

PENGEMBANGAN ALGORITMA PENGOLAHAN CITRA UNTUK PEMUTUAN KOPI BERAS

Dedy Wirawan Soedibyo^{*)} Usman Ahmad^{**)} Kudang Boro Seminar^{**)}
I Dewa Made Subrata^{**)}

ABSTRAK

Komoditas kopi memiliki prospek yang baik untuk pengembangan agribisnis dan agroindustri di Indonesia, karena itu perlu ditangani secara baik dan profesional. Pemutuan kopi beras komersial sebagai komoditas bijian hingga saat ini masih dilakukan secara manual. Tujuan dari penelitian ini adalah membuat program komputer berbasis pengolahan citra untuk pemutuan biji kopi beras secara tunda. Pengolahan citra digunakan untuk mendapatkan enam parameter citra berupa: area, lebar, perimeter, area cacat, indeks warna merah, dan indeks warna hijau. Kelas mutu yang diamati adalah kelas mutu A, B, C, dan reject. Sampel biji kopi beras yang digunakan pada masing-masing kelas mutu adalah 128 biji, sehingga secara keseluruhan digunakan 512 biji kopi beras. Pengambilan gambar dilakukan secara majemuk dengan susunan biji kopi beras yang teratur dengan konfigurasi matriks 4×4 . Keenam parameter citra dianalisis secara statistik untuk mendapatkan hubungan antara enam parameter citra dengan kelas mutu biji kopi beras, kemudian merumuskan hubungan tersebut persamaan logika. Dari enam parameter tersebut hanya area, area cacat, r , dan g yang dapat diformulasikan kedalam persamaan logika. Hasil yang diperoleh adalah program komputer dapat mengidentifikasi kelas mutu dengan tingkat kesesuaian 78% dengan tingkat kesesuaian masing-masing kelas mutu A, B, C, dan reject berturut-turut sebesar 64%, 64%, 87%, dan 96%.

Kata kunci: program komputer, pengolahan citra, pemutuan, kopi beras

PENDAHULUAN

Komoditi kopi memegang peranan penting dalam menunjang perekonomian bagi sebagian besar negara berkembang, baik sebagai penghasil devisa maupun sebagai sumber penghasilan rakyat. Saat ini Indonesia tergolong negara produsen kopi terbesar keempat setelah Brazil, Vietnam, dan Colombia.

Pemutuan kopi beras metode *deffect system* dilakukan secara visual manual dengan pengambilan 300 gram contoh kopi untuk dianalisa. Penentuan nilai cacat manual mempunyai kelemahan dari sisi subyektivitas yang memungkinkan terjadinya kesalahan akibat kelelahan mata manusia terhadap contoh yang dianalisa. Pengolahan citra menggunakan sistem visual menggunakan sensor elektro-optika mempunyai kemampuan yang lebih peka, tepat, dan obyektif daripada kemampuan visual manusia. Oleh sebab itu untuk

mengatasi masalah tersebut maka teknologi pengolahan citra (*image processing*) merupakan solusi yang tepat dalam pemutuan kopi beras.

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut : 1) Mempelajari parameter mutu visual kopi beras, 2) Menyusun algoritma program pengolahan citra untuk proses pemutuan kopi beras, 3) Menentukan kelas mutu biji kopi menggunakan pengolahan citra.

Beberapa penelitian pemutuan kopi menggunakan pengolahan citra yang telah dilakukan adalah sebagai berikut ini.

Sari (2004) menggunakan *image processing* dan *fuzzy logic* dalam pendugaan biji kopi utuh, pecah, berlubang, dan benda asing. *Image processing* digunakan untuk mendapatkan data berupa nilai panjang, lebar maksimum, lebar minimum, selisih lebar, keliling, luas, dan *roundness*. Akurasi dalam proses penentuan batas fuzzifikasi

^{*)}Mahasiswa Program Doktor, Ilmu Keteknikan Pertanian, Sekolah Pasca Sarjana Institut Pertanian Bogor

^{**)}Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga Bogor 16680

adalah 55.67 %, sementara tingkat akurasi dalam proses validasi adalah 56.19 %.

Sofi'i I, et al. (2005) mengembangkan sistem penentuan jenis cacat biji kopi dengan pengolahan citra dan dianalisis dengan dua model JST berdasarkan variasi node input. Analisa dilakukan terhadap biji kopi berdasarkan dua puluh lima jenis cacat dan keberadaan benda asing. Model JST pertama menggunakan sepuluh node input dengan tingkat kesesuaian 72.6 persen dan model JST kedua menggunakan lima node inputtingkat kesesuaian 68.1 persen.

Tiap negara memiliki pemutuan kopi yang berbeda-beda. Pemutuan kopi yang diakui dunia memenuhi standar kualitas ekspor adalah pemutuan berdasar SCAA (*Specialty Coffee Association of America*) - yang baik untuk pemutuan kopi spesialti dan metode *green coffee* Brazil/New York. Sedangkan standar mutu kopi Indonesia diatur dalam standar nasional Indonesia biji kopi [SNI] no: 01-2907-2008.

Terdapat lima kelas mutu pada metode klasifikasi SCAA yaitu: (1) *Specialty Grade Green Coffee*; (2) *Premium Coffee Grade*; (3) *Exchange Coffee Grade*; (4) *Below Standard Coffee Grade*; dan (5) *Off Grade Coffee*. Menurut SCAA sepuluh kategori cacat (*defect*) pada biji kopi ditambah dengan kotoran menjadi dasar pemutuan kopi beras. Cacat tersebut antara lain hitam (*black*), keriput (*stinkers*), biji ringan (*floaters*), buah kering (*dried cherries*), pecah (*broken*), biji kosong (*shells*), kerusakan karena serangga (*insect damage*), bentuk tak beraturan (*malformed*), setengah hitam (*half black*), dan warna hijau (*green*). Sedangkan kotoran terdiri atas ranting dan batu. (*Coffeeresearch*. 2008).

METODOLOGI PENELITIAN

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kopi beras jenis Arabika (*Coffea arabica*) pada berbagai kelas mutu yang berasal dari Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia (ICCRI), Jember.

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut ini.

- 1 Ayakan lubang bulat dengan diameter 7.5 mm, 6.5 mm, dan 5.5 mm.
- 2 Kamera CCD (*Charge Couple Device*) DFK 21BF04 dari *The ImagingSource*
- 3 Perangkat PC

- 4 Lampu fluorescent terintegrasi dengan papan pengambilan gambar (*copy board*) Perangkat lunak pengambilan citra dan pengolahan citra dibangun dengan menggunakan bahasa C# dari *Sharp Develop 2.2*.

Metode Penelitian

Pemutuan kopi dilakukan untuk membagi kopi beras dalam empat kelas mutu yaitu A, B, C, dan Reject (RJ). Pedoman yang digunakan adalah sistem klasifikasi kopi berdasarkan SCAA. Target mutu yang diharapkan adalah kopi spesialti (*specialty grade green coffee* [1]), sehingga kelas mutu A, B, dan C merupakan kelas mutu spesialti dan bebas cacat. Perbedaan antara kelas mutu A, B, dan C adalah ukurannya, yang dipisahkan dengan ayakan lubang bulat. Dimana kelas mutu A adalah kopi beras yang tidak lolos ayakan diameter 7.5 mm; kelas mutu B adalah kopi beras yang lolos ayakan diameter 7.5 mm dan tidak lolos ayakan diameter 6.5 mm; dan kelas mutu C adalah kopi beras yang lolos ayakan diameter 6.5 mm dan tidak lolos ayakan diameter 5.5 mm. Kelas mutu RJ terdiri atas biji kopi beras berukuran kecil (lolos ayakan 5.5 mm) dan biji kopi beras yang cacat.

Jumlah masing-masing sampel yang akan digunakan dari kelas mutu tersebut adalah 128 biji. Sehingga total sampel yang akan digunakan adalah 512 kopi beras.

Parameter Mutu Pengolahan Citra untuk Pengelompokan Mutu Kopi

Kelas mutu kopi beras dibangun berdasarkan sifat-sifat umum kopi beras dan cacat yang dialaminya berdasarkan Ciptadi (1985) dan Siswoputranto (1993) yang menyebutkan rangkuman aspek-aspek yang diperhatikan dalam penetapan standar terutama mengenai hal-hal sebagai berikut ini.

- 1 Keseragaman dalam ukuran, bentuk, dan warnanya
- 2 Cacat yang terlihat dari warna yang meliputi: biji hitam, biji berbintik-bintik, dan biji berwarna coklat
- 3 Cacat karena biji pipih, biji pecah, biji berlubang karena serangan hama
- 4 Cacat karena biji berkapang akibat pengeringan biji kopi tidak dilakukan dengan baik

^{*)}Mahasiswa Program Doktor, Ilmu Keteknikan Pertanian, Sekolah Pasca Sarjana Institut Pertanian Bogor
^{**)}Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga Bogor 16680

- 5 Permukaan biji yang kisut karena buah yang belum masak
 - 6 Kebersihan, biji tidak tercampur pecahan kulit dan kotoran yang lain (batu dan serpihan ranting)
- Berdasarkan aspek-aspek diatas dapat maka dapat disusun parameter mutu yang menentukan kualitas biji kopi adalah: (1) ukuran; (2) bentuk; (3) warna; (4) cacat; dan (5) kotoran.

Penjelasan tentang parameter mutu yang dapat merepresentasikan sifat umum

kopi beras dijelaskan pada tabel 1.. Masing-masing kelompok kopi beras dengan mutu yang berbeda ini dipelajari penampakkannya dengan teknik pengolahan citra. Setiap parameter mutu kemudian diperiksa korelasinya dengan kriteria mutu berdasarkan pemisahan manual. Parameter-parameter mutu yang mempunyai korelasi tinggi dengan hasil penilaian manual akan dipakai untuk menentukan tingkat mutu kopi beras.

Tabel 1 Parameter mutu biji kopi dan parameter pengolahan citra

No	Parameter mutu biji kopi	Parameter mutu citra	Uraian
1	Ukuran	Area dan panjang	Sifat ukuran memiliki korelasi dengan parameter mutu citra area dan panjang. Area dan panjang biji memiliki dimensi piksel.
2	Bentuk	Perimeter	Analisa bentuk pada pengolahan citra dikenal sebagai faktor bentuk. Faktor bentuk merupakan fungsi dengan perimeter sebagai faktornya. Parameter mutu yang dapat merepresentasikan sifat abnormalitas adalah perimeter. Perimeter dinyatakan dalam satuan piksel.
3	Warna	r dan g	parameter mutu pengolahan citra yang dapat merepresentasikan warna biji adalah indeks warna merah (r), indeks warna hijau (g), dan indeks warna biru (b). Karena penjumlahan r, g dan b sama dengan satu, maka cukup dua parameter mutu saja yang digunakan, yaitu r dan g (r dan g <i>dimensionless</i>).
4	Cacat	Area cacat	Area cacat diperoleh berdasarkan fungsi <i>threshold</i> yang dapat memisahkan area biji dengan area kerusakan. Area cacat biji memiliki dimensi piksel.
5	Kotoran	Area, perimeter, dan warna	Kotoran memiliki bentuk yang sangat berbeda dengan biji kopi. Selain itu warnanya juga berbeda dengan biji kopi. Parameter mutu yang dapat mengidentifikasi kotoran dapat dipilih diantara parameter ukuran, bentuk, warna ataupun gabungan dari ketiganya.

Pengambilan Citra

Pengambilan citra dilakukan secara majemuk dengan susunan biji kopi beras yang teratur dengan konfigurasi matriks 4 x 4

Pengolahan Data

Analisis statistik digunakan untuk menentukan batasan nilai parameter mutu citra pada tiap kelas mutu kopi beras.

Prosedur pengolahan data adalah sebagai berikut ini.

- 1 Mengumpulkan dan mentabulasi data-data parameter citra dari pengolahan citra
- 2 Menghitung nilai rata-rata, standar deviasi, nilai maksimum, dan nilai minimum parameter mutu citra pada setiap kelas mutu

^{*)}Mahasiswa Program Doktor, Ilmu Keteknikan Pertanian, Sekolah Pasca Sarjana Institut Pertanian Bogor
^{**)}Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga Bogor 16680

- 3 Melakukan plotting parameter mutu citra pada grafik
- 4 Menentukan nilai batas parameter mutu citra yang digunakan untuk memisahkan tiap sampel berdasarkan kelas mutunya
- 5 Menyusun pernyataan logika berdasarkan nilai batas berdasarkan analisis statistik
- 6 Melakukan validasi terhadap pernyataan logika dari parameter mutu citra kemudian menghitung tingkat kesesuaiannya dengan persamaan:

$$\text{Tingkat kesesuaian} = (\text{jumlah pendugaan yang tepat} / \text{jumlah sampel}) * 100\%$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tampilan program terdiri dari dua kotak gambar yaitu kotak gambar 1 yang menampilkan citra asli biji kopi beras dengan ukuran 640 x 480. Kotak gambar 2

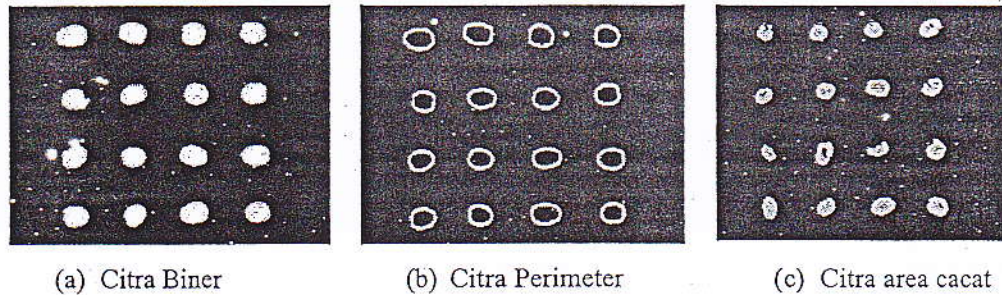
menampilkan citra biji kopi beras hasil pengolahan citra yang berukuran 320 x 240 piksel. Tampilan program pengolahan kopi dapat dilihat pada gambar 9

Keluaran dari program adalah file teks yang berisi data hasil analisis yaitu area, lebar, perimeter, area cacat, indeks R(r), dan indeks G (g) dengan ekstensi .txt. File berextensi .txt ini terbuka secara otomatis pada saat program pertama kali dijalankan. Informasi data citra dituliskan pada saat tombol Olah ditekan.

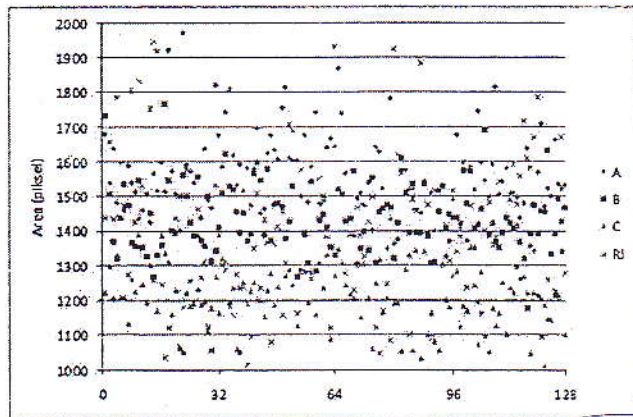
Sifat Kelas Mutu berdasarkan Hasil Ekstraksi Citra

1. Area

Gambar 2 adalah sebaran nilai area dalam piksel dari 512 kopi beras yang terbagi dalam empat kelas mutu.



Gambar 1 Tampilan hasil pengolahan citra



Gambar2 Sebaran nilai area pada empat kelas mutu kopi beras

Tabel 2. Nilai sebaran area pada empat kelas mutu kopi beras

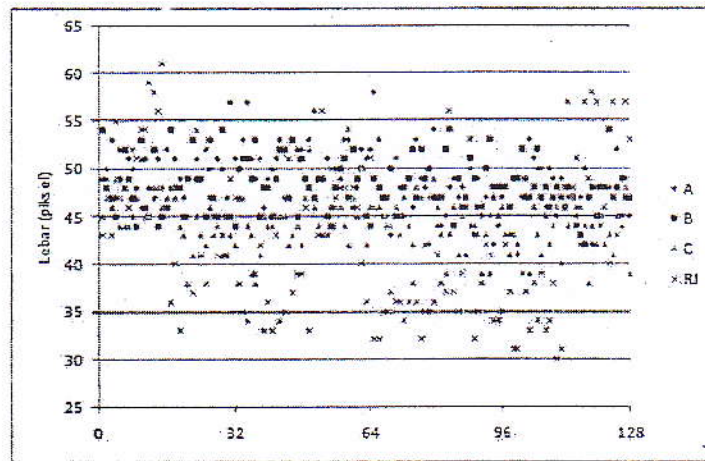
Parameter statistik area	Kelas Mutu			
	A	B	C	RJ
Rata-rata	1555	1438	1213	1414
Standar Deviasi	124	97	92	311
Maksimum	1972	1767	1459	2874
Minimum	1301	1176	995	759

Tabel diatas menunjukkan bahwa sebaran nilai area antar kelas mutu saling tumpang tindih. Kendati demikian jika dilihat dari gambar, kelas mutu C dapat dipisahkan dari kelas mutu A dan B meski masih terdapat area kelas mutu C yang tumpang tindih dengan kelas mutu A dan B. Nilai area diatas nilai maksimal kelas mutu A dan dibawah nilai minimal kelas mutu C dapat digunakan untuk mengidentifikasi kelas mutu RJ. Karena keteraturan inilah, maka area digunakan sebagai variabel penentuan kelas mutu, kendati terjadi tumpang tindih nilai area pada keempat kelas mutu.

Nilai rata-rata area kopi beras tertinggi terdapat pada kelas mutu A, kemudian berturut-turut B, dan C. Hal ini sesuai dengan kriteria *grading* bahwa ukuran kelas terbesar adalah mutu A diikuti B dan kemudian C. Kelas mutu RJ mempunyai nilai rata-rata area yang tersebar pada ketiga kelas mutu.

2. Lebar

Gambar 3 adalah sebaran nilai lebar dalam piksel dari 512 kopi beras yang terbagi dalam empat kelas mutu.



Gambar 3 Sebaran nilai lebar pada empat kelas mutu kopi beras

Tabel 3 Nilai sebaran lebar pada empat kelas mutu kopi beras

Parameter statistik lebar	Kelas Mutu			
	A	B	C	RJ
Rata-rata	49	48	44	42
Standar Deviasi	3.2	2.7	2.7	7.9
Maksimum	58	54	52	61
Minimum	41	42	38	30

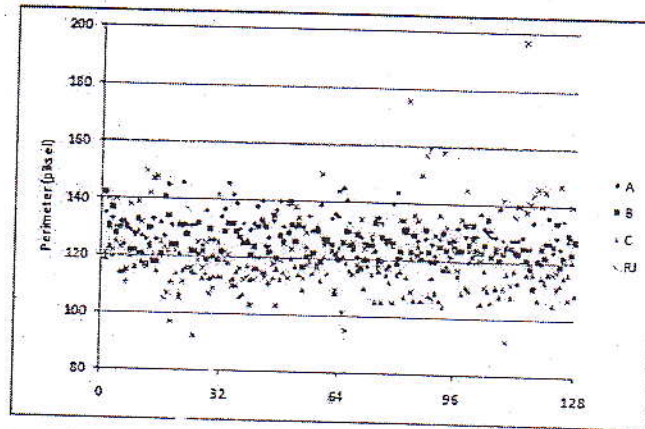
¹⁾Mahasiswa Program Doktor, Ilmu Keteknikan Pertanian, Sekolah Pasca Sarjana Institut Pertanian Bogor
²⁾Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga Bogor 16680

Nilai rata-rata lebar terbesar dimiliki oleh kelas mutu A, kemudian C, B, dan terakhir RJ. Nilai lebar rata-rata pada kelas mutu B lebih kecil dari nilai lebar rata-rata kelas mutu C, hal ini disebabkan karena biji kopi ada yang bentuknya panjang dan lebar, ada yang bentuknya lonjong dan ada yang bentuknya pendek namun lebar, sehingga saat proses *grading* dilakukan kadang ada biji kopi yang digolongkan kedalam kelas mutu C namun memiliki lebar yang sama dengan kelas mutu B dan A.

Tabel diatas menunjukkan bahwa kisaran nilai lebar untuk semua kelas mutu saling tumpang tindih. Dengan demikian parameter mutu lebar tidak dapat digunakan sebagai variabel penentu kelas mutu.

3. Perimeter

Gambar 4 adalah sebaran nilai perimeter dalam piksel dari 512 kopi beras yang terbagi dalam empat kelas mutu.



Gambar 4 Sebaran nilai perimeter pada empat kelas mutu kopi beras

Tabel 4 Nilai sebaran perimeter pada empat kelas mutu kopi beras

Parameter statistik perimeter	Kelas Mutu			
	A	B	C	RJ
Rata-rata	130	126	115	126
Standar Deviasi	6.2	5.2	5.7	16.1
Maksimum	146	142	140	197
Minimum	117	111	104	92

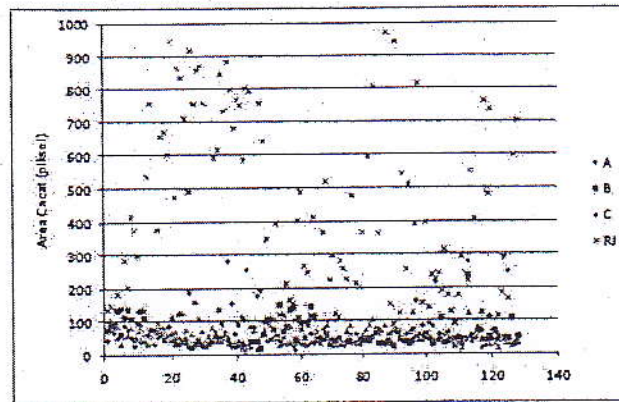
Tabel diatas menunjukkan bahwa nilai minimal dan maksimal perimeter pada semua kelas hampir berhimpit. Pada kelas RJ mempunyai nilai perimeter yang tersebar di semua kelas mutu. Sebaran nilai maksimal dan minimal yang hampir berhimpit pada semua kelas mutu menunjukkan bahwa parameter mutu citra

perimeter tidak dapat digunakan sebagai variabel penentu kelas mutu.

4. Area Cacat

Gambar 5 adalah sebaran nilai area cacat dalam piksel dari 512 kopi beras yang terbagi dalam empat kelas mutu.

*Mahasiswa Program Doktor, Ilmu Keteknikan Pertanian, Sekolah Pasca Sarjana Institut Pertanian Bogor
 **Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga Bogor 16680



Gambar 5 Sebaran nilai area cacat pada empat kelas mutu kopi beras

Tabel 5 Nilai sebaran area cacat pada empat kelas mutu kopi beras

Parameter statistik area cacat	Kelas Mutu			
	A	B	C	RJ
Rata-rata	67	56	55	452
Standar Deviasi	51.0	34.5	27.6	359.5
Maksimum	282	234	160	2369
Minimum	13	16	15	29

Nilai rata-rata area cacat tertinggi ada pada kelas mutu RJ, hal ini sesuai dengan kriteria *grading* bahwa kelas RJ memiliki area cacat terbesar. Pada kelas mutu A, B, dan C kisaran nilai area cacat hampir berhimpit dengan nilai maksimal sebesar 282. Hal ini sesuai dengan kriteria *grading* kopi beras bahwa kelas mutu selain RJ memiliki bagian cacat yang kecil. Dengan demikian area cacat dapat digunakan untuk memisahkan kelas mutu RJ dengan kelas mutu lainnya.

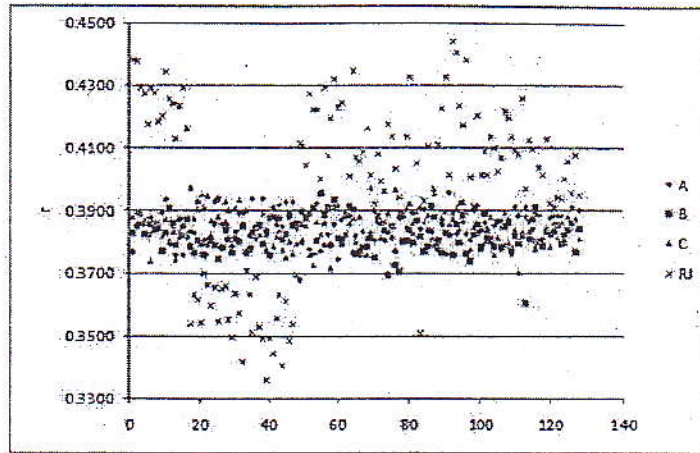
5. Indeks Warna Merah (r)

Indeks warna merah (r) untuk kelas mutu A, B dan C memiliki nilai yang hampir berhimpit. Nilai maksimum indeks warna merah untuk kelas-kelas mutu tersebut adalah 0.3976, sedangkan nilai minimumnya

adalah 0.3606. Kisaran nilai yang diperoleh kelas mutu RJ adalah dari 0,3419 sampai 0,4443. Dari kisaran nilai tersebut diperoleh nilai rata-rata r pada kelas mutu A, B dan C hampir sama yaitu sekitar 0.38, sedangkan pada kelas RJ nilai r rata-ratanya adalah 0,39. Hal ini membuktikan bahwa pada kelas mutu A, B dan C memiliki warna yang seragam. Kelas mutu RJ memiliki nilai yang lebih kecil atau lebih besar dari kelas mutu karena kelas RJ sebagian besar terdiri dari kopi dengan warna yang bervariasi. Dengan demikian parameter mutu r dapat digunakan sebagai variabel pembeda antara kelas mutu A, B, dan C dengan RJ.

Gambar 6 adalah sebaran nilai indeks warna merah dalam piksel dari 512 kopi beras yang terbagi dalam empat kelas mutu.

¹⁾Mahasiswa Program Doktor, Ilmu Keteknikan Pertanian, Sekolah Pasca Sarjana Institut Pertanian Bogor
²⁾Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga Bogor 16680



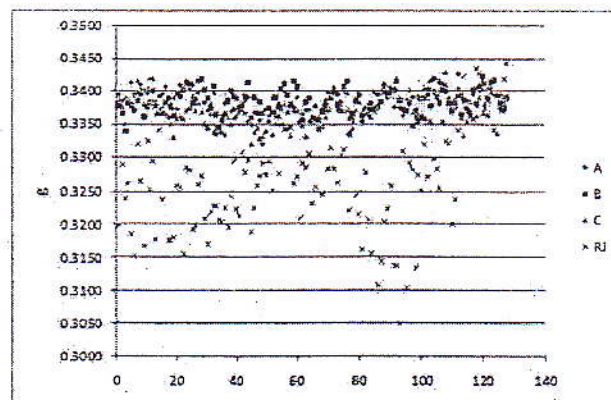
Gambar 6 Sebaran nilai indeks warna merah (r) pada empat kelas mutu kopi beras

Tabel 6 Nilai sebaran indeks warna merah (r) pada empat kelas mutu kopi beras

Parameter statistik indeks R	Kelas Mutu			
	A	B	C	RJ
Rata-rata	0.3844	0.3824	0.3851	0.3977
Standar Deviasi	0.0051	0.0052	0.0056	0.0276
Maksimum	0.3960	0.3955	0.3976	0.4443
Minimum	0.3680	0.3606	0.3704	0.3358

6. Indeks Warna Hijau (G)

Gambar 7 adalah sebaran nilai indeks warna hijau dalam piksel dari 512 kopi beras yang terbagi dalam empat kelas mutu.



Gambar 7 Sebaran nilai indeks warna hijau (g) pada empat kelas mutu kopi beras

^{*)}Mahasiswa Program Doktor, Ilmu Keteknikan Pertanian, Sekolah Pasca Sarjana Institut Pertanian Bogor
^{**)}Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga Bogor 16680

Tabel 7 Nilai sebaran indeks warna hijau (g) pada empat kelas mutu kopi beras

Parameter statistik indeks G	Kelas Mutu			
	A	B	C	RJ
Rata-rata	0.3385	0.3382	0.3371	0.3271
Standar Deviasi	0.0020	0.0018	0.0023	0.0078
Maksimum	0.3428	0.3422	0.3419	0.3442
Minimum	0.3319	0.3335	0.3319	0.3049

Indeks warna hijau (g) untuk kelas mutu A, B dan C memiliki nilai yang hampir berhimpit. Nilai maksimum indeks warna hijau untuk kelas-kelas mutu tersebut adalah 0.3428, sedangkan nilai minimumnya adalah 0.3319. Kisaran nilai yang diperoleh kelas mutu RJ adalah dari 0.3049 sampai 0.3442. Dari kisaran nilai tersebut diperoleh nilai rata-rata r pada kelas mutu A, B dan C hampir sama yaitu sekitar 0.33, sedangkan pada kelas RJ nilai r rata-ratanya adalah 0,32. Hal ini membuktikan bahwa pada kelas mutu A, B dan C memiliki warna yang seragam. Kelas mutu RJ memiliki nilai yang lebih kecil atau lebih besar dari kelas mutu

karena kelas RJ sebagian besar terdiri dari kopi dengan warna yang bervariasi. Dengan demikian parameter mutu g dapat digunakan sebagai variabel pembeda antara kelas mutu A, B, dan C dengan RJ.

Formulasi Parameter Citra untuk Pemutuan Kopi Beras

Parameter mutu citra area, area cacat, r dan g dapat digunakan sebagai variabel penentu kelas mutu kopi beras. Berdasarkan uraian diatas sifat-sifat dari parameter mutu citra dan batasan nilai yang dapat digunakan untuk penentuan kelas mutu disajikan pada tabel 8 berikut ini.

Tabel 8 Batas-batas nilai parameter citra untuk memisahkan kelas mutu

Parameter mutu citra	Kelas mutu			
	A	B	C	RJ
Area	$1317 \geq r \geq 995$	$1495 \geq r > 1317$	$1972 \geq r > 1495$	$1972 < r < 995$
Area cacat	$A \leq 200$	$A \leq 200$	$A \leq 200$	$A > 200$
Indeks warna R	$0.3976 \geq r \geq 0.3606$	$0.3976 \geq r \geq 0.3606$	$0.3976 \geq r \geq 0.3606$	$0.3976 < r < 0.3606$
Indeks warna G	$0.3428 \geq g \geq 0.3319$	$0.3428 \geq g \geq 0.3319$	$0.3428 \geq g \geq 0.3319$	$0.3428 < g < 0.3319$

Keterangan: nilai batas dimodifikasi untuk penghalusan

Formulasi logika disusun berdasarkan nilai-nilai batas pada tabel. Berikut ini adalah formulasi logika yang disusun untuk penentuan kelas mutu kopi beras.

Jika (area > 1972 OR area < 995 OR area cacat > 200 OR r > 0.3976 OR r < 0.3606 OR g > 0.3428 OR g < 0.3319) maka kelas mutu = "RJ"

jika (Area > 1495) maka kelas mutu = "A"

jika (Area > 1317) maka kelas mutu = "B"

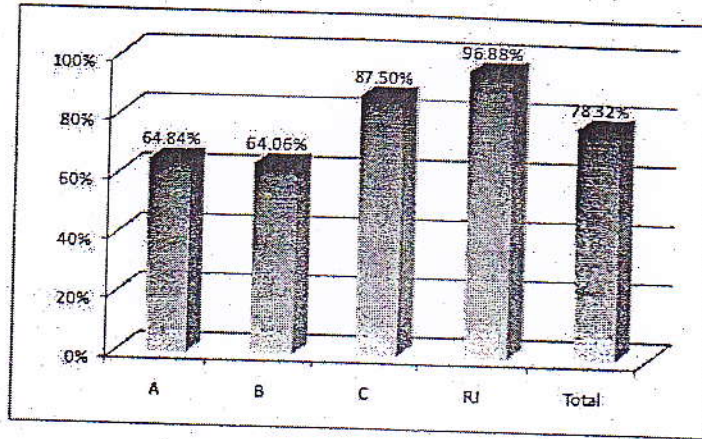
selainnya maka kelas mutu = "C"

Validasi program bertujuan untuk mengetahui tingkat kesesuaian

penggolongan kopi beras menggunakan pengolahan citra. Gambar 8 menunjukkan hasil validasi program pengolahan citra kopi beras. Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa tingkat kesesuaian terbesar ada pada kelas RJ (96.88%), disusul oleh kelas mutu C (87.50%), A (64.84%), dan B (64.06%). Total tingkat kesesuaian program adalah 78,32% yang berarti program pengolahan citra kopi dapat menduga dengan benar 78,32% citra kopi beras.

¹⁾Mahasiswa Program Doktor, Ilmu Keteknikan Pertanian, Sekolah Pasca Sarjana Institut Pertanian Bogor

²⁾Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga Bogor 16680



Gambar 8 Validasi program pengolahan citra

Tabel 9 Pendugaan kelas mutu biji kopi berdasarkan pengolahan citra

Kelas mutu aktual	Hasil pendugaan kelas mutu				Salah pendugaan	Jumlah
	A	B	C	RJ		
A	83 64.84%	38 29.69%	1 0.78%	6 4.69%	45 35.16%	128
B	34 26.56%	82 64.06%	11 8.59%	1 0.78%	46 35.94%	128
C	0 0.00%	15 11.72%	112 87.50%	1 0.78%	16 12.50%	128
RJ	1 0.78%	0 0.00%	3 2.34%	124 96.88%	4 3.13%	128

Keterangan : Tebal = pendugaan yang benar
Tidak tebal = pendugaan yang salah (horizontal)

Hasil pendugaan biji kopi pada proses validasi menunjukkan banyak terjadi kesalahan pendugaan yang menyebabkan kecilnya tingkat kesesuaian pendugaan pada beberapa kelas mutu, terutama tingkat kesesuaian pendugaan pada kelas mutu A dan B.

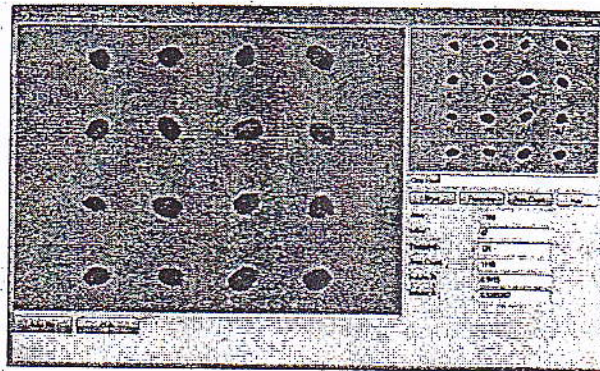
Kesalahan pendugaan pada kelas mutu A dan B sangat besar jika dibandingkan dengan kelas mutu C dan RJ. Hal ini disebabkan oleh nilai parameter mutu pada kelas tersebut saling tumpang tindih terutama pada parameter mutu citra area. Cara untuk mengurangi kesalahan adalah membuat kesalahan pendugaan kelas mutu A dan B dibuat seimbang, sehingga tingkat kesesuaiannya hampir sama. Kelas mutu B juga mengalami salah duga menjadi kelas mutu C atau RJ namun kesalahannya

hanya sedikit karena selang nilai kelas mutu B tidak begitu berhimpitan dengan kelas mutu C dan RJ.

Kelas mutu C memiliki kesalahan pendugaan sebesar 18,75% yaitu sekitar 11,25% salah diduga sebagai kelas mutu B, dan sekitar 7,5% salah diduga sebagai RJ. Kesalahan pendugaan tersebut disebabkan karena terdapat nilai yang berhimpitan sehingga sulit untuk dibedakan.

Kelas RJ memiliki kesalahan pendugaan yang paling rendah yaitu sekitar 3,13% dan kesalahan tersebut salah diduga sebagai kelas mutu C (3) dan A (1). Namun nilai kesalahan pendugaannya sangat kecil sehingga dapat disimpulkan bahwa program pengolahan citra dapat mendeteksi kelas RJ dengan baik.

^{*)}Mahasiswa Program Doktor, Ilmu Keteknikan Pertanian, Sekolah Pasca Sarjana Institut Pertanian Bogor
^{**)}Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga Bogor 16680



Gambar 9 Tampilan program evaluasi citra kopi tunda

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Program pengolahan citra mampu menggolongkan biji kopi menjadi empat kelas mutu yaitu kelas mutu A, B, C, dan RJ dengan berdasarkan kepada parameter mutu citra area, area cacat, indeks warna merah (r), dan indeks warna hijau (g).
2. Tingkat kesesuaian pendugaan kelas mutu program pengolahan citra adalah: untuk kelas mutu A 64,84%, B 64,06%, C 87,50%, dan RJ 96,88%. Tingkat kesesuaian total pendugaan kelas mutu program pengolahan citra adalah: 78,32%.

Saran

1. Cacat pada kopi beras sangat bervariasi, adakalanya pada kopi beras yang tidak bercacat memiliki cacat pada sisi yang tidak terekam oleh kamera. Untuk mendapatkan citra pada keseluruhan sisi maka diperlukan dua kamera untuk pengambilan citra.
2. Tingkat kesesuaian program dapat ditingkatkan dengan menggunakan algoritma pemutuan yang lebih kompleks, misalkan dengan *artificial neural network* ataupun *fuzzy clustering*.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, U. 2005. Pengolahan citra digital dan teknik pemrogramannya. Yogyakarta: Graha Ilmu
- Ciptadi W, Nasution MZ. 1985. Pengolahan kopi. Bogor: Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor
- Coffeeresearch*. 2008. <http://www.coffeeresearch.com>
- Sari NM. 2004. Pendugaan biji kopi utuh, biji kopi pecah, biji kopi berlubang, dan benda asing untuk evaluasi mutu kopi dengan pengolahan citra dengan metoda fuzzy. Skripsi. Bogor: Departemen Teknik Pertanian. Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor.
- Siswoputranro PS. 1993. Kopi internasional dan Indonesia. Jakarta: Kanisius
- SNI 01-2907-2008 (SNI). Standar Nasional Indonesia. 2008. Biji Kopi (SNI 01-2907-2008). Badan Standar Nasional.
- Sofi'i I, Astika IW, Suroso. 2005. Penentuan jenis cacat biji kopi dengan pengolahan citra dan *artificial neural network*. Jurnal Keteknikan Pertanian. Bogor: Perhimpunan Teknik Pertanian

¹Mahasiswa Program Doktor, Ilmu Keteknikan Pertanian, Sekolah Pasca Sarjana Institut Pertanian Bogor
²Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga Bogor 16680