

Performance Test Sistem Kualifikasi Biji Kopi Menggunakan Pengolahan Citra Metode Local Binary Pattern dan Algoritma Learning Vector Quantization

Putut Son Maria¹, Elva Susianti²

¹ Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sultan Syarif Kasim Riau
Jl. HR. Soebrantas No. 155 Simpang Baru, Panam, Pekanbaru, 28293

Email: putut.son@uin-suska.ac.id

² Jurusan Teknik Elektronika, Politeknik Caltex Riau
Jl. Umbansari No 1, Rumbai, Pekanbaru, Riau 28293

Email: elva@pcr.ac.id

ABSTRAK

Kualifikasi biji kopi di setiap negara di dunia mengacu pada standar yang berbeda-beda. Indonesia menggunakan standar kualifikasi berdasarkan sistem total nilai cacat(*defect*) pada setiap rendemen sampel, dan standar ini terdokumentasi pada SNI 01-2907-2008. Paper ini adalah hasil eksperimen yang berupaya membangun sistem kualifikasi biji kopi menggunakan teknik pengolahan citra digital yang bertujuan untuk menguji dan mengukur kinerja metode ekstraksi fitur menggunakan algoritma *local binary pattern*(LBP), dan mengkombinasikan dengan *learning vector quantization*(LVQ) sebagai *classifier* untuk kualifikasi biji kopi(*green coffee bean*). Gambar berwarna dari rendemen biji kopi yang disimpan dalam bentuk file dikonversi menjadi gambar skala keabuan. Dari gambar skala keabuan kemudian dikuantisasi menjadi 16 level keabuan dan dibuat histogram dari setiap sampel gambar. Data histogram yang dipakai pada penelitian ini dipilih pada 8 atribut data yang memiliki deviasi standar di atas 250. Topologi LVQ menggunakan 8 *node* vektor *input* dan 7 *node* *output*, pelatihan jaringan dilakukan sebanyak 10 *epoch* untuk setiap 70 iterasi sampel pelatihan. Percobaan menunjukkan bahwa akurasi kombinasi LBP-LVQ hanya mencapai 52.86 % dan 40 % berturut-turut untuk pengujian secara *off-line* dan *on-line*.

Kata Kunci: *Local Binary Pattern, Biji Kopi, Learning Vector Quantization*

ABSTRACT

The qualification of coffee beans in each country of the world refers to different standards. Indonesia uses qualification standards based on the total defect value system on each sample rendement, and this standard is documented in SNI 01-2907-2008. This paper is an experimental result that attempts to build a coffee bean qualification system using digital image processing techniques that aims to test and measure the performance of feature extraction methods using local binary pattern algorithms (LBP), and combine with learning vector quantization (LVQ) as a classifier for coffee beans qualification. The color image of the beans stored in the form of a file is converted to a gray scale image then quantized to 16 gray levels. A histogram will be derived of each sample image. The histogram data used in this study was selected on 8 data attributes that had a standard deviation greater than 250. The LVQ topology occupies 8 input vector nodes and 7 output nodes, The training of network was performed as much as 10 epoch for each 70 iterations of training samples. Experiments show that the LBP-LVQ combination accuracy reached only 52.86% and 40% respectively for off-line and on-line testing.

Keywords: *Local Binary Pattern, Coffee Beans, Learning Vector Quantization*

Corresponding Author:

Putut Son Maria,

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sultan Syarif Kasim Riau,

Email: putut.son@uin-suska.ac.id

Pendahuluan

Indonesia adalah produsen biji kopi nomor 4 terbesar setelah Brazil, Vietnam dan Kolombia[8]. Masing-masing negara memiliki standar berbeda-beda dalam menentukan kualitas biji kopi, sehingga perdagangan komoditas biasanya akan menggunakan

standar yang berlaku untuk negara pembeli. Terdapat beberapa jenis standar yang digunakan oleh beberapa negara, seperti SCAA, TRIAGE dan SNI[8]. Standar produk dari negara eksportir seringkali harus mengikuti standar dari negara importir agar produk negara eksportir tersebut dapat diterima oleh negara importir. Indonesia menerapkan standar kualifikasi biji kopi menggunakan metode sistem nilai total cacat(*defect*) dan berdasarkan

data survey penulis di PTPN XII Surabaya, dan beberapa literatur penelitian, proses *grading* di Indonesia kebanyakan masih dilakukan secara manual[5][12]. Sistem *grading* yang lebih modern telah berusaha dikembangkan oleh beberapa peneliti sebelumnya menggunakan teknik pengolahan citra digital seperti yang dilakukan oleh Baleker *et al* [1], Ayitenfsu *et al* [2], Carillo *et al*[3], Zambrano *et al*[4], Soedibyo *et al*[5], Oliveir *et al*[6], Faridah *et al*[8], Sofi'I *et al*[11], Putut dan M. Rivai[12], dan Apaza *et al*[15]. Dari beberapa penelitian di Indonesia, terdapat dua kelompok yang menggunakan pendekatan metode yang sama tetapi berbeda secara teknis dalam implementasinya yaitu kelompok peneliti yang menggunakan teknik dengan cara pengamatan biji per biji dan kelompok peneliti yang menggunakan teknik pengamatan secara rendemen sampel.

Peneliti yang menggunakan teknik pengamatan biji per biji adalah seperti yang dilakukan oleh Sofi'i *et al* [11] yang memang hanya bertujuan untuk menentukan jenis cacat pada kopi saja dan Soedibyo *et al* [5] yang penelitiannya bertujuan untuk melakukan sortir. Sampel biji kopi diletakkan pada wadah yang membentuk konfigurasi matrik dimana setiap slot pada wadah matrik hanya diisi oleh satu biji kopi. Penelitian dengan teknik ini membutuhkan perangkat mekanik yang cukup kompleks karena harus meletakkan satu per satu biji kopi secara tepat ke dalam slot yang ada, bahan untuk wadah biji kopi harus transparan dan harus diupayakan selalu bersih karena adanya kotoran berakibat pada biasanya hasil *capture* kamera, posisi setiap biji kopi juga sangat signifikan terhadap akurasi pengamatan karena posisi kamera hanya dipasang pada kondisi *fixed* sehingga jika posisi biji kopi tidak sempurna, maka cacat yang ada pada biji kopi akan luput dari pengamatan kamera. Pengamatan secara biji per biji memiliki keunggulan yaitu adanya ketelitian yang lebih akurat dan sesuai jika hanya digunakan untuk sortir biji[5].

Teknik pengamatan secara rendemen sampel adalah sampel biji kopi diukur menurut satuan massa sebesar 300 gr per sampel pengamatan. Untuk setiap 300 gr rendemen sampel kurang lebih terdapat sekitar 2000 sampai 2500 butir biji kopi[11]. Ini sesuai dengan standar yang digunakan oleh Indonesia seperti yang tercantum dalam SNI. Peneliti lain yang sudah menggunakan teknik pengamatan secara rendemen sampel adalah Faridah *et al* [8] dan Putut *et al* [12]. Faridah *et al* dalam implementasinya mengolah citra dengan melakukan pemotongan citra dari 100 % ukuran citra asli berkurang menjadi 40.3 % dari ukuran citra asli yang sebenarnya yang diolah pada ekstraksi fitur. Pemotongan citra merupakan hal yang wajar karena pengaruh distorsi lensa kamera dan *uniformity* pencahayaan namun demikian dengan berkurangnya ukuran citra sebesar 59.7 % akan mengakibatkan adanya *loss data* yang cukup signifikan. *Loss data* seharusnya diusahakan sekecil mungkin karena jika *loss data* yang terjadi cukup besar, maka data turunan yang didapatkan setelah adanya *loss* tersebut tidak bisa dianggap mewakili data asli yang sebenarnya. Putut dan Rivai [12] dalam penelitiannya melakukan pemotongan citra dari 100 % menjadi 85.93 %. Pemotongan citra

yang hanya 14.07 % tentu lebih *representatif* jika dibandingkan dengan pemotongan sebesar 59.7 %.

Penelitian terkini tentang *green coffee bean* adalah yang dilakukan oleh Oliveira *et al* [6] dimana telah berhasil mengklasifikasi biji kopi secara baik. Perbedaan penelitian tersebut dibandingkan dengan penelitian ini adalah pada standar dan satuan massa yang digunakan. Standar yang digunakan mengacu pada standar SCAA dan peralatan yang digunakan membutuhkan spesifikasi kualitas tinggi dengan resolusi kamera 10 megapixel, pengaturan ISO 160 speed, aperture f/6.0 dan 1/10-s exposure. Sampel rendemen yang digunakan 120 gr dan 50 gr dan klasifikasi hanya berdasarkan 4 kelas (*whitish*, *green*, *cane green* dan *bluish-green*). Peneliti lainnya seperti Zambrano *et al*[15] juga menggunakan standar SCAA tetapi menggunakan teknik biji per biji dan hanya bertujuan untuk deteksi defect. Dari kedua penelitian di atas, sebenarnya merupakan referensi yang bagus akan tetapi tidak bisa dikomparasikan secara langsung dengan penelitian ini karena berbeda standar dan target akhir dari penelitiannya.

Pada penelitian ini menggunakan teknik dengan melakukan kualifikasi secara ukuran massa sampel setiap 300 gr, dimana ukuran tersebut merujuk kepada SNI[10]. Sampel biji kopi setiap satuan massa diletakkan pada wadah secara merata kemudian diambil gambarnya menggunakan kamera *webcam* dan gambar digital tersebut yang akan mengalami proses pemotongan, konversi dan dihitung nilai histogramnya. Dari data histogram tersebut kemudian dipilih beberapa atribut yang *representatif* untuk dijadikan vektor masukan bagi *classifier*.

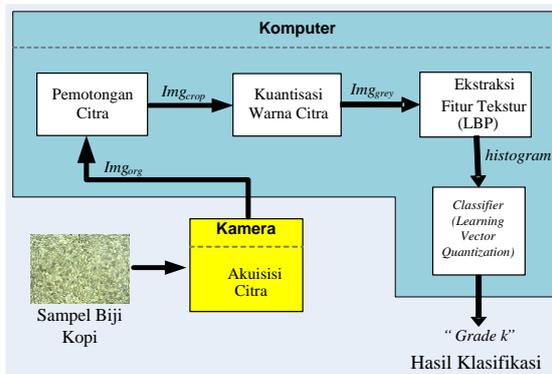
Metode Penelitian

Sampel biji kopi didapatkan dari Perkebunan Kopi PTPN XII Ngrangkah Pawon, Kab. Kediri, Jawa Timur. Masing-masing sampel mutu memiliki berat 300 gr, dan sesuai dengan yang tercantum di SNI terdapat 7 jenis mutu yaitu kelas 1, 2, 3, 4a, 4b, 5 dan 6. Untuk memudahkan pemrograman, maka pemberian indek untuk setiap kualitas biji kopi diubah menggunakan kode angka, yaitu untuk kualitas 4a menjadi 4, 4b menjadi 5, 5 menjadi 6 dan 6 menjadi 7 tanpa bermaksud untuk mengubah esensi kualitas sampel itu sendiri. Masing-masing sampel direkam gambarnya sebanyak 15 kali, 10 gambar digunakan sebagai pelatihan dan 5 gambar digunakan untuk pengujian. Setiap gambar mengalami proses pemotongan, kuantisasi warna dan ekstraksi fitur seperti ditunjukkan pada gambar 1.

Pemotongan citra (*clipping*) bertujuan untuk menghilangkan bagian tepi gambar yang terlihat kabur/blur akibat efek *spherical* dari lensa kamera. Pemotongan dilakukan sebesar 20 piksel spasial pada setiap sisi gambar, sehingga gambar untuk setiap sampel tidak mengalami terlalu banyak kehilangan informasi (*loss data*). Kuantisasi warna citra adalah proses pengubahan sistem warna dari RGB menjadi keabuan (*grayscale*) menggunakan persamaan berikut [10]:

$$gray = \left[\frac{R+G+B}{3} \right] \text{ div } 16 \quad (1)$$

Setelah warna citra diubah menjadi *grayscale* kemudian dilakukan proses ekstraksi fitur menggunakan algoritma LBP yang outputnya berupa matrik histogram. Mengingat bahwa terdapat sebanyak 7 kelas mutu dan



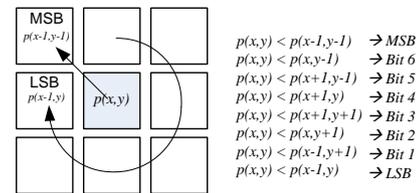
Gambar 1. Blok diagram proses pengolahan citra dan klasifikasi data sampel

setiap kelas mutu dilakukan 10 kali pengambilan gambar, maka jumlah total data untuk proses pelatihan jaringan LVQ didapatkan sebanyak 70 variasi histogram.

Pemilihan Atribut Histogram

Gambar 2 menunjukkan ilustrasi teori dasar dari algoritma LBP, yaitu menghitung banyaknya jumlah kejadian perbandingan dari setiap piksel $p(x,y)$ terhadap 8 piksel tetangga terdekatnya, sehingga dari kondisi ini akan memunculkan sebanyak 2^8 atau 256 kemungkinan kombinasi. Setiap gambar sampel yang digunakan dalam penelitian ini berukuran 600×440 piksel (setelah mengalami *clipping*), sehingga jumlah total iterasi untuk pembentukan histogram setiap gambar sebanyak 599×439 atau 262291 iterasi. Histogram yang terbentuk memiliki dimensi sebesar 256 atau 2^8 sesuai dengan jumlah tetangga terdekat dari piksel $p(x,y)$, tetapi pada penelitian ini tidak semua atribut histogram (256 atribut) akan digunakan sebagai vektor input karena dari beberapa pengujian, terdapat atribut histogram yang memiliki jumlah kejadian yang relatif sangat kecil dan deviasi standar antara gambar satu dengan yang lainnya juga relatif kecil. Oleh karena itu penelitian ini hanya menggunakan atribut histogram pada hitungan desimal 1, 3, 5, 19, 29, 33, 57 dan 113 dengan alasan bahwa dari hasil studi pendahuluan bahwa pada atribut tersebut ternyata nilai deviasi standarnya memiliki nilai yang cukup besar atau lebar, sehingga memperkuat hipotesa bahwa ini akan menambah peluang keberhasilan jaringan LVQ untuk mengenali kluster vektor *input*. Selain alasan di atas, penggunaan atribut histogram yang terlalu banyak juga akan menambah penggunaan memori komputer karena bertambahnya variabel dan membuat proses pelatihan menjadi sangat lama, karena jumlah vektor input pada setiap epoch sebanyak 70 vektor.

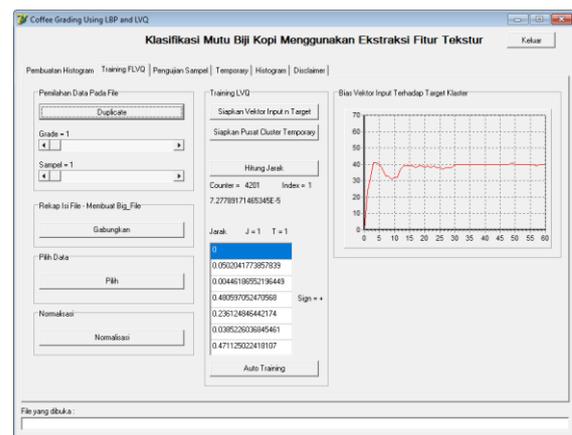
Menurut penelitian Harris dan agung [9] metode LBPH relatif lebih *robust* terhadap perubahan intensitas cahaya jika dibandingkan dengan metode lain. Atas dasar dari hasil penelitian tersebutlah yang menjadi salah satu motivasi dan dicoba untuk diterapkan dalam pemilihan metode pengolahan citranya.



Gambar 2. Proses perbandingan piksel $p(x,y)$ dengan piksel tetangga terdekat untuk menghasilkan histogram

Hasil dan Pembahasan

Tampilan program aplikasi dari penelitian ini ditunjukkan seperti gambar 3. Pada program aplikasi sengaja dibuat beberapa tabulasi untuk memudahkan memonitor proses *training* dan proses pengujian program. Selisih antara vektor *input* dengan target yang sebenarnya ditampilkan dalam bentuk grafik. Dari beberapa kali pelatihan dengan mengubah-ubah nilai *learning rate*, grafik mulai mencapai stagnan setelah *epoch* ke-15 dan mengalami fluktuatif pada *epoch* ke-4 sampai menjelang ke-15. Hasil terbaik dicapai pada kondisi *learning rate* 0.045 dan level terkecil tercapai pada *epoch* ke-8, sehingga untuk pengujian secara *on-line*, vektor pusat kluster menggunakan pada saat *epoch* ke-8.



Gambar 3. Antarmuka program aplikasi sistem kualifikasi menggunakan algoritma LBP

Hasil Pengujian Terhadap Data Training

Data training yang dimaksud pada bagian ini adalah semua data vektor *input* yang sudah pernah dilatihkan ke jaringan dan kemudian diujikan kembali ke jaringan LVQ. Seperti yang telah disebutkan sebelumnya

bahwa jumlah total data gambar sebanyak 70 gambar yang kemudian menghasilkan 70 vektor *input*.

Melihat grafik pada gambar 3 dan membandingkan dengan capaian total rata-rata pada tabel 1 ternyata menunjukkan perilaku yang relevan. Dari hasil pelatihan telah dapat diprediksi bahwa kinerja dari algoritma LVQ yang telah dibuat akan menunjukkan kinerja yang kurang maksimal secara rata-rata, namun demikian dari data tabel 1 ternyata ada beberapa Tabel 1. Rincian hasil uji citra masukan yang pernah dilatihkan

Grade	Sampel nomer ke - n										Valid
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	1	2	2	1	2	1	6	6	2	6	30 %
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	100 %
3	5	3	3	3	3	3	3	5	3	3	80 %
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	100 %
5	3	1	2	2	2	4	6	6	1	2	0 %
6	6	2	2	2	6	6	6	6	6	1	60 %
7	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0 %
Rata - rata akurasi											52.86 %

kelompok data yang dapat dikenali secara baik oleh jaringan LVQ, seperti pada kelas mutu 2 dan 4. Hal ini menarik karena pada kelas mutu tersebut sistem mampu mengenali tepat 100 % dari data yang ada, ditambah dengan kelas mutu 3, sistem mampu mengenali 80 % dan jika dihitung capaian akurasi total untuk data *offline* dari grafik pelatihan, seharusnya sistem hanya mampu mencapai 42.85 %. Ternyata dari uji *offline* sistem mampu mencapai 52.86 % atau lebih besar daripada yang dicapai selama proses pelatihan.

Hasil Pengujian Terhadap Data Uji

Data uji yang dimaksud pada bagian ini adalah semua data vektor *input* yang sama sekali belum pernah diperkenalkan atau dilatihkan ke jaringan. Tabel 2 menunjukkan capaian hasil pengujian secara *online*. Capaian rata-rata akurasi berselisih kecil dengan proses pada saat *training* sebesar -2.85 %, namun dari tabel tersebut dapat kita lihat bahwa ada gejala yang konsisten yang ditunjukkan oleh sistem yaitu pengenalan sebesar 100 % untuk kelas mutu 2 dan 4. Demikian juga untuk kelas mutu 3 hanya berselisih kecil.

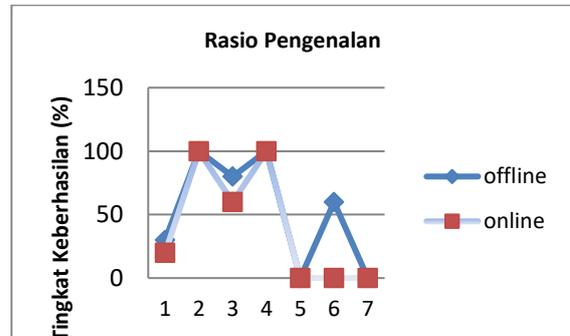
Dari data yang ada, kita dapat membuat grafik perbandingan antara capaian *offline* dengan *online* seperti ditunjukkan pada gambar 4. Kecenderungan sistem dalam mengenali kelas mutu relatif konsisten pada kelas mutu 1, 2, 3 dan 4 ditunjukkan dengan bentuk pola grafik yang mirip antara keduanya. Pada kelas mutu 5, 6 dan 7 terdapat perbedaan yang signifikan dan dianggap sebagai kegagalan sistem dalam mengenali subyek karena baik secara *offline* ataupun *online* ternyata capaiannya tidak cukup baik.

Hal ini memberikan informasi bahwa untuk kelas mutu 1, 2, 3 dan 4 kemungkinan besar memang memiliki karakteristik vektor *input* yang mudah untuk

dikenali dan bersifat unik dibandingkan vektor input yang lain. Sedangkan untuk kelas mutu yang lain (mutu 5, 6 dan 7) kemungkinan besar memiliki kemiripan karakteristik yang cukup tinggi sehingga sistem salah mempersepsikan kelas mutu yang sebenarnya. Dari hasil penelitian ini memberikan informasi bahwa kombinasi algoritma LBP dan LVQ untuk kualifikasi biji kopi hanya mampu mencapai kinerja yang terbatas pada kisaran akurasi 40 sampai 52.86 %.

Tabel 2. Rincian hasil uji citra masukan yang belum pernah dilatihkan

Grade	Sampel nomer ke - n					Valid
	1	2	3	4	5	
1	2	1	3	2	6	20 %
2	2	2	2	2	2	100 %
3	3	3	1	3	1	60 %
4	4	4	4	4	4	100 %
5	4	6	6	6	6	0 %
6	1	1	1	1	1	0 %
7	4	4	4	4	4	0 %
Rata - rata akurasi						40 %



Gambar 4. Grafik capaian pengujian *offline* dengan *online* untuk semua kelas mutu

Kesimpulan

Sistem kualifikasi mutu biji kopi menggunakan kombinasi LBP dan LVQ (*learning rate* 0.045, pengurangan *learning rate* 0.1 dan pelatihan selama 8 *epoch*) berhasil memberikan akurasi kinerja rata-rata antara 40 % sampai 52.86 % untuk 15 sampel uji dan 70 sampel pelatihan. Capaian ini didapatkan hanya dengan mengandalkan ekstraksi fitur histogram yang didapatkan dari LBP tanpa kombinasi dengan fitur lain seperti warna atau tekstur lainnya. Sistem menunjukkan gejala yang konsisten pada kelas mutu 1, 2, 3 dan 4 baik secara *offline* atau *online* namun demikian sistem belum dapat secara maksimal meraih hasil yang bagus pada kelas mutu 5, 6 dan 7. Harus diingat bahwa hasil yang dicapai pada penelitian ini hanya melibatkan 8 atribut yang sengaja dipilih untuk dijadikan vektor masukan, mengingat bahwa peluang kombinasi atribut histogram yang digunakan bisa sangat banyak, maka hasil penelitian ini hanya dapat dijadikan sebagai referensi untuk uji coba penelitian berikutnya. Saran untuk penelitian berikutnya yang dapat dilakukan adalah dengan mengkombinasikan

jenis parameter yang diekstraksi dari sampel, misalnya fitur tekstur dengan mengkombinasikan LBP dengan matrik ko-okurensi dan warna, kemudian meningkatkan jenis jaringan pada LVQ2 atau LVQ3 untuk mencapai kinerja yang lebih baik.

Daftar Pustaka

- [1]Asma Redi Baleker, "Raw Quality Value Classification of Ethiopian Coffee Using Image Processing Techniques : In the case of Wollega region", Thesis, Computer Science, School of Graduate Studies, Addis Ababa University, 2011.
- [2]Betelihem Mesfin Ayitenfsu, "Method of Coffee Bean Defect Detection", International Journal of Engineering Research & Technology(IJERT), ISSN:2278-0181, Vol. 3 Issue 2, February, 2014.
- [3]Carillo E, Penaloza AA, "Artificial Vision to assure Coffee-Excelso Beans Quality", Proceedings of EATIS Conference. Prague. 2009.
- [4]Christian E. Portugal-Zambrano, Juan C. Gutierrez-Caceres y Juan Ramirez-Ticona, Cesar A. Beltran-Castanon, "Computer vision grading system for physical quality evaluation of green coffee beans", XLII Latin American Computing Conference(CLEI), 2016
- [5]D. W Soedibyo, I.D Made Subrata, K. B. Seminar, U. Ahmad, "The Development of Automatic Coffee Sorting System Based on Image Processing and Artificial Neural Network", AFITA 2010 International Conference, hal. 272- 275, 2010.
- [6]Emanuelle Morais de Oliveira, Dimas Samid Leme, Bruno Henrique Groenner Barbosa, Mirian Pereira Rodarte, Rosemary Gualberto Fonseca Alvarenga Pereira, "A Computer vision system for coffee beans classification based on computational intelligence techniques", Journal of Food Engineering, Vol. 171, pp. 22 -27, 2016.
- [7]Fachrul Kurniawan, Hani Nurhayati, "Simulasi Pengenalan Tulisan Menggunakan Lvq", MATICS, Jurnal ilmu komputer dan Teknologi Informasi, Vol. 4 No 4;09-2011 , ISSN Online :2477-2550
- [8]Faridah, Gea O. F. Parikesit, Ferdiansjah, "Coffee Bean Grade Determination Based on Image Parameter", TELKOMNIKA, Vol 9, No 3, hal. 574-554, 2011.
- [9]Harris Simaremare, Agung Kurniawan, "Perbandingan Akurasi Pengenalan Wajah Menggunakan Metode LBPH dan Eigenface dalam Mengenali Tiga Wajah Sekaligus secara Real-Time", Jurnal Sains, Teknologi dan Industri, Vol. 14, No. 1, pp. 66-71, Desember 2016.
- [10]<http://www.bsn.go.id/> di akses tanggal 21 Agustus 2017.
- [11]Imam Sofi'i, I Wayan Astika, Suroso, "Penentuan Jenis Cacat Biji Kopi Dengan Pengolahan Citra dan Artificial Neural Network", Jurnal Keteknikaan Pertanian, Vol. 19, hal 99 – 108, 2005.
- [12]Putut Son Maria, Muhammad Rivai, "Klasifikasi Kualitas Biji Kopi Menggunakan Pengolahan Citra dan Fuzzy Logic", Seminar Nasional Fakultas Pertanian Universitas Trunojoyo Madura, 2013.
- [13]Putut Son Maria, "Uji Kinerja Learning Vector Quantization Untuk Klasifikasi Mutu Biji Kopi", Proceeding Applied Business and Engineering(ABEC), ISSN 2339-2053, pp. 151 – 156, 2014
- [14]Rashim Garg, Rakesh Singh Rajput, "Review on Local Binary Pattern For Face Recognition", International Journal of Advanced Research in Computer Science & Technology(IJARCST), Vol. 2, Issue 2, Ver 2, 2014
- [15]Rel Guzman Apaza, Christian E. Portugal-Zambrano, Juan C. Gutierrez-Caceres, Cesar A. Beltran-Castanon, "An Approach for improve the recognition of defects in coffee beans using retinex algorithms", Latin American Computing Conference(CLEI), 2014.
- [16]Siswoputranto S, "Kopi : Internasional dan Indonesia", Kanisius, Yogyakarta, 1993.
- [17]Sri Citra Yuliana Madi, "Pemutuan Biji Kopi Dengan Menggunakan Pengolahan Citra(Image Processing)", Skripsi, Teknik Pertanian, IPB, 2010.
- [18]Sri Kusumadewi, Hari Purnomo, "Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan", Edisi Kedua ,Graha Ilmu, 2010.
- [19]Usman Ahmad, "Pengolahan Citra Digital & Teknik Pemrogramannya", Edisi Pertama, Graha Ilmu, 2005.

Lampiran



gambar contoh sampel kualitas 1



gambar contoh sampel kualitas 2



gambar contoh sampel kualitas 3



gambar contoh sampel kualitas 4 (kode asli : 4a)



gambar contoh sampel kualitas 5 (kode asli : 4b)



gambar contoh sampel kualitas 6 (kode asli : 5)



gambar contoh sampel kualitas 7 (kode asli : 6)