital) sudah sangat maju. Sebagai contoh, kamera digital dengan kemampuan menangkap data citra dengan kualitas gambar 4.0 Mega Pixels sudah tersedia di pasar dengan harga yang sangat kompetitif. Walaupun kualitas citra tinggi mampu memberikan kualitas gambar yang lebih baik, namun ditinjau dari efisiensi proses pengolahan data citra memberikan dampak negatif—penurunan kecepatan perhitungan. Pada Gambar 5 disajikan contoh perbandingan ukuran citra dengan kecepatan proses evaluasi dan ketepatan pengukuran luas bentangan kulit.



Gambar 4. Contoh bentuk kulit jadi.



Gambar 5. Pengaruh kualitas citra terhadap kecepatan dan ketepatan evaluasi luas bentangan kulit [12-13].

Seperti yang terlihat pada Gambar 5, kecepatan penghitungan luas kulit bertambah secara signifikan seiring dengan pengurangan ukuran citra. Namun, pengurangan ukuran citra sampai titik tertentu tidak begitu memberikan dampak yang berarti terhadap kualitas prediksi luas area yang dihasilkan. Sebagai contoh jika ukuran piksel citra berkurang dari 3.54 Mega Pixels ke 1.27 Mega Pixels, kecepatan penghitungan meningkat 4.95 kali tetapi kualitas prediksi luas area hanya berkurang 0.077%. Untuk kasus pengukuran luas bentangan kulit ini, ukuran citra yang paling optimal dalam penentuan dimensi kulit adalah 0.086 Mega Pixels, dengan kecepatan penghitungan 3.5 detik dan kualitas prediksi kurang lebih 99.18%. Sebagai catatan, komputer yang dipakai untuk proses evaluasi ini adalah PC IBM™ *Compatible* Celeron IV/1.8 MHz dengan 224 MHz RAM dan OS Windows™ XP Professional.

3. KESIMPULAN

Berdasarkan kajian ini dapat disimpulkan:

a. Evaluasi kualitas kulit yang ditinjau, yaitu *finished leather*, dapat dilakukan dengan menggunakan hanya nilai komponen prinsipal pertama (PC #1).

b. Dengan menggunakan data citra berkualitas 0.086 Mega Pixels dan proses perhitungan memakai PC Celeron IV/1.8 MHz, ukuran luas bentangan kulit yang ditinjau dapat dievaluasi dalam waktu 3.5 detik dengan ketepatan 99.18%.

REFERENSI

1. BPEN, 2004, *Indonesian Exports of Industrial Products Sectors by Commodity 1998-2002*, <http://www.nafed.go.id>, [online, accessed 24 Feb. 2004].
2. Esbensen, K. and Geladi, P., 1989, Strategy of Multivariate Image Analysis (MIA), *Chemometrics Int. Lab. Syst.*, 7, 67-86.
3. Grahn, H., Szeverenyi, N.M., Roggenbuck, M.W., Delaglio, F., and Geladi, P., 1989, *Chemometrics Int. Lab. Syst.*, 5, 311-322.
4. Geladi, P., Isaksson, H., Lindqvist, L., Wold, S., and Esbensen, K., 1989, *Chemometrics Int. Lab. Syst.*, 5, 209-220.

5. Brooks, G.A., and Subagyo, 2003^a, Ladle Eye Detection using Multivariate Image Analysis, *I&SM*, 30(10), 17-21.
6. Brooks, G.A., and Subagyo, 2003^b, Ladle Eye Detection using Multivariate Image Analysis, *ISSTech 2003 Conference Proceedings*, ISS, Warrendale, PA, pp. 843-852.
7. Subagyo and Brooks, G.A., 2003^a, Online Monitoring of Dynamic Slag Behavior in Ladle Metallurgy, *Iron Steel Inst. Jpn. Int.*, 43(8), 1286-1288.
8. Subagyo and Brooks, G.A., 2003^b, Advanced Image Analysis of Molten Slag for Process Control, *Proceedings of Yazawa International Symposium on Metallurgical and Materials Processing: Principles and Technology, Vol. I: Materials Processing Fundamentals and New Technology*, F. Kongoli, K. Itagaki, C. Yamauchi, and H.Y. Sohn (Eds.), TMS, San Diego, California, USA, pp. 475-483.
9. Subagyo and Brooks, G.A., 2003^c, *On-Line Measurement of Molten Phases*, Canadian Patent Application (Serial No. PCT/CA03/01053), 10 July 2003.
10. Bharati, M.H., and MacGregor, J.F., 1998, Multivariate Image Analysis for Real-Time Process Monitoring and Control, *Ind. Eng. Chem. Res.*, 37, 4715-4724.
11. Courcoux, P., Devaux, M.F., and Bouchet, B., 2002, Simultaneous Decomposition of Multivariate Images using Three-Way Data Analysis: Application to the Comparison of Cereal Grains by Confocal Laser Scanning Microscopy, *Chemometrics Int. Lab. Syst.*, 62, 103-113.
12. Ikrar, M., 2004, *Penerapan Multivariate Image Analysis (MIA) untuk Evaluasi Dimensi Kulit*, Skripsi S-1 Program Studi Teknik Industri, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
13. Ikrar, M., Subagyo, dan Herianto, *Penerapan Multivariate Image Analysis (MIA) untuk Evaluasi Dimensi Kulit*, To be published.