

IDENTIFIKASI POLA SIDIK ENAMEL GIGI MENGGUNAKAN TEKNIK PENGOLAHAN CITRA DIGITAL METODE FILTER KUWAHARA DAN K-NEAREST NEIGHBOR (K-NN)

Putri Dianata Gita¹⁾, Bambang Hidayat²⁾, Fahmi Oscandar³⁾

^{1,2)} Prodi SI Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

³⁾ Fakultas Kedokteran Gigi, Departemen Radiologi Kedokteran Gigi-Forensik Odontologi, Universitas Padjadjaran
Email : putridianata02@gmail.com¹⁾, bhidayat@telkomuniversity.ac.id²⁾, fahmi.oscandar@fkg.unpad.ac.id³⁾

Abstrak

Sebagai pengganti sidik jari, forensik odontologi FKG Universitas Padjadjaran telah melakukan penelitian tentang pola sidik enamel gigi yang dapat digunakan sebagai identifikasi identitas manusia. Hal ini dikarenakan gigi mampu bertahan terhadap kondisi yang ekstrim.

Penelitian tersebut masih dilakukan secara manual menggunakan aplikasi Photoshop. Oleh karena itu, peneliti tertarik untuk melakukan penelitian mengenai pengolahan citra digital dari enamel gigi dengan memakai metode Filter Kuwahara, Local Binary Pattern (LBP) dan K-Nearest Neighbor (K-NN) dengan populasi dari penelitian ini adalah 300 citra gigi insisivus.

Hasil penelitian ini menunjukkan 3 skenario yaitu berdasarkan parameter Local Binary Pattern (LBP) dengan nilai ciri yang tepat adalah mean dan waktu komputasi yang efisien 17.571s pada standard deviation, parameter Filter Kuwahara dengan ukuran window yang tepat 25x25 dengan waktu komputasi 21.0447s pada ukuran window 5x5, dan parameter K-Nearest Neighbor (K-NN) dengan jenis jarak yang tepat adalah euclidean pada k=3 dan waktu komputasi 15.331s. Hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa:

1. Metode Filter Kuwahara dan K-NN dapat digunakan untuk mengidentifikasi pola sidik enamel gigi tiap individu dengan LBP sebagai ekstraksi ciri. Dimana sistem identifikasi ini sudah mampu melakukan proses identifikasi pola sidik enamel gigi namun belum optimal karena terdapat beberapa citra yang salah dalam proses identifikasi.
2. Pada sistem ini, tingkat akurasi terbaik yang diperoleh sebesar 77.5% dengan parameter ciri mean, jenis jarak euclidean dan k=3 pada K-NN, dan ukuran window 5x5 pada Filter Kuwahara. Waktu komputasi pada sistem ini yang efisien adalah 15.331s.

Kata kunci: Enamel gigi, Filter Kuwahara, K-Nearest Neighbor (K-NN), Local Binary Pattern (LBP)

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Identifikasi forensik adalah aplikasi dari ilmu pengetahuan dan teknologi forensik untuk mengidentifikasi suatu objek, dapat melalui proses identifikasi sidik jari atau DNA yang sudah banyak diterapkan di dunia kedokteran. Ilmu kedokteran gigi forensik atau odontologi forensik merupakan cabang dari ilmu kedokteran gigi mengenai cara penanganan dan pemeriksaan bukti-bukti melalui gigi dan evaluasi serta pemaparan hasil-hasil penemuan yang berhubungan dengan rongga mulut untuk kepentingan pengadilan [1].

Identifikasi sidik jari dan DNA memiliki beberapa kelemahan di bidang forensik. Salah satunya ketahanan terhadap kondisi ekstrim kurang kuat. Pada bencana seperti jatuhnya pesawat dan kebakaran besar, kecil kemungkinan seseorang terungkap identitasnya karena kebanyakan sidik jari maupun DNA seperti pada rambut korban hangus terbakar api. Jika pun ada kemungkinan identifikasi menggunakan DNA harus mengambil sample dan diidentifikasi di rumah sakit, tidak bisa dilakukan di tempat kejadian. Dan juga identifikasi DNA butuh waktu yang lama untuk memperoleh hasilnya. Peralatan yang digunakan untuk identifikasi DNA sangat mahal, tidak semua rumah sakit memiliki. Hal tersebut akan susah dilakukan jika kejadian di pedesaan atau tempat yang jauh dengan rumah sakit.

Ilmu forensik kedokteran gigi berkembang berdasarkan kenyataannya bahwa: gigi, dental restoration, dental protese (protesa gigi), struktur rongga rahang atas (sinus maksilaris), rahang struktur tulang palatal, pola dari tulang trabekula, pola penumpukan karang gigi, bentuk rugae palatina, sidik bibir, bentuk anatomi dari keseluruhan mulut dan penampilan morfologi wajah merupakan karakteristik yang dapat dijadikan sebagai acuan dalam proses identifikasi individu yang dapat dijadikan sebagai bukti penyidikan (Wirasuta, 2010).

Berdasarkan penelitian Departemen Radiologi Kedokteran Gigi-Forensik Odontologi Universitas Padjadjaran, pola sidik enamel gigi bersifat unik dan memiliki pola tertentu pada setiap orang serta dapat digunakan untuk identifikasi individu. Pola sidik enamel gigi memiliki pola yang berbeda setiap individunya dan tidak berubah oleh pengaruh usia. Selain itu, pola sidik

enamel gigi pada permukaan gigi terlindungi dan tahan terhadap kondisi ekstrim. Dikarenakan keunikannya, pola sidik enamel gigi dapat dijadikan sarana identifikasi selain menggunakan sidik jari atau DNA. [2]

Hanya saja, dalam pencarian parameter-parameter yang seperti pengambilan pola sidik enamel gigi masih dilakukan dengan *manual* menggunakan aplikasi *Photoshop*. Hal tersebut membutuhkan waktu yang lama untuk mendapatkan hasil foto yang sangat jelas dengan resolusi yang tinggi.

Dengan permasalahan di atas, penulis membuat sistem yang dapat mengidentifikasi pola sidik enamel gigi menggunakan pengolahan citra digital dengan metode Filter Kuwahara pada *preprocessing*, *Local Binary Pattern* (LBP) sebagai metode ekstraksi ciri dan *K-Nearest Neighbor* (K-NN) sebagai metode klasifikasi dengan populasi dari penelitian ini adalah 300 citra gigi insisivus yang bersumber dari gigi insisivus pasca ekstraksi FKG Universitas Padjadjaran pada bulan September yang dipilih secara total *sampling*.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini, yaitu:

1. Apakah metode Filter Kuwahara dan *K-Nearest Neighbor* (K-NN) dapat digunakan untuk mengidentifikasi pola sidik enamel gigi tiap individu dengan *Local Binary Pattern* (LBP) sebagai ekstraksi ciri.
2. Bagaimana tingkat akurasi terbaik dan waktu komputasi yang efisien pada sistem yang telah dirancang.

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut :

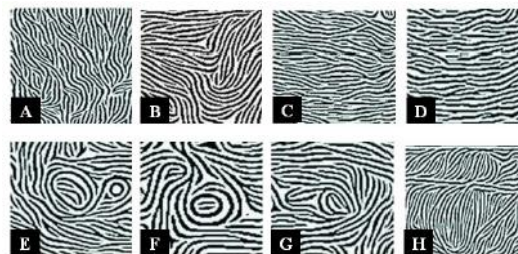
1. Merancang suatu sistem menggunakan metode Filter Kuwahara dan *K-Nearest Neighbour* (K-NN) untuk mengidentifikasi pola sidik enamel gigi tiap individu dengan *Local Binary Pattern* (LBP) sebagai ekstraksi ciri.
2. Memperoleh nilai akurasi terbaik dan waktu komputasi yang efisien pada sistem yang telah dirancang.

1.4 Tinjauan Pustaka

1.4.1 Pola Enamel Gigi

Pola enamel gigi serupa dengan sidik jari, memiliki pola yang terdiri dari kombinasi dasar berbagai pola berbeda. Pola tersebut unik pada setiap gigi serta menunjukkan adanya perbedaan baik antara gigi individu yang berbeda maupun dari individu yang sama. Pola enamel gigi terdiri dari serangkaian garis yang mewakili struktur prisma yang saling berdekatan. Garis-garis tersebut akan berjalan dalam berbagai arah sehingga menciptakan sub-pola yang berbeda.[2]

Pola enamel gigi dibagi menjadi 8 pola, yaitu *wavy-branched*, *wavy-unbranched*, *linear-branched*, *linear-unbranched*, *whorl-open*, *whorl-closed*, *loop* dan *stem-like*. Benruk dari pola – pola tersebut dapat dilihat pada gambar 1. [3].



Gambar 1. Pola enamel gigi. A) *wavy-branched*, B) *wavy-unbranched*, C) *linear-branched*, D) *linear-unbranched*, E) *whorl-open*, F) *whorl-closed*, G) *loop*, H) *stem-like* [4].

1.4.2 Konsep Dasar Citra Digital

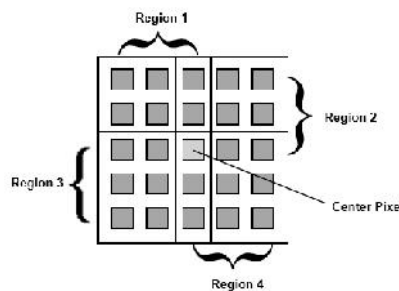
Pada prinsipnya citra bergerak adalah sekumpulan citra diam dalam bentuk *frame – frame*. Suatu citra digital dapat dinyatakan dengan persamaan (1).

$$f(x,y) = \begin{pmatrix} f(1,1) & f(1,2) & f(1,3) & \dots & f(1,n) \\ f(2,1) & f(2,2) & f(2,3) & \dots & f(2,n) \\ f(3,1) & f(3,2) & f(3,3) & \dots & f(3,n) \\ f(4,1) & f(4,2) & f(4,3) & \dots & f(4,n) \\ f(5,1) & f(5,2) & f(5,3) & \dots & f(5,n) \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ f(m-1,1) & f(m-1,2) & f(m-1,3) & \dots & f(m-1,n) \\ f(m,1) & f(m,2) & f(m,3) & \dots & f(m,n) \end{pmatrix} \dots(1)$$

Dari persamaan (1), citra digital dapat dinyatakan sebagai matriks dengan tinggi citra= m dan lebar citra= n . Citra digital yang telah disimpan mempunyai *header*. [5]

1.4.3 Filter Kuwahara

Filter Kuwahara merupakan suatu filter yang memiliki karakteristik mereduksi variansi intensitas sekaligus mengurangi resiko gangguan pada posisi tepian citra. Filter ini merupakan filter non linier, dengan nilai statistik dari citra dalam satu *window* dihitung dan dibandingkan dengan nilai di sekelilingnya. Untuk *window* segi empat dengan ukuran $J=K=4L+1$, dengan L adalah integer, ilustrasi dari *window* pada citra ditunjukkan pada gambar 2..



Gambar 2. Empat daerah segi empat untuk filter Kuwahara, dengan $L=1$, maka $J=K=5$, untuk tiap daerah adalah $[(J+1)/2] \times [(K+1)/2]$.

Untuk tiap keempat daerah ($i=1,2,3,4$), rata – rata dari tingkat kecerahan m_i dalam semua piksel dalam area R dinyatakan dengan persamaan (2):

$$m_i = \frac{1}{A} \sum_{(x,y) \in R} I(x,y) \quad \dots(2)$$

Variansi s^2 ditentukan dengan persamaan (3):

$$s_i = \sqrt{\frac{1}{A} \sum_{(x,y) \in R} (I(x,y) - m_i)^2} \quad \dots(3)$$

Luaran nilai dari pusat piksel pada *window* adalah merupakan nilai rata-rata pada daerah yang memiliki variansi terkecil.[6]

1.4.4 Local Binary Pattern (LBP)

Local Binary Pattern merupakan suatu metode ekstraksi ciri, dimana pengambilan ciri berdasarkan tekstur gambar. Pada LBP ini pengambilan nilainya berdasar pada perbandingan nilai antara piksel pusat blok berukuran $B \times B$ dengan tetangganya. Lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 3..



Gambar 3. Pembagian blok pada suatu gambar yaitu 7×7 , 5×5 dan 3×3 [7].

Persamaan (4) dapat digunakan untuk mencari nilai LBP [8]:

$$LBP(P,R) = \sum_{p=0}^{P-1} s(g_p - g_c) 2^p, s(x) \begin{cases} 1, x \geq 0 \\ 0, x < 0 \end{cases} \quad \dots(4)$$

Dimana g_p merupakan nilai piksel tetangga dan g_c adalah nilai piksel tengah. P adalah jumlah tetangga yang mengelilingi piksel tengah. Untuk nilai $s(x)$ bergantung pada x , jika x sama dengan atau lebih dari 0, maka $s(x)$ bernilai 1. Jika x kurang dari 0, maka $s(x)$ bernilai 0.

1.4.5 K-Nearest Neighbor (K-NN)

Algoritma *K-Nearest Neighbor (K-NN)* adalah sebuah metode untuk melakukan klasifikasi terhadap objek berdasarkan data uji yang jaraknya paling dekat dengan objek tersebut[9].

Pada *K-NN* terdapat beberapa aturan jarak yang dapat digunakan, yaitu [10]:

1. *Euclidean Distance*

Sebagai contoh, untuk menghitung jarak antara dua titik X_s dan X_t dengan metode *euclidean*, digunakan rumus:

$$d_{st} = \sqrt{\sum_{j=1}^n (X_{sj} - Y_{tj})^2} \quad \dots(5)$$

2. *Cityblock*

Untuk menghitung jarak antara dua titik X_s dan X_t dengan metode *cityblock*, digunakan rumus:

$$d_{st} = \sum_{i=1}^n |X_{sj} - Y_{tj}| \quad \dots(6)$$

3. *Cosine*

Dalam *cosine distance*, titik-titik dianggap sebagai vektor, dan dilakukan pengukuran terhadap sudut antara dua vektor tersebut. Untuk memperoleh jarak dua vektor x_s dan x_t , memakai rumus sebagai berikut:

$$d_{st} = 1 - \cos \theta \quad \dots(7)$$

dengan

$$\cos \theta = \frac{x_s \cdot x_t}{|x_s| |x_t|} \quad \dots(8)$$

4. *Correlation*

Dalam *correlation distance*, titik-titik dianggap sebagai barisan nilai, jarak antar nilai x_s dan x_t , memakai rumus sebagai berikut:

$$d_{st} = 1 - \frac{(x_s - \bar{x}_s)(x_t - \bar{x}_t)}{\sqrt{((x_s - \bar{x}_s)(x_s - \bar{x}_s))((x_t - \bar{x}_t)(x_t - \bar{x}_t))}} \quad \dots(9)$$

dimana

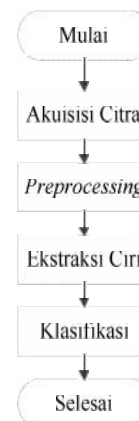
$$\bar{x}_s = \frac{1}{n} + \sum_j x_{sj} \text{ dan } \bar{x}_t = \frac{1}{n} + \sum_j x_{tj} \quad \dots(10)$$

2. Pembahasan

Desain penelitian ini adalah bersifat pra-eksperimental dengan pengamatan secara *cross section*.

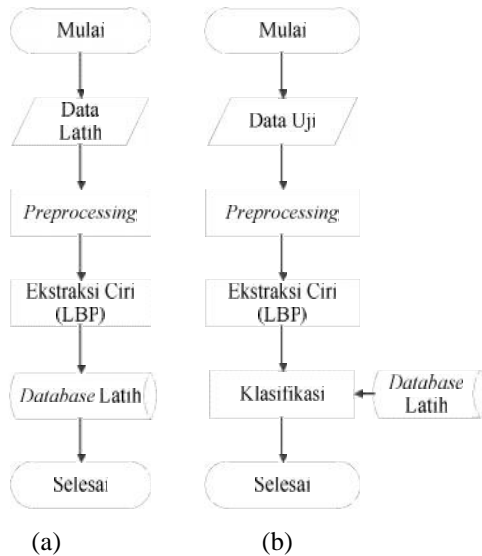
2.1 Perancangan Sistem

Secara keseluruhan diagram alir tahapan dari proses perancangan sistem dipresentasikan pada gambar 4.:



Gambar 4. Blok Diagram Sistem

Gambaran umum sistem simulasi dan analisis dari penelitian ini dapat dilihat pada gambar 5.:



Gambar 5. Diagram Alir Proses Identifikasi (a) Pelatihan; (b) Pengujian

2.2 Percobaan dan Pengamatan

Adapun tahapan percobaan sistem sebagai berikut :

1. Tahap Pertama
 Citra enamel gigi berjumlah 300 citra, dengan 10 kelas pada data latih dimana masing-masing kelas terdiri dari 10 citra, dan 10 kelas pada data uji dimana masing-masing kelas terdiri dari 20 citra. Dimana citra yang dijadikan data latih akan disimpan sebagai *database* dari setiap kelasnya, yaitu kelas berdasarkan individu.
 Citra uji yang telah diakuisisi masuk ke tahap *preprocessing*. Untuk tahap *preprocessing* ekstraksi ciri LBP yaitu melakukan segmentasi kemudian citra di-crop dan dikonversi ke *grayscale*. Setelah diubah ke *grayscale*, citra di filter menggunakan Filter Kuwahara dengan ukuran *window* yang telah ditentukan.
2. Tahap Kedua
 Setelah *preprocessing*, kemudian dilakukan proses ekstraksi ciri dengan menggunakan metode ekstraksi ciri LBP. Tahap ini dilakukan untuk menentukan ciri dari masing-masing citra dengan ketentuan pada metode LBP. Pada metode LBP, parameter yang digunakan dengan jumlah tetangga 8 piksel dan besar radiusnya 1 piksel.
3. Tahap Ketiga
 Setelah ekstraksi ciri, kemudian dilakukan proses klasifikasi atau pengelompokan citra menjadi beberapa kelas dimana terdapat sepuluh kelas. Pengelompokan kelas ini berdasarkan individu seseorang dengan menggunakan klasifikasi K-NN. Parameter yang digunakan antara lain adalah nilai *k* dengan nilai 1, 3, dan 5 dan jenis jarak yang digunakan yaitu *euclidean*, *cosine*, *correlation* dan *cityblock*.
4. Tahap Keempat
 Tahap terakhir yaitu tahap pengujian untuk memperoleh tingkat akurasi dan waktu komputasi

yang paling bagus dengan mengubah parameter dari metode Filter Kuwahara, LBP dan K-NN.

2.3 Hasil dan Analisa

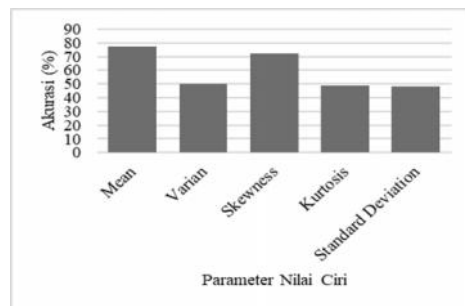
2.3.1 Hasil Pengujian Sistem Skenario 1

Tabel 1. Hasil Pengujian Skenario 1

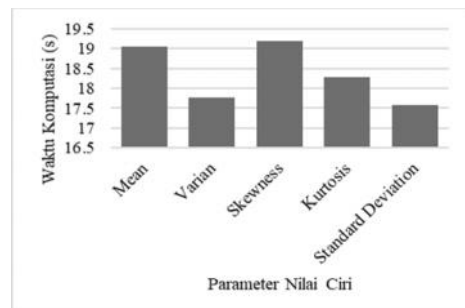
No	Parameter Nilai Ciri	Akurasi (%)	Waktu Komputasi (s)
1	Mean	77.5	19.0518
2	Varian	50	17.7775
3	Skewness	72.5	19.1836
4	Kurtosis	49	18.2709
5	Standard Deviation	48.5	17.571

Dari tabel 1. dijelaskan bahwa parameter nilai ciri LBP yaitu *mean*, *varian*, *skewness*, *kurtosis*, dan *standard deviation* mempengaruhi hasil akurasi sistem. Untuk parameter nilai ciri yang paling tepat digunakan adalah *mean*, karena memiliki nilai akurasi yang paling tinggi yaitu 77.5%. Sedangkan untuk waktu komputasi yang efisien adalah *standard deviation* dengan waktu 17.571s. Jadi untuk pengujian selanjutnya akan menggunakan parameter ciri *mean*.

Perubahan nilai akurasi berdasarkan parameter nilai ciri dapat dilihat pada gambar 6.. Dan perubahan waktu komputasi berdasarkan parameter nilai ciri dapat dilihat pada gambar 7..



Gambar 6. Grafik Hasil Akurasi terhadap Parameter Nilai Ciri



Gambar 7. Grafik Waktu Komputasi terhadap Parameter Nilai Ciri

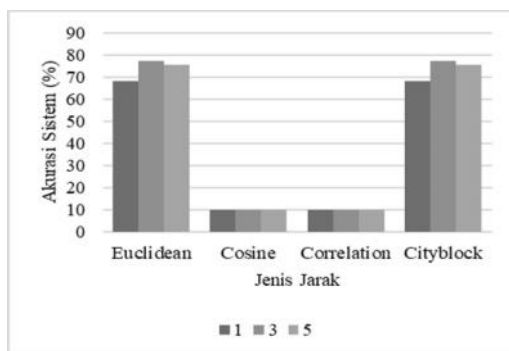
2.3.2 Hasil Pengujian Sistem Skenario 2

Pada bagian ini akan dilakukan analisa hasil pengujian sistem berdasarkan jenis jarak dan nilai k pada klasifikasi K-NN.

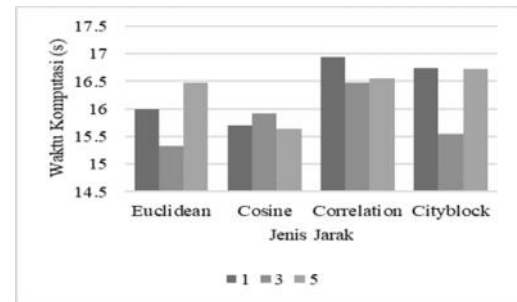
Tabel 2. Hasil Pengujian Skenario 2

No	Jenis Jarak	k	Akurasi (%)	Waktu Komputasi (s)
1	Euclidean	1	73	15.9897
		3	77.5	15.331
		5	75.5	16.472
2	Cosine	1	10	15.6981
		3	10	15.9142
		5	10	15.6391
3	Correlation	1	10	16.9384
		3	10	16.474
		5	10	16.5468
4	Cityblock	1	68	16.7416
		3	77.5	15.5384
		5	75.5	16.7292

Dari tabel 2. dapat disimpulkan bahwa jenis jarak dan k yang paling tepat digunakan adalah *euclidean* dan *cityblock* dengan k=3. Hal ini dikarenakan pada jenis jarak dan k tersebut memiliki hasil akurasi yang paling tinggi daripada cosine dan correlation yaitu 77.5%. Sedangkan waktu komputasi yang efisien pada jenis jarak euclidean dengan k=3 yaitu dengan waktu 15.331s. Untuk grafik perubahan hasil akurasi dan waktu komputasi berdasarkan jenis jarak dan nilai k pada klasifikasi K-NN dapat dilihat pada gambar 8. dan 9..



Gambar 8. Grafik Hasil Akurasi terhadap Parameter K-NN



Gambar 9. Grafik Waktu Komputasi terhadap Parameter K-NN

2.3.3 Hasil Pengujian Sistem Skenario 3

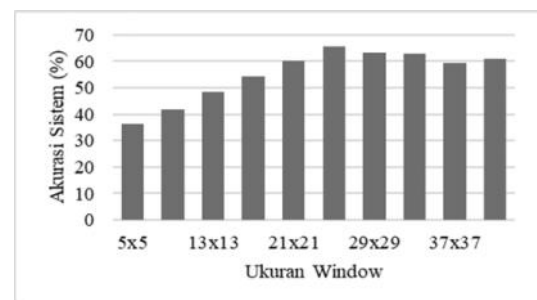
Pada bagian ini dijelaskan analisa hasil pengujian sistem skenario 3 yaitu berdasarkan ukuran *window* yang digunakan pada Filter Kuwahara.

Tabel 3. Hasil Pengujian Skenario 3

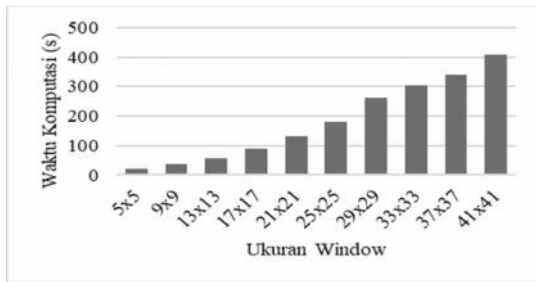
No	Ukuran Window	Akurasi (%)	Waktu Komputasi (s)
1	5x5	36.5	21.0447
2	9x9	42	35.7829
3	13x13	48.5	57.6989
4	17x17	54.5	89.9082
5	21x21	60	131.111
6	25x25	65.6	181.6526
7	29x29	63.5	263.2104
8	33x33	63	303.1642
9	37x37	59.5	339.0415
10	41x41	61	409.7017

Dari tabel 3. dapat dilihat bahwa untuk mendapatkan sistem yang bagus menggunakan Filter Kuwahara dengan ukuran *window* 25x25 yaitu 65.6%. Sedangkan waktu komputasi yang efisien yaitu pada ukuran *window* 5x5 dengan waktu 21.0447s. Semakin besar ukuran *window* maka waktu komputasi semakin lama.

Grafik perubahan akurasi dan waktu komputasi berdasarkan ukuran *window* Filter Kuwahara dapat dilihat pada gambar 10. dan 11..



Gambar 10. Grafik Hasil Akurasi terhadap Ukuran Window Filter Kuwahara



Gambar 11. Grafik Hasil Waktu Komputasi terhadap Ukuran Window Filter Kuwahara

Kelebihan dari penelitian ini adalah:

1. Menggunakan program yang mempermudah dalam pengklasifikasian pola sidik enamel gigi.
2. Dapat memroses citra dengan jumlah banyak dengan waktu komputasi yang cepat.

Kekurangan dari penelitian ini adalah:

1. Tidak mampu membedakan ciri citra yang mirip.
2. Tidak menggunakan *cropping* otomatis.

3. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang telah dilakukan pada sistem identifikasi pola sidik enamel gigi insisivus dengan metode Filter Kuwahara dan K-NN, diperoleh simpulan sebagai berikut:

1. Metode Filter Kuwahara dan K-NN dapat digunakan untuk mengidentifikasi pola sidik enamel gigi tiap individu dengan LBP sebagai ekstraksi ciri. Dimana sistem identifikasi ini sudah mampu melakukan proses identifikasi pola sidik enamel gigi namun belum optimal karena terdapat beberapa citra yang salah dalam proses identifikasi.
2. Pada sistem ini, tingkat akurasi terbaik yang diperoleh sebesar 77.5% dengan parameter ciri mean, jenis jarak euclidean dan $k=3$ pada K-NN, dan ukuran *window* 5x5. Waktu komputasi pada sistem ini yang efisien adalah 15.331s.

Untuk penelitian selanjutnya diharapkan dapat memperbaiki kekurangan yang terdapat pada penelitian ini. Beberapa masukan yang dapat penulis berikan adalah sebagai berikut :

1. Dilakukan penelitian dengan proses akuisisi yang lebih baik agar didapat citra dengan kualitas yang lebih baik.
2. Dilakukan penelitian dengan menggunakan algoritma ekstraksi ciri yang lain sehingga dapat mengurangi kesalahan dalam menentukan ciri citra.
3. Dilakukan penelitian dengan mengelompokan pola sidik enamel gigi yang mirip.
4. Dilakukan penelitian dengan jumlah sampel yang lebih banyak sehingga *database* yang dimiliki lebih variatif.

Daftar Pustaka

- [1] L. Reddy, "Lip Prints: an overview in Forensic Density. J. Ady Dental Research," 2011, pp. 17-20.
- [2] R. Khaerunnisa, F. Oscandar, Y. Malinda and Y. F. Syukriani, "Aplikasi Analisis Sidik Gigi dalam Bidang Forensik," *Dental Forensic*.
- [3] R. Deshmukh, "Need for Newer Techniques for Personal Identification," vol. J Forensic Odontol 6, p. 284, 2015.
- [4] K. Munjunath, G. Sriram, T. Saraswathi and B. Siyapathasundharam, in *Enamel Rod and Pattern: a Preliminary Study Using Acetate Peel Technique and Automated Biometrics*, J Forensic Odontol, 2008, pp. 33-36.
- [5] M. H. Purnomo and A. Muntasa, Konsep Pengolahan Citra Digital dan Ekstraksi Fitur, Surabaya: Graha Ilmu, 2010.
- [6] J. I.T Young and Gerbrands L.J, "Fundamental of Image Processing," Delft, The Delft University of Technology, 2000, p. 59.
- [7] T. Ahonen and P. M, Face Description with Local Binary Pattern, IEEE, 2006.
- [8] A. Hadid, "The Local Binary Pattern Approach and its Applications to Face Analysis," Image Processing Theory, Tools & Applications," Finland, University of Oulu, 2008, p. 1.
- [9] A. Selim, Non Bayesian Classifier, K-Nearest Neighbor Classifier and Distance Functions, Ankara: Bilkent University, 2008.
- [10] D. Permatasari, Sistem Klasifikasi Kualitas Biji Jagung Berdasarkan Tekstur Berbasis Pengolahan Citra Digital, Bandung: Universitas Telkom, 2012.

Biodata Penulis

Putri Dianata Gita, sedang menempuh pendidikan S1 Teknik Telekomunikasi Universitas Telkom, Bandung, yang akan lulus tahun 2018.

Dr. Ir. Bambang Hidayat, DEA, memperoleh gelar Sarjana Teknik (Ir.), Jurusan Teknik Elektro ITB, Bandung, lulus tahun 1975. Memperoleh gelar Diplome d'etude Aprofondis (DEA/S2) bidang Komunikasi Digital, University de Rennes 2, Rennes, Prancis, lulus tahun 1984. Memperoleh gelar Doctor (Dr.), jurusan Teknik Pengolahan Sinyal Digital dari University de Rennes 2, Rennes, Prancis lulus tahun 1988. Saat ini menjadi Dosen di Universitas Telkom, Bandung.

drg. Fahmi Oscandar, M.Kes., Sp.RKG, memperoleh gelar Dokter Gigi (drg), Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Padjadjaran Bandung, lulus tahun 2000. Memperoleh gelar Magister Kesehatan (M.Kes), Universitas Padjadjaran Bandung, lulus tahun 2009. Memperoleh gelar Dokter Gigi Spesialis Oral and Maxillofacial Radiology (Sp.RKG), lulus pada tahun 2011.