

**DETEKSI KUALITAS KEMURNIAN SUSU SAPI MELALUI PENGOLAHAN
CITRA DIGITAL MENGGUNAKAN METODE *SCALE INVARIANT FEATURE
TRANSFORM* (SIFT) DAN KLASIFIKASI *K-NEAREST NEIGHBOR* (KNN)**

**QUALITY DETECTION OF COW'S MILK PURITY USING DIGITAL IMAGE
PROCESSING METHOD OF *SCALE INVARIANT FEATURE TRANSFORM*
WITH *K-NEAREST NEIGHBOR* CLASSIFICATION**

Muhammad Hanif Abdurrahman¹, Efri Suhartono, Eka Wulandari³

^{1,2,3} Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹ hanifabdurrahman@telkomuniversity.ac.id, ² esuhartono@telkomuniversity.ac.id,

³ eka.wulandari@unpad.ac.id

Abstrak

Susu sapi merupakan bahan pangan yang memiliki nutrisi tinggi sehingga bermanfaat untuk menjaga kesehatan dan proses pertumbuhan. Susu pasteurisasi merupakan salah satu jenis produk susu yang banyak diproduksi dan diminati oleh semua kalangan masyarakat. Dengan harga yang terjangkau membuat susu diminati oleh semua kalangan masyarakat. Oleh karena itu banyak orang yang memutuskan untuk menjual susu pasteurisasi dan mencampurkan air maupun zat lainnya demi meraih keuntungan yang lebih besar. Susu yang sudah tidak murni tentunya akan berkurang kandungan gizinya dan kualitas kesegarannya sudah tidak sempurna lagi.

Permasalahannya, hanya orang yang ahli pada bidang ini yang dapat membedakan kemurnian susu sapi, dan itu harus menggunakan perangkat khusus. Sehingga konsumen biasa hanya bisa membedakannya melalui penglihatan dan penciuman, namun sangat tidak akurat. Oleh karena itu penulis membuat Tugas Akhir yang bertujuan memudahkan konsumen untuk mendeteksi kemurnian susu sapi pasteurisasi menggunakan teknologi pengolahan citra digital melalui *software Matrix Laboratory* (MATLAB). Pada tahap awal sampel citra susu diambil menggunakan kamera digital, kemudian akan diidentifikasi menggunakan metode *Scale Invariant Feature Transform* (SIFT) dan akan diklasifikasikan menggunakan metode *K-Nearest Neighbor* (KNN).

Berdasarkan hasil analisa dari performansi sistem, tingkat akurasi yang lebih baik ketika menggunakan metode SIFT yaitu dengan klasifikasi jenis *Cosine Similarity* sebesar 100% dan waktu komputasi 0.0692detik. Koefisien *Gaussian Filter* yang digunakan berukuran matriks 7×7 .

Kata Kunci : *Image Processing, Scale Invariant Feature Transform, K-Nearest Neighbor*

Abstract

Cow's milk is a food material that has high nutrition so it is useful for maintaining health and growth processes. Pasteurized milk is one type of milk product that is widely produced and sought after by all people. With affordable prices, milk is sought after by all people. Therefore, many people decide to sell pasteurized milk and mix water and other substances to achieve greater profits. The impure milk will certainly decrease the nutritional content and the quality of freshness is no longer perfect.

The problem is, only people who are experts in this field can distinguish the purity of cow's milk, and it must use special devices. So that ordinary consumers can only distinguish it through vision and smell, but are very inaccurate. Therefore the authors made a Final Project aimed at facilitating consumers to detect the purity of pasteurized cow's milk using digital image processing technology through the Matrix Laboratory (MATLAB) software. In the early stages of milk image samples taken using a digital camera, then it will be identified using the Scale Invariant Feature Transform (SIFT) method and will be classified using the K-Nearest Neighbor (KNN) method.

Based on the analysis of system performance, a better level of accuracy when using the SIFT method is by classifying Cosine Similarity by 100% and computation time of 0.0692 seconds. The Gaussian Filter coefficient used is a 7×7 matrix.

Keywords: *Image processing, Scale Invariant Feature Transform, K-Nearest Neighbor*

1. Pendahuluan

Susu merupakan minuman yang memiliki banyak manfaat karena mengandung banyak sekali nutrisi penting seperti bermacam-macam vitamin, protein, kalsium, magnesium dan masih banyak lagi. Susu pasteurisasi merupakan salah satu jenis produk susu yang banyak diproduksi dan diminati oleh semua kalangan masyarakat.

Peminat susu sapi pasteurisasi semakin hari semakin banyak peminatnya, akhirnya banyak orang yang memutuskan untuk menjualnya. Namun persaingan penjualan susu sapi pasteurisasi membuat para produsen memikirkan bagaimana cara memperoleh keuntungan yang besar dari penjualan susu tersebut. Mereka akhirnya memilih untuk mencampurkan susu sapi pasteurisasi tersebut dengan air agar ketika mereka menjual dengan harga yang murah, mereka tetap mendapat untung yang besar. Namun itu dapat mengurangi kualitas kemurnian dan gizi pada susu. Karena susu merupakan benda cair, hanya orang yang ahli pada bidang ini yang dapat membedakan kemurnian susu, dan itu harus menggunakan perangkat khusus sehingga konsumen biasa hanya bisa membedakannya melalui penglihatan dan penciuman, namun sangat tidak akurat. Oleh karena itu diperlukan suatu teknologi untuk memudahkan para konsumen untuk membedakan kualitas kemurnian pada susu sapi yang nantinya hendak dikonsumsi.

Pada penerapan teknologi ini penulis menggunakan suatu sistem yang dapat mendeteksi seberapa besar kandungan air yang sudah tercampur pada susu sapi pasteurisasi menggunakan pengolahan citra digital. Perancangan teknologi ini menggunakan sistem pada *software Matrix Laboratory (MATLAB)* dengan algoritma pemrosesan sinyal gambar pada citra digital, dan tahapan ekstraksi ciri menggunakan metode *Scale Invariant Feature Transform (SIFT)* yaitu metode yang sangat berguna jika mendeteksi citra yang telah mengalami penskalaan, rotasi, dan perubahan sudut pandang. Setelah itu diklasifikasikan menggunakan *K-Nearest Neighbor (KNN)*.

2. Dasar Teori

2.1 Susu Sapi

Susu merupakan bahan pangan yang mengandung zat-zat nutrisi yang utama untuk kehidupan manusia, antara lain protein, lemak, karbohidrat, mineral, vitamin dan faktor-faktor pertumbuhan.

Pada umumnya susu dikonsumsi berbagai bentuk olahan baik dalam bentuk cair seperti susu pasteurisasi, susu UHT maupun susu bubuk. Sebagian besar susu cair yang beredar dipasaran dalam bentuk olahan, telah mengalami pasteurisasi [1].

2.2 Jenis Susu

Berdasarkan perlakuannya susu dibagi menjadi beberapa jenis, diantaranya :

1. Susu Murni

Cairan yang berasal dari ambing sapi sehat dan bersih, diperoleh dengan cara pemerahan yang benar, dimana kandungan alaminya tidak dikurangi atau ditambah sesuatu apapun dan belum mendapat perlakuan apapun kecuali pendinginan. Pada takaran susu sapi murni sebanyak 100 gram mengandung air sebanyak 88,3 gram, lemak 3,5 gram, protein 3,2 gram, karbohidrat 4,3 gram, dan sisanya kandungan gizi lainnya. [17].

2. Susu Pasteurisasi

Susu Pasteurisasi merupakan susu yang sudah mengalami proses pemanasan pada suhu 63°C - 66°C selama kurang lebih 30 menit. Tahapan ini bertujuan untuk membunuh bakteri yang dapat merugikan bagi kesehatan. Selain itu, dapat memperkuat daya simpan susu, sehingga relatif lebih tahan lama dalam penyimpanannya [1].

2.3 Citra Digital

Citra digital merupakan salah satu bentuk representatif dari sebuah gambar atau video yang ditangkap oleh kamera selanjutnya diambil sampel dari titik gambar dan dikuantisasi ke dalam bentuk nilai diskrit. Citra digital adalah citra kontinu $f(x,y)$ yang sudah didiskritkan baik koordinat spasial maupun tingkat kecerahannya. Setiap titik biasanya memiliki koordinat sesuai dengan posisinya dalam citra. Koordinat ini biasanya dinyatakan indeks x dan y hanya bernilai bilangan bulat positif, yang dapat dimulai dari 0 atau 1. Pada komputer citra digital digambarkan dalam bentuk matriks dengan fungsi dua dimensi; $f(x,y)$ adalah nilai intensitas cahaya dengan rentang 0 – 255, x dan y merupakan nilai dari koordinat pada suatu citra; (x,y) yaitu nilai kecerahan pada suatu gambar keabuan (grayscale). Hal tersebut dinyatakan dalam bentuk Persamaan (1) [2].

$$0 \leq f(x,y) < \infty \quad (1)$$

Fungsi f menggambarkan bentuk matriks 2 dimensi baris dan kolom ($M \times N$) [3].

$$f(x,y) \approx \begin{bmatrix} f(0,0) & f(0,1) & \dots & f(0, M-1) \\ f(1,0) & f(1,1) & \dots & f(1, M-1) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ f(N-1,0) & f(N-1,1) & f(N-1, M-1) & f(N-1, M-1) \end{bmatrix} \quad (2)$$

2.4 Scale Invariant Feature Transform (SIFT)

Scale Invariant Feature Transform (SIFT) merupakan salah satu metode *image registration* yang populer dan sudah digunakan secara luas. SIFT mendeskripsikan sebuah gambar dengan menemukan *keypoint* yang menonjol dari gambar. Dari setiap *keypoint* tersebut bisa didapatkan *gradient orientation* dan *gradient magnitude* yang diolah lebih lanjut untuk menjadi fitur dari *keypoint* [4].

1. Scale Space Extrema Detection

Tahap awal penentuan *keypoint* suatu citra adalah dengan mencari nilai ekstrim pada skala ruang. Caranya yaitu dengan menghitung lokasi dari titik yang invariant terhadap skala dan orientasi dengan mendeteksi maksima dan minimal dari sekumpulan citra *Difference of Gaussian* (DoG) yang diambil dalam beberapa skala ruang [5].

$$L(x, y, \sigma) = G(x, y, \sigma) * I(x, y) \quad (3)$$

$$G(x, y, \sigma) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} D(x, y, \sigma) &= [G(x, y, k\sigma) - G(x, y, \sigma)] * I(x, y) \\ &= L(x, y, k\sigma) - L(x, y, \sigma) \end{aligned} \quad (5)$$

2. Keypoint Localization

Setelah menentukan beberapa kandidat *keypoint*, tahap selanjutnya adalah pengurangan kandidat *keypoint*. Kandidat *keypoint* yang memiliki nilai kontras yang rendah (sensitif terhadap *noise*), kandidat *keypoint* yang kurang jelas dan kurang terlokalisasi disepanjang tepi akan dieliminasi.

Nilai kontras yang rendah dapat dieliminasi dengan menggunakan *threshold* yang telah ditentukan. Jika nilai absolut DoG kurang dari *threshold* maka *keypoint* akan dianggap memiliki kontras rendah dan akan dieliminasi. Puncak titik yang tinggi yang dihasilkan kemungkinan memiliki nilai memiliki puncak tinggi yang dibentuk oleh *noise*.

3. Orientation Assignment

Merupakan proses untuk mencari setiap lokasi *keypoint* yang didasarkan pada gambar gradien arah. Di tahap ini tiap *keypoint* akan diubah menjadi nilai gradien arah dengan cara membuat matriks berukuran 16×16 berdasarkan lokasi *keypoint*. Di tahap ini memiliki 36 gradien arah yang didapatkan berdasarkan pembagian 10 derajat pada 1 lingkaran [8].

$$m(x, y) = \sqrt{(L(x+1, y) - L(x-1, y))^2 + (L(x, y+1) - L(x, y-1))^2} \quad (6)$$

$$\theta(x, y) = \tan^{-1} \left(\frac{L(x, y+1) - L(x, y-1)}{L(x+1, y) - L(x-1, y)} \right) \quad (7)$$

4. Keypoint Descriptor

Di tahap ini dilakukan pengukuran skala gradien lokal gambar yang dipilih di daerah sekitar *keypoint* masing-masing. Di tahap ini akan dibuat matriks berukuran 4×4 berdasarkan matriks berukuran 16×16 yang telah dikerjakan pada tahap sebelumnya. Tiap gradien arah tersebut memiliki panjang gradien arah yang berasal dari penjumlahan nilai gradien arah di tahap *orientation assignment*. Sehingga tiap 1 *keypoint* memiliki 128 fitur vektor [6].

2.5 K-Nearest Neighbor

K-Nearest Neighbor adalah metode klasifikasi objek terhadap data pelatihan dengan pemilihan kelas objek berdasarkan jarak terdekat dari data pelatihannya. Data pelatihan akan diproyeksikan ke dalam ruang berdimensi banyak. Setiap dimensi akan merepresentasikan fitur dari data. *K* merepresentasikan titik ketetanggaan objek, nilai *k* akan dibandingkan untuk setiap data pelatihan. Akan ditemukan sejumlah *k* objek yang paling dekat dengan titik uji. Setelah itu titik yang termasuk kedalam klasifikasi terbanyak akan diambil, dan objek tersebut akan diklasifikasikan kedalam kelas pelatihan tersebut. Nilai *k* yang digunakan tergantung pada data, semakin banyak penggunaan nilai *k* akan mengurangi efek *noise* dari klasifikasi.

1. Euclidean Distance

Euclidean Distance merupakan metode pencocokan yang paling sering digunakan karena sederhana dalam penerapannya. Pencocokan dilakukan dengan menghitung jarak dua buah titik dalam suatu dimensi. Euclidean distance menghitung akar kuadrat perbedaan dua vector, rumusnya yaitu Merupakan persamaan untuk menghitung nilai jarak antara X_i dan Y_i . Nilai ini dapat dihitung menggunakan Persamaan (12) [7].

$$d_{s,t} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (X_{si} - X_{ti})^2} \quad (8)$$

2. City Block Distance

Pada *city block distance* nilai jarak antara X_i dan Y_i diperoleh dari hasil menghitung perbedaan nilai absolut dari dua *vector*, yaitu penjumlahan antara jarak vertikal dan horizontal yang terbentuk antara data latih dan data uji. Dapat dinyatakan dalam Persamaan (13) [7].

$$d_{s,t} = \sum_{i=1}^n |X_{si} - Y_{ti}| \quad (9)$$

3. Cosine Similarity

Metode *Cosine Similarity* merupakan metode yang digunakan tingkat kesamaan antar dua buah objek. Secara umum cara kerja metode ini didasarkan pada *Vector space similarity measure*. Jarak yang dibentuk antara 2 vektor kemudian diukur berdasarkan sudut. Dapat dinyatakan dalam Persamaan (14)[7].

$$d_{s,t} = 1 - \text{Cos}\theta \quad (10)$$

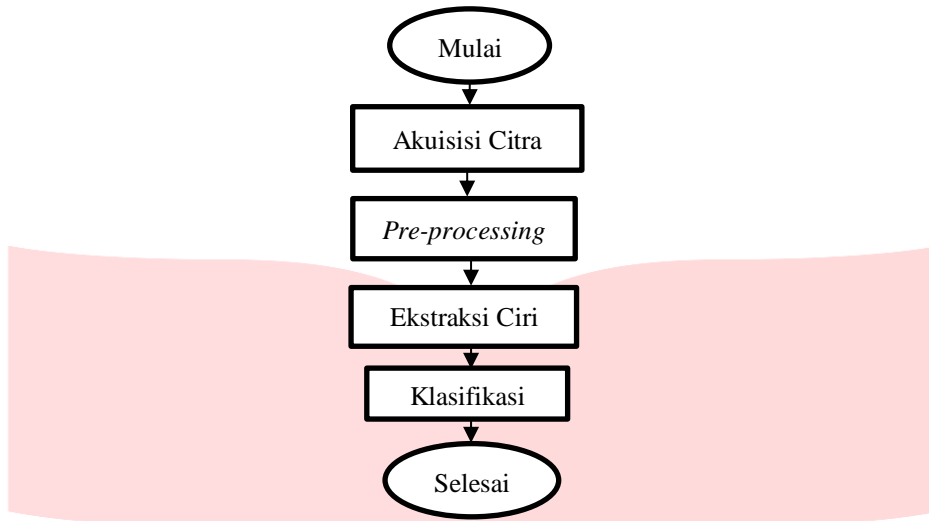
Dimana, $d_{s,t}$ adalah distance dari KNN:

$$\text{Cos } \theta(d_i, q_i) = \frac{d_i q_i}{|d_i| |q_i|} = \frac{\sum_j^t 1(q_{ij} \cdot d_{ij})}{\sqrt{\sum_j^t 1(q_{ij})^2} \cdot \sqrt{\sum_j^t 1(d_{ij})^2}} \quad (11)$$

3 Perancangan Sistem

3.1 Desain Sistem

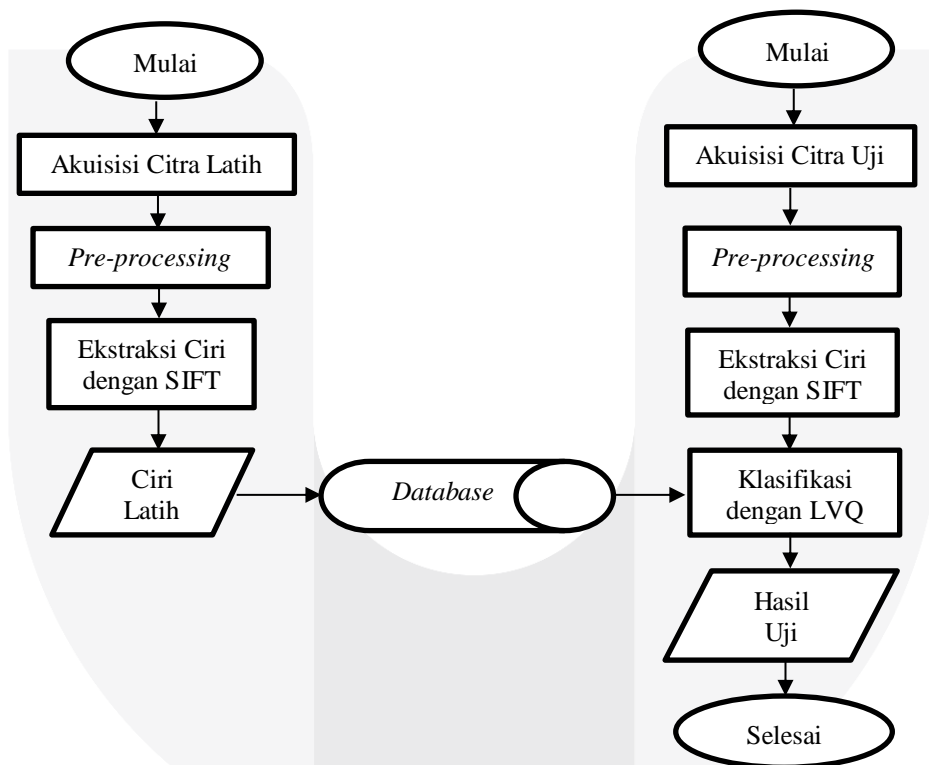
Pada tahap ini menjelaskan alur proses dari sistem untuk deteksi kemurnian susu sapi yang akan diimplementasikan pada *software* MATLAB. Gambar 3.1 menjelaskan alur proses sistem secara umum.



Gambar 3.1 Diagram Blok Alir Sistem

3.2 Perancangan Blok Sistem

Pada perancangan teknologi sistem untuk mendeteksi kualitas kemurnian susu sapi membutuhkan dua tahapan untuk memasukkan parameter data latih dan data uji. Pada gambar 3.2 adalah diagram blok dari tahapan parameter data latih dan data uji.



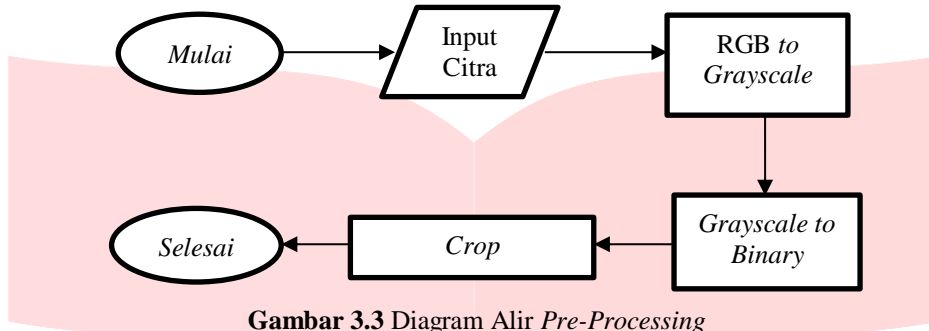
Gambar 3.2 Diagram Alir Sistem

3.2.1 Akuisisi Citra

Akuisisi citra atau proses masukan citra adalah tahapan untuk mendapatkan citra digital sebagai masukan pada sistem. Proses ini dilakukan dari susu sapi yang ditetaskan pada permukaan *acrylic* yang menggunakan alas *doff* hitam dengan menggunakan kamera *Mirrorless*. Proses akuisisi citra menghasilkan gambar dengan ukuran 4896x3264 piksel. Pada gambar 3.3 adalah tahapan dari akuisisi citra.

3.2.2 Pre-Processing

Tahap ini merupakan proses awal pengolahan citra untuk mempersiapkan citra yang akan diolah ke tahap selanjutnya. Tahap *pre-processing* dilakukan baik saat proses latih maupun proses uji. Tujuan dari *pre-processing* untuk meningkatkan kualitas dari citra masukan yang diperoleh untuk tahap ekstraksi ciri. Diagram blok pada proses *pre-processing* yang telah dilakukan dapat dilihat pada gambar 3.4.



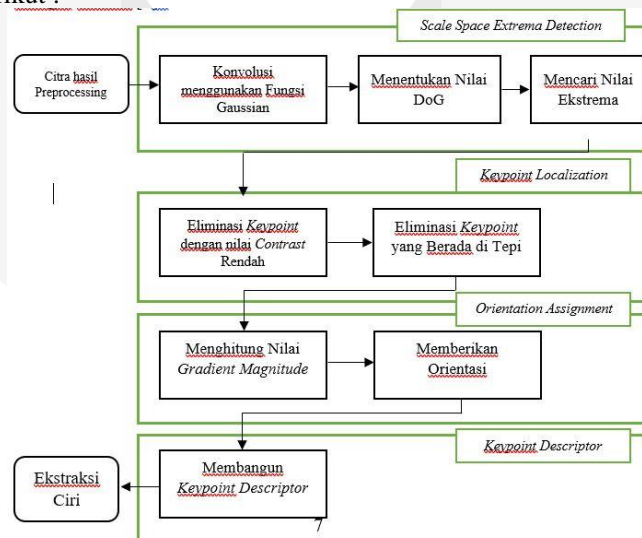
Gambar 3.3 Diagram Alir Pre-Processing

Tahapan *pre-processing* adalah:

4. **Input Citra**
Mengambil atau memindai citra analog menjadi digital agar mudah diolah oleh komputer. Citra yang dihasilkan memiliki format RGB (*Red, Green and Blue*).
5. **RGB to Grayscale**
Tahap ini merupakan proses merubah citra digital tiga dimensi yang mempunyai 3 layer yaitu *red, green, blue* yang hendak dikonversi kedalam citra satu dimensi atau disebut *grayscale* karena pada sistem ini dilakukan identifikasi dan klasifikasi berdasarkan tekstur dari objek susu sapi pasteurisasi yang diamati. Citra RGB mempunyai nilai dari 0 hingga 255 lalu dikurangi menjadi kisaran 0 hingga 85 ketika sudah dikonversi ke dalam bentuk citra *grayscale*.
6. **Grayscale to Binary**
Saat citra sudah dikonversi menjadi *grayscale*, piksel citra yang memiliki derajat keabuan rendah atau di bawah dari nilai *threshold* akan diubah menjadi 0 (hitam). Piksel citra yang memiliki derajat keabuan tinggi atau di atas dari nilai *threshold* akan diubah menjadi 1 (putih).
7. **Cropping**
Proses ini bertujuan untuk mengambil citra yang hendak diidentifikasi dan membuang latar belakang sesuai ukuran, sehingga lebih fokus terhadap objek susu yang dianalisa.

3.2.3 Ekstraksi Ciri Citra

Setelah dilakukan *pre-processing* maka pada tahap selanjutnya yaitu masuk ke dalam tahap ekstraksi ciri citra dengan metode SIFT, dan pada Gambar 3.4 menunjukkan urutan proses ekstraksi citra dari SIFT dimana tahapannya adalah sebagai berikut :



Gambar 3 4 Diagram Alir Ekstraksi Ciri

3.2.4 Klasifikasi K-Nearest Neighbor (KNN)

Sebuah metode klasifikasi terhadap sekumpulan data berdasarkan pembelajaran data yang sudah terklasifikasikan sebelumnya, dimana hasil *query instance* yang baru diklasifikasikan berdasarkan mayoritas kedekatan jarak dari kategori yang ada dalam KNN.

4 Pengujian Sistem Dan Analisis

4.1 Analisis Pengujian

Pada pengujian sistem dilakukan untuk mengetahui performansi dari sistem yang sudah dirancang. Untuk mendapatkan performansi optimum, maka dilakukan pengujian dengan merubah parameter-parameter yang digunakan pada setiap pengujian yang akan menghasilkan keluaran berupa tingkat akurasi dan waktu komputasi. Pengujian sistem dilakukan dengan menggunakan data latih dan data uji. Data latih terdiri dari 20%, 40%, 60%, 80% dan 100% susu murni yang masing-masing terdiri dari 20 citra susu untuk setiap kelasnya, dengan total keseluruhan 100 data. Data uji terdiri dari 10 citra susu pada setiap kelasnya, dengan total keseluruhan 50 data.

4.2 Pengujian Performansi Sistem

Tabel 4.1 Percobaan Performansi Parameter

Distance	K	<i>Gaussian Filter</i>	Akurasi (%)	Komputasi (Detik)
<i>Cityblock</i>	1	5 × 5	76	0.0841
		7 × 7	88	0.0855
	3	5 × 5	74	0.097
		7 × 7	64	0.0747
	5	5 × 5	82	0.0914
		7 × 7	66	0.0833
	7	5 × 5	82	0.0877
		7 × 7	64	0.0749
9	5 × 5	84	0.0853	
	7 × 7	64	0.0749	
<i>Euclidean</i>	1	5 × 5	66	0.0919
		7 × 7	84	0.0711
	3	5 × 5	66	0.0875
		7 × 7	64	0.0723
	5	5 × 5	68	0.0842
		7 × 7	66	0.0875
	7	5 × 5	72	0.0886
		7 × 7	62	0.0716
9	5 × 5	70	0.0842	
	7 × 7	54	0.0732	
<i>Cosine</i>	1	5 × 5	100	0.087
		7 × 7	100	0.0692
	3	5 × 5	82	0.0988
		7 × 7	82	0.0744
	5	5 × 5	84	0.0876
		7 × 7	70	0.0730
	7	5 × 5	84	0.086
		7 × 7	70	0.0727
9	5 × 5	82	0.0951	
	7 × 7	60	0.0838	
Rata - rata	5 × 5	86.4	0.0909	
	7 × 7	75.2	0.08792	

Berdasarkan Tabel 4.1, tingkat akurasi terbaik ketika perancangan sistem identifikasi kemurnian susu sapi dengan metode SIFT ini menggunakan KNN jenis *Cosine Similarity* yaitu dengan tingkat akurasi sebesar 100% pada K bernilai 1 dan koefisien *gaussian filter* dengan matriks indeks 7×7 dan 5×5 . Pada saat matriks berukuran 7×7 memiliki waktu komputasi yang lebih cepat dari pada saat matriks berukuran 5×5 . Hal ini disebabkan objek akan semakin tersegmentasi jika memiliki matriks yang lebih besar. Namun secara rata-rata matriks berukuran 5×5 memiliki tingkat akurasi yang lebih tinggi.

5. Kesimpulan

Dari pengujian dan analisis sistem yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sistem Deteksi Kualitas Kemurnian Susu Sapi Melalui Pengolahan Citra Digital Menggunakan Metode *Scale Invariant Feature Transform* (SIFT) dengan koefisien *gaussian filter* 7×7 sebagai ekstraksi fitur dan Klasifikasi *K-Nearest Neighbor* (KNN) menggunakan parameter $K = 1$ *Cosine Similarity Distance* dengan ukuran citra sebesar 4896×3264 piksel dapat menghasilkan tingkat akurasi tertinggi yaitu 100 % dengan waktu komputasi 0,0692 detik. Klasifikasi KNN dengan parameter K dengan nilai $K = 1$ menjadi parameter terbaik pada setiap pengujian. Koefisien *gaussian filter* dengan matriks indeks 5×5 memiliki hasil tingkat akurasi yang sama dengan matriks indeks 7×7 pada saat $K=1$. Namun sistem ini menggunakan koefisien *gaussian filter* dengan matriks indeks 7×7 karena memiliki waktu komputasi yang lebih cepat.

Selain itu metode SIFT ini memiliki tingkat akurasi yang tinggi ketika memakai 6 jenis ciri statistik, yaitu *mean*, variansi, standar deviasi, *skewness*, kurtosis dan *entropy*. Di antara 6 jenis tersebut, metode SIFT sangat cocok dengan ciri statistik *entropy*, dikarenakan pada statistik *entropy* menunjukkan ukuran ketidakteraturan bentuk dan lokasi dari hasil ekstraksi ciri SIFT. Harga ENT besar untuk citra dengan transisi derajat keabuan merata dan bernilai kecil jika struktur citra tidak teratur (bervariasi).

Daftar Pustaka:

- [1] S. Usmiati and A. Bakar, "Teknologi Penanganan dan Pengamanan Susu Segar," Seminar Nasional Hari Pangan Sedunia XXVII, pp. 71 - 98, 2007.
- [2] Kadir, Abdul and Susanto, Adhi, *Teori dan Aplikasi Pengolahan Citra*, Yogyakarta : 2013.
- [3] Putra, Darma, *Pengolahan Citra Digital*, Yogyakarta : 2010.
- [4] D.G. Lowe, "Local Feature View Clustering for 3D Object Recognition," *IEEE Computer Society Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition, Columbia*, pp. 682 - 688, 2001.
- [5] D. G. Lowe, "Distinctive Image Features," *International Journal of Computer Vision*, pp. 91 - 110, January 2004.
- [6] K. Mikolajczyk and C. Schmid, "A performance evaluation of local descriptors," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, USA*, pp. 1615 - 1630, August 2005.
- [7] J. W. Williams and Y. Li, "Comparative Study of Distance Functions for Nearest Neighbor," *Int. Joint Conf. on Computer, Information, and Systems Sciences, and Engineering, USA*, pp. 79 - 84, CISSE 2008.
- [8] G. A. Pradnyana and N. A. Sanjaya, "Perancangan dan Implementasi Automed Document Integration dengan Menggunakan Algoritma Complete Linkage Agglomerative Hierarchical Clustering," vol. 5, (2), Universitas Udayana, pp. 1-10, September 2012.