

PERHITUNGAN KOLONI BAKTERI SUSU SEGAR PADA RUANG WARNA YCBCR

THE CALCULATION OF FRESH MILK BACTERIA COLONY IN YCBCR COLOR SPACE

Zilvanhisna Emka Fitri¹⁾, Lalitya Nindita Sahenda²⁾, Rexy Solehudin Abdi Holili³⁾,
Dyah Laksito Rukmi⁴⁾

^{1,3)} Program Studi D4 Teknik Informatika, Jurusan Teknologi Informasi, Politeknik Negeri Jember

²⁾ Program Studi D3 Teknik Komputer, Jurusan Teknologi Informasi, Politeknik Negeri Jember

⁴⁾ Program Studi D3 Produksi Ternak, Jurusan Peternakan, Politeknik Negeri Jember

Jl Mastrip, PO. BOX 164, Jember 68121

Email : zilvanhisnaef@polije.ac.id¹⁾, lalitya.ns@polije.ac.id²⁾, rexy.solehudin@gmail.com³⁾,
dyah.laksito@polije.ac.id⁴⁾

Abstrak

Permasalahan dari susu segar di peternakan SPR yaitu proses pemerahan yang secara manual sehingga menyebabkan hasil susu kurang higienis dan menjadi media tumbuh yang ideal bagi mikroba. Maka perlu dilakukan prosedur pemeriksaan status mikrobiologi sebagai indikator keamanan pangan. Untuk menguji cemaran mikroba pada susu segar yaitu pengujian Total Plate Count (TPC) namun pada penelitian ini fokusnya pada perhitungan koloni bakteri menggunakan teknik pengolahan citra digital. Tahapan penelitian yang dilakukan yaitu proses preprocessing (cropping dan konversi warna ke ruang YCbCr), image enhancement (penambahan kecerahan dan citra invers), proses kombinasi segmentasi berdasarkan derajat keabuan dan channel area thresholding dan perhitungan koloni menggunakan labeling berdasarkan kedekatan 8 ketetanggaan dengan fitur area. Dari hasil penelitian didapatkan koloni bakteri mempunyai rentang luas area yaitu $150 \leq \text{area} \leq 8000$. Telah dilakukan perbandingan perhitungan TPC manual dengan sistem pada 5 sampel uji dan didapatkan rata-rata selisih error sebanyak 0.176.

Kata kunci: channel area thresholding, koloni bakteri, susu segar, TPC, YCbCr

Abstract

The problem with fresh milk on the SPR farm is the manual milking process, which causes the milk to be less hygienic and becomes an ideal growing medium for microbes. Therefore, it is necessary to carry out a procedure for checking the microbiological status as an indicator of food safety. To test for microbial contamination in fresh milk, namely the Total Plate Count (TPC) test, but in this study the focus is on the calculation of bacterial colonies using digital image processing techniques. The stages of the research carried out are the preprocessing process (cropping and color conversion to YCbCr space), image enhancement (addition of brightness and inverse image), the segmentation combination process (gray degree and channel area thresholding) and colony calculation using labeling based on the proximity of 8 neighbors to the feature area. From the results of the study, it was found that bacterial colonies had a wide area range of $150 \leq \text{area} \leq 8000$. A comparison of manual TPC calculations with the system has been carried out on 5 test samples and obtained an average error difference of 0.176.

Keywords : channel area thresholding, bacterial colonies, fresh milk, TPC, YCbCr.

1. PENDAHULUAN

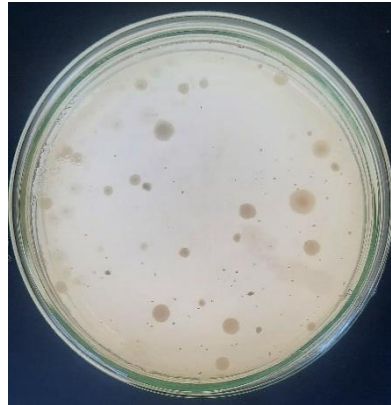
Asal mula susu di Indonesia dihasilkan oleh sapi perah jenis *frische hollands* (FH) yang didatangkan dari Belanda, kemudian berkembang biak menjadi sapi peranakan *frische hollands* (PFH) yang kemudian menjadi peternakan sapi perah rakyat (SPR)[1]. Peternakan SPR hanya memelihara rata-rata 1 sampai 4 ekor sapi [2] dengan jumlah produksi susu 4500 – 5500 liter per satu masa laktasi (305 hari) dan kadar lemak susu relatif rendah sekitar 3.3 – 3.7% [3]. Peternakan sapi perah mempunyai prospek usaha yang menjanjikan, namun terkendala oleh masyarakat Indonesia yang lebih memilih susu bubuk dan susu kental manis dibandingkan susu segar oleh sebab itu kita perlu usaha untuk mengembangkan peternakan sapi perah di Indonesia [2]. Permasalahan lain yang sering terjadi pada susu segar adalah rendahnya kualitas susu segar. Dikarenakan pemanenan susu di peternakan SPR menggunakan pemerahan secara manual

sehingga hasil susunya kurang higienis. Mengingat sifat susu yang sangat mudah rusak (*very highly perishable*) dan media tumbuh yang ideal bagi mikroba [4] sehingga membutuhkan waktu 4 – 7 jam untuk diolah dan diawetkan dengan cara sterilisasi atau pasteurisasi [1]. Kontaminasi mikroba tersebut diakibatkan oleh kurangnya kebersihan saat proses pemerahan, adanya kontak langsung dengan debu pada peralatan dan tangan pemerah [5]. Maka perlu dilakukan prosedur pemeriksaan status mikrobiologi sebagai indikator keamanan pangan. Pemeriksaan susu dapat dilakukan secara fisik, kimia dan mikrobiologi (*mikroskopis, bakteriologis dan biokemis*) [6].

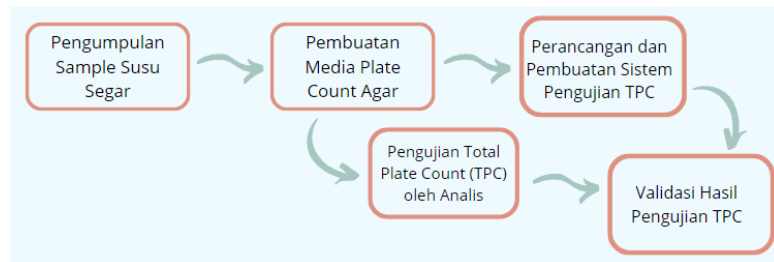
Salah satu pengujian untuk menguji cemaran mikroba pada Susu Segar yaitu pengujian *Total Plate Count* (TPC) [7]. Sesuai dengan penetapan pemerintah bahwa batas maksimum cemaran mikroba pada susu segar agar aman dikonsumsi oleh masyarakat yaitu 1×10^6 CFU/ml untuk uji *Total Plate Count* (TPC) [8]. Umumnya proses pengujian TPC dengan menghitung jumlah koloni bakteri pada media agar dilakukan secara manual oleh analis. Pengujian tersebut membutuhkan tingkat ketelitian dan pengalaman dari analisis tersebut. Untuk membantu tugas dari analisis tersebut dibuatlah sebuah aplikasi otomatisasi perhitungan *total plate count* (TPC) susu segar menggunakan *digital image processing*. Beberapa penelitian yang digunakan sebagai dasar referensi pembuatan aplikasi perhitungan *total plate count* cemaran mikroba susu segar yaitu klasifikasi dan identifikasi jumlah koloni bakteri asam laktat untuk pembuatan yoghurt menggunakan metode *K-Nearest Neighbor* dengan presisi 97.97% [9]. Kemudian aplikasi penghitung koloni bakteri menggunakan *canny edge detection* dan *contour* [10]. Serta identifikasi dan perhitungan koloni bakteri menggunakan ekstraksi fitur morfologi dengan akurasi sebesar 81.82% [11]. Selain metode yang dilakukan diatas terdapat metode segmentasi berdasarkan luasan area atau *Channel Area Thresholding* (CAT) mampu memisahkan area obyek dengan area background sehingga membantu mendeteksi jumlah sel trombosit [12]. Berdasarkan hasil penjabaran referensi diatas, maka penelitian ini menggunakan kombinasi segmentasi *thresholding* dan metode CAT untuk memisahkan area koloni mikroba dengan debu yang menjadi *noise* pada pengujian TPC.

2. DASAR TEORI

Beberapa dasar teori yang digunakan pada penelitian ini yaitu kualitas susu sapi dan metode *total plate count* (TPC). Susu memiliki pH mendekati normal yaitu 6.6 – 6.8 dan kadar air yang tinggi yaitu 87 – 88%. Menurut Badan Standar Nasional Indonesia, susu segar dikatakan baik bila warna, aroma dan rasa yang tidak mengalami perubahan [6]. Penanganan susu secara higienis akan meningkatkan mutu dan keamanan susu, begitupula sebaliknya. Maka dibutuhkan pengujian perhitungan jumlah bakteri (TPC) pada sampel susu segar. Metode *Total Plate Count* (TPC) merupakan metode untuk menghitung jumlah mikroba pada sampel makanan dan produk hasil pertanian dan peternakan. Metode TPC menggunakan media *Plate Count Agar* (PCA) merupakan media padat yang terdiri dari *casein enzymic hydrolysate, yeast extract, dextrose*, agar yang dilarutkan oleh aqua destilata dan disterilisasi pada suhu 121°C. Prinsip dari metode hitungan cawan atau *Total Plate Count* (TPC) adalah menumbuhkan sel mikroba yang masih hidup pada media agar (Gambar 1), sehingga mikroba akan berkembang biak dan membentuk koloni yang dapat dilihat langsung dan dihitung dengan mata tanpa menggunakan mikroskop [13]. Tahapan penelitian yang dilakukan yaitu pengumpulan sample susu segar, pembuatan media *plate count* agar (PCA), pengujian *total plate count* (TPC), perancangan dan pembuatan sistem pengujian TPC dan Validasi hasil pengujian TPC seperti Gambar 2



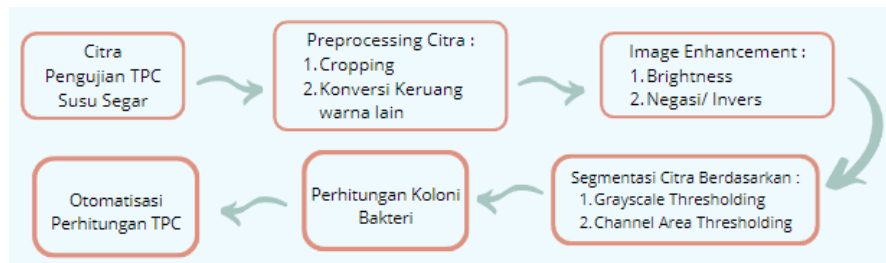
Gambar 1. Jumlah koloni pada cawan petri



Gambar 2. Tahapan penelitian sistem

3. METODOLOGI PENELITIAN

Pada perancangan dan pembuatan sistem pengujian TPC menggunakan metode pengolahan citra digital yang terdiri dari beberapa tahapan yaitu pengumpulan citra pengujian TPC susu segar, *preprocessing* citra, *image enhancement*, segmentasi citra, perhitungan koloni bakteri dan otomatisasi perhitungan TPC seperti yang ditunjukkan Gambar 3.



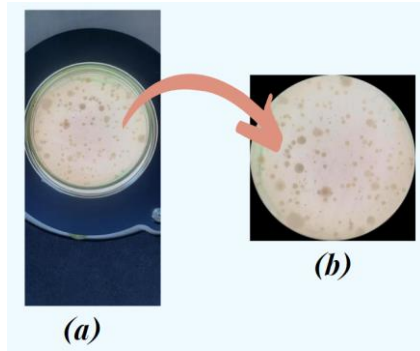
Gambar 3. Blok diagram sistem pengujian TPC menggunakan metode pengolahan citra digital.

A. Sample Susu Segar dan Pengumpulan Citra TPC Susu Segar

Pada penelitian ini digunakan citra cawan petri dengan tiga jenis pengenceran yang dilakukan dengan total 86 citra yang terdiri dari 28 citra cawan petri pengenceran 10^{-4} , 50 citra cawan petri pengenceran 10^{-5} serta 8 citra cawan petri pengenceran 10^{-6} .

B. *Preprocessing* Citra

Proses *preprocessing* citra diawali dengan proses *cropping* dari awal ukuran citra 1844 x 4000 piksel berdasarkan bentuk lingkaran menjadi ukuran citra 1537 x 1536 piksel seperti citra yang ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. (a) ukuran awal dan (b) hasil ukuran citra cropping

Selanjutnya proses yang dilakukan adalah konversi keruang warna lain. Hal ini dikarenakan citra asli yang juga citra ruang warna RGB mempunyai kekurangan sulit disegmentasi [14] sehingga perlu dikonversi ke ruang warna lain seperti ruang warna YCbCr menggunakan persamaan [15] :

$$Y = 16 + \frac{65.74 R}{256} + \frac{129.09 G}{256} + \frac{25.06 B}{256} \dots\dots(1)$$

$$Cb = 128 + \frac{37.95 R}{256} - \frac{74.49 G}{256} + \frac{112.44 B}{256} \dots\dots(2)$$

$$Cr = 128 + \frac{112.44 R}{256} - \frac{94.15 G}{256} + \frac{18.29 B}{256} \dots\dots(3)$$

Model warna YCbCr merupakan ruang warna yang tersusun dari komponen Y (*Grayscale/intensity*), komponen Cb (perbedaan antara nilai warna blue dan referensi) dan komponen Cr (perbedaan antara nilai warna red dan referensi) [16]. Model warna ini bagian warna transmisi video dan televisi yang mirip dengan ruang warna YUV dan YIQ namun YCbCr merupakan sistem warna digital [17]. Proses selanjutnya dilakukan proses pemecahan pada ruang warna YCbCr dan mengurangi antar komponen warnanya untuk mencari citra komponen warna yang paling baik merepresentasikan obyek penelitian.

C. Image Enhancement

Tujuan dari *image enhancement* adalah memperbaiki kualitas citra menggunakan metode penambahan kecerahan (*brightness*) [12] dan mengkonversi citra tersebut menjadi citra negasi atau invers menggunakan persamaan rumus :

$$Citra_{brightness} = Citra_{input} + B \dots\dots(4)$$

$$Citra_{invers} = 255 - Citra_{brightness} \dots\dots(5)$$

D. Segmentasi Citra dan Perhitungan Jumlah Koloni Bakteri

Tujuan dari segmentasi citra yaitu memisahkan obyek penelitian dengan background menggunakan teknik *grayscale thresholding* [18] dan *channel area thresholding* (CAT) [12] menggunakan persamaan rumus :

$$Segmentation(x,y) = \begin{cases} 1, & \text{jika } Citra_{invers}(x,y) \geq T \\ 0, & \text{jika } Citra_{invers}(x,y) < T \end{cases} \dots\dots(6)$$

$$Area_{new} = A_1 < Area_{old} < A_2 \dots\dots(7)$$

Nilai ambang (T) yang didapatkan berdasarkan citra histogram dari citra invers yang nantinya digunakan untuk memisahkan obyek berupa koloni bakteri dan *background*. Setelah

proses segmentasi, dilakukan proses labeling terlebih dahulu menggunakan kedekatan 8 ketetanggaan antar obyek koloni. Selanjutnya obyek tersebut digunakan fitur area [19] menggunakan persamaan rumus :

$$Area = \text{jumlah piksel di baris} - 1 + \text{baris} - 2 + \dots + \text{baris} - 8 \quad \dots\dots(8)$$

Setelah mendapatkan fitur area kemudian dilakukan proses segmentasi berdasarkan area atau *channel area thresholding* (CAT) dari obyek koloni bakteri menggunakan persamaan rumus (7). Hasil citra segmentasi tersebut dilakukan proses *labelling* kembali untuk proses perhitungan jumlah koloni bakteri.

E. Perhitungan Total Plate Count (TPC)

Total Plate Count merupakan proses pengujian untuk menentukan tingkat cemaran mikroba pada suatu produk dalam penelitian ini yaitu susu segar sapi. Metode tersebut bertujuan untuk menunjukkan kualitas, kontaminasi dan status higienitas suatu produk pada saat proses produksi[20]. Berdasarkan SNI 2897 : 2008, perhitungan jumlah koloni pada setiap seri pengenceran kecuali cawan petri yang berisi koloni menyebar (*spreader colonies*), pilihlah cawan yang mempunyai jumlah koloni 25 sampai dengan 250[7]. Beberapa intepretasi hasil dari perhitungan TPC :

1. Bila cawan duplo dari pengenceran terendah menghasilkan koloni kurang dari 25 maka hitung jumlah yang ada pada cawan dari setiap pengenceran. Rerata jumlah koloni per cawan dan kalikan dengan faktor koloni untuk menentukan nilai TPC.
2. Bila jumlah koloni per cawan lebih dari 250, hitung koloni pada cawan untuk memberikan gambaran penyebaran koloni secara *representative*. Tandai TPC dengan tanda * untuk perhitungan diluar 25 sampai 250 koloni per cawan.

Perhitungan koloni secara manual didapatkan berdasarkan perhitungan rumus [20] :

$$N = \frac{\sum C}{[(1xn_1) + (0.1xn_2)]x(d)} \quad \dots\dots(9)$$

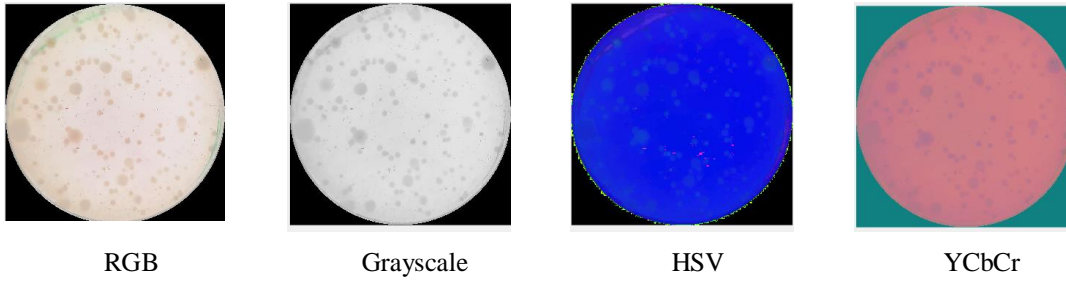
Keterangan :

- N = Jumlah koloni, dinyatakan dalam koloni per ml
- $\sum C$ = Jumlah koloni pada semua cawan yang dihitung
- n_1 = Jumlah cawan pada pengenceran pertama yang dihitung
- n_2 = Jumlah cawan pada pengenceran kedua yang dihitung
- d = Pengenceran pertama yang dihitung

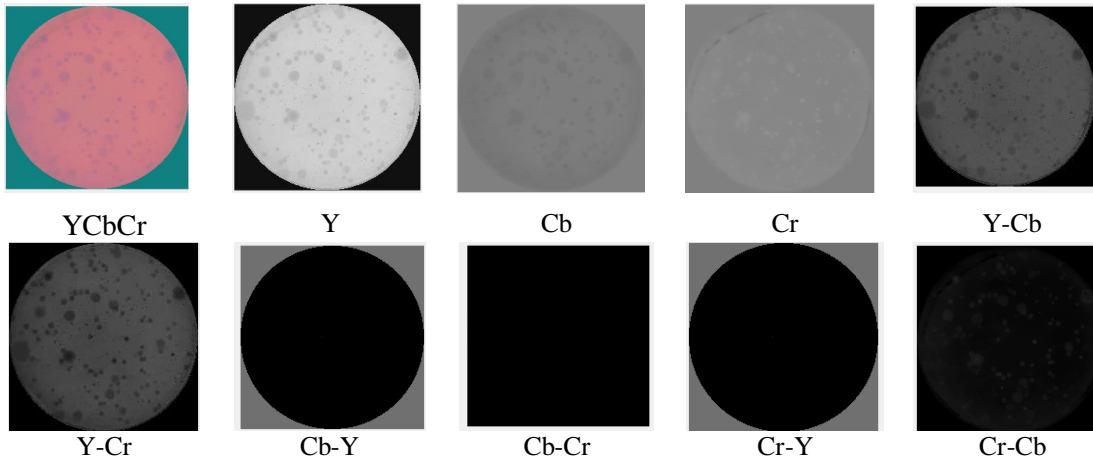
Berdasarkan SNI 7388 : 2009, batas maksimum cemaran mikroba pada susu segar sapi (susu yang tidak dipasteurisasi) sebesar 1×10^6 koloni/ml atau 1×10^6 CFU[8].

4. PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

Setelah proses cropping citra yang fungsinya untuk mengurangi beban komputasi, citra RGB dilakukan proses konversi warna ke ruang warna lain seperti grayscale, HSV dan YCbCr seperti pada Gambar 5. Berdasarkan hasil konversi tersebut, obyek koloni bakteri pada ruang warna *grayscale* terlihat samar dikarenakan tidak terlihat jelas perbedaan yang signifikan pada nilai grayscale antara obyek dan *background*. Sedangkan pada ruang warna YCbCr, koloni terlihat lebih jelas bila dibandingkan dengan ruang warna *grayscale*. Proses selanjutnya dilakukan proses pemecahan komponen ruang warna YCbCr yang kemudian dilakukan proses pengurangan antar komponen seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6.

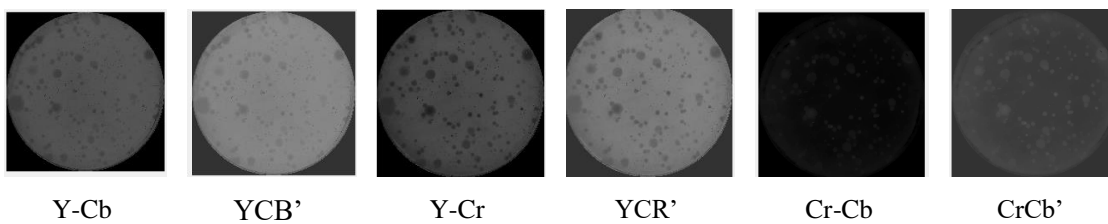


Gambar 5. Hasil citra konversi dari ruang warna RGB ke ruang warna lain

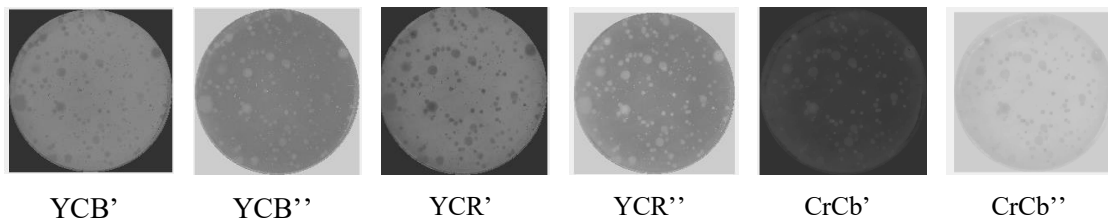


Gambar 6. Hasil pemecahan dan pengurangan komponen warna pada YCbCr

Berdasarkan hasil dari Gambar 6 setelah proses pemecahan komponen warna YCbCr, masing-masing komponen warna dikurangi sehingga mendapatkan citra yang paling baik digunakan pada proses selanjutnya (*image enhancement*). Pada proses pengurangan tersebut terdapat tiga citra yaitu citra YCB, YCr dan CrCb. Maka ketiga citra tersebut dilakukan proses penambahan kontras menggunakan persamaan rumus (4) dengan nilai brightness (B) = 50 seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7. Kemudian dilakukan proses lanjutan yaitu mengonversi ke citra negasi atau invers menggunakan persamaan rumus (5) (Gambar 8).



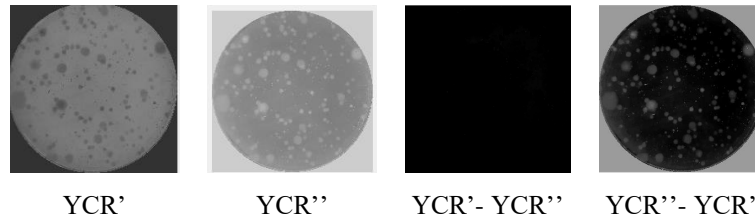
Gambar 7. Hasil citra setelah ditambahkan brightness (B) = 50



Gambar 8. Hasil citra setelah proses negasi atau invers

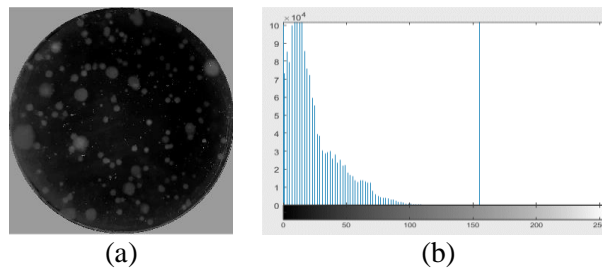
Berdasarkan dari hasil Gambar 8 maka citra komponen yang paling merepresentasikan dengan jelas koloni bakteri adalah citra komponen YCR dikarenakan terjadi perbedaan yang

signifikan antara obyek dan *background*. Pada citra CrCb, setelah ditambahkan *brightness* dan diinverskan obyek koloni malah tidak terlihat dengan jelas karena memiliki warna yang mirip dengan *background*, sementara pada citra YCb obyek koloni terlihat memiliki warna yang berbeda dari *background* dimana obyek tersebut memiliki warna lebih terang dibandingkan *background* namun masih ada obyek kecil yang tidak terlihat jelas bila dibandingkan citra YCr. Untuk memperjelas obyek koloni dilakukan eksperimen yaitu mengurangi citra YCr' dengan YCr'' dan juga sebaliknya sehingga didapatkan hasil citra seperti Gambar 9.

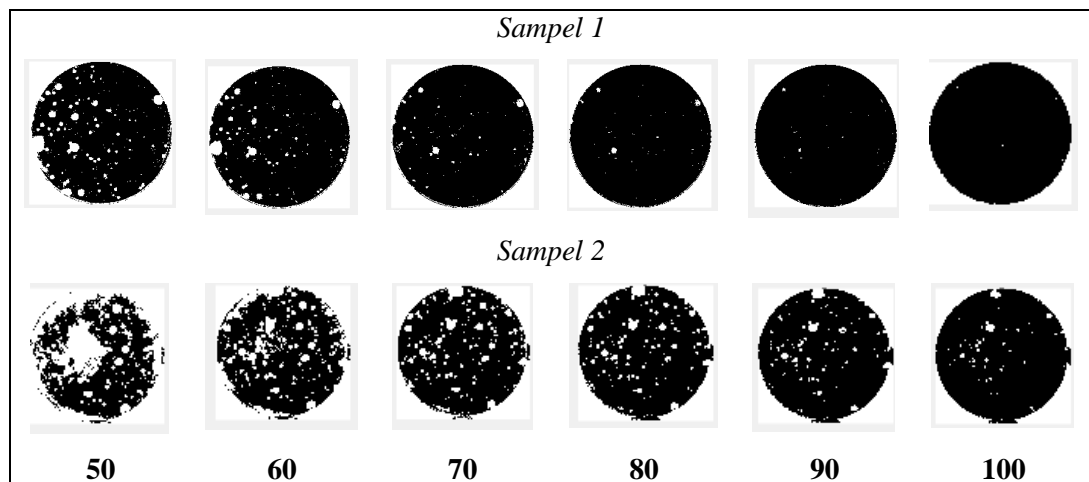


Gambar 9. Hasil pengurangan citra YCr' dengan invers YCr

Berdasarkan dari hasil Gambar 9, didapatkan bahwa citra pengurangan YCr''-YCr' atau kita namakan citra data. Karena saat citra YCr'-YCr'' hasil citra yang dihasilkan hitam, tidak terlihat obyek koloni. Setelah proses tersebut citra data tersebut ditampilkan citra histogramnya untuk mencari nilai ambang (T) untuk proses *thresholding* seperti Gambar 10. Gambar tersebut menunjukkan bahwa banyak piksel yang mempunyai nilai derajat keabuan kurang dari 50 dan piksel-piksel tersebut bukan obyek koloni melainkan *background* dari cawan petri bila kita lihat pada Gambar 10 sehingga untuk menentukan nilai ambang (T) digunakan nilai lebih dari 50, 60, 70, 80, 90 dan 100 kemudian gunakan persamaan rumus (6) sehingga mendapatkan citra biner seperti Gambar 11.



Gambar 10. (a) Citra data dan (b) histogram citra data

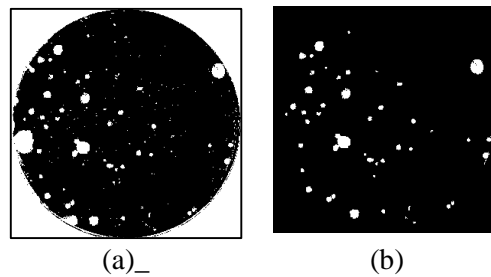


Gambar 11. Penentuan nilai ambang (T) proses *Thresholding*

Gambar 11 menunjukkan bahwa pada citra sampel 1 saat nilai ambang (T) ≥ 50 , citra biner yang dihasilkan dapat menunjukkan koloni bakteri dengan baik, jika menggunakan nilai lebih dari 50 seperti 60 sampai 100, citra biner yang dibentuk menghilangkan koloni bakteri.

Berbeda dengan citra sampel 2 saat digunakan nilai ambang $T \geq 50$, terdapat obyek besar di tengah dan hal tersebut sangat mengganggu dan membuat kerancuan sebagai koloni bakteri. Namun saat menggunakan nilai ambang $T \geq 60$, obyek besar menghilang serta membuat koloni bakteri terlihat lebih jelas. Jika menggunakan nilai 70, 80, 90 dan 100 obyek koloni bakteri semakin hilang. Maka nilai ambang yang paling baik merepresentasikan koloni bakteri yaitu 60.

Setelah proses segmentasi menggunakan teknik *thresholding*, citra biner dilakukan proses *labeling* menggunakan kedekatan 8 ketetanggaan yang selanjutnya dilakukan proses segmentasi berdasarkan area atau metode *Channel Area Thresholding (CAT)* menggunakan persamaan rumus (7). Pada citra biner (Gambar 11) terdapat dua background yang harus dipisahkan yaitu warna putih dan hitam (pada cawan petri) maka digunakan dua batas ambang yaitu $A_1 = 150$ dan $A_2 = 8000$ sehingga membuat citra biner seperti pada Gambar 12.



Gambar 12. (a) citra biner *thresholding* dan (b) citra biner CAT

Hasil citra biner setelah proses segmentasi CAT ditunjukkan pada Gambar 12 (b), disana ada koloni bakteri yang tidak tersegmentasi dikarenakan tampak menyatu dengan background putih di luar cawan petri. Salah satu kekurangan hasil bakteri dikarenakan saat pengambilan citra asli cawan petri, banyak terjadi noise yang diakibatkan oleh debu dan pinggiran dari cawan petri itu sendiri sehingga menyebabkan proses segmentasi menjadi sulit. Namun dengan menggunakan beberapa metode segmentasi, citra biner koloni bakteri bisa terlihat lebih jelas. Proses selanjutnya yaitu *labeling* citra biner untuk menghitung jumlah koloni dengan cara mencari jumlah total label pada citra biner menggunakan sintaks :

```
DD = bwlabeln(biner, 8);
label = max(max(DD));
jumlah_koloni=label;
```

Hasil perhitungan jumlah koloni dua cawan petri ditunjukkan pada Gambar 13.



Gambar 13. Tampilan perhitungan jumlah koloni bakteri pada susu segar

Selanjutnya dihitung jumlah koloni berdasarkan aturan SNI 2987:2008 baik secara perhitungan manual dan secara sistem. Untuk hasil perhitungan TPC menurut SNI 7388 : 2009 maka batas maksimum cemaran mikroba pada produk susu segar sapi (susu yang tidak dipasteurisasi) sebesar 1×10^6 CFU/ml. Hasil perbandingan perhitungan TPC secara manual dengan sistem dijabarkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan hasil perhitungan TPC manual dengan sistem

S	X	Jumlah Koloni						Perhitungan TPC		Selisih
		Manual			Sistem			Manual	Sistem	
		A	B	$\sum C$	A	B	$\sum C$			
S1	10 ⁻⁴	121	138	259	110	134	244	1,60 x 10 ⁶ CFU/ml	1,45 x 10 ⁶ CFU/ml	0,15
	10 ⁻⁵	52	41	93	41	34	75			
S2	10 ⁻⁴	135	119	254	130	86	216	1,47 x 10 ⁶ CFU/ml	1,33 x 10 ⁶ CFU/ml	0,14
	10 ⁻⁵	32	37	69	56	20	76			
S3	10 ⁻⁴	50	104	154	35	101	136	0,97 x 10 ⁶ CFU/ml	0,89 x 10 ⁶ CFU/ml	0,08
	10 ⁻⁵	30	29	59	33	27	60			
S4	10 ⁻⁴	49	93	142	48	56	104	0,75 x 10 ⁶ CFU/ml	0,47 x 10 ⁶ CFU/ml	0,28
	10 ⁻⁵	1825	4	22	0*	0*	0			
S5	10 ⁻⁴	110	59	169	74	56	130	1,08 x 10 ⁶ CFU/ml	0,85 x 10 ⁶ CFU/ml	0,23
	10 ⁻⁵	26	42	68	25	31	56			
Rata-rata selisih error										0,176
Keterangan : *Tidak ditemukan koloni mikroba S = Sampel X = Jumlah pengenceran										

Tabel 1 menunjukkan bahwa masih ada selisih ketidaktepatan (error) pada perhitungan antara sistem dengan perhitungan manual, rata-rata selisih error sebesar 0.176. Hal ini menunjukkan bahwa perlu adanya perbaikan utamanya pada proses segmentasi karena dimungkinkan ada beberapa citra sampel yang ukuran koloni menyerupai debu sehingga pada proses segmentasi menggunakan CAT koloni tersebut terhapus. Selain itu berdasarkan hasil perhitungan TPC menurut SNI 7388 : 2009 dapat diketahui bahwa sampel S3 dan S4 merupakan sampel susu segar yang aman dikonsumsi, dikarenakan baik hasil perhitungan TPC secara manual dan sistem didapatkan kurang dari 1 x10⁶ CFU/ml.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, perlunya proses persiapan pembuatan sampel susu segar pada cawan petri dengan mengurangi debu yang nantinya menjadi *noise* pada citra cawan petri. Proses segmentasi yang dilakukan yaitu kombinasi segmentasi berdasarkan nilai ambang derajat keabuan dan *channel area thresholding*. Nilai ambang area berada diantara 150 sampai 8000 piksel. Sedangkan untuk perhitungan jumlah koloni berdasarkan SNI 2987:2008 dimana jumlah koloni yang dihitung berada di range 25 hingga 250 koloni yang nantinya dihitung menggunakan perhitungan total plate count sesuai SNI 7388 : 2009. Berdasarkan hasil perhitungan TPC tersebut telah dilakukan perbandingan perhitungan TPC manual dan sistem didapatkan rata-rata selisih error sebesar 0.176. Hal tersebut dikarenakan ada beberapa citra sampel yang ukuran koloni menyerupai debu sehingga pada proses segmentasi menggunakan CAT koloni tersebut terhapus.

6. ACKNOWLEDGMENTS

Terima kasih kepada Politeknik Negeri Jember yang telah membiayai penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

[1] S. T. Soekarto, *Teknologi Hasil Ternak*, 1st ed. Bogor: PT. Penerbit IPB Press, 2020. Accessed: Dec. 22, 2021. [Online]. Available: https://www.google.co.id/books/edition/Teknologi_Hasil_Ternak/W00IEAAAQBAJ?hl=en&gbpv=1&dq=hasil+olahan+susu&pg=PA198&printsec=frontcover

[2] S. Nurtini and M. Anggriani, *Profil Peternakan Sapi Perah Rakyat di Indonesia*, 2nd ed. Yogyakarta: UGM PRESS, 2018.

[3] A. Ako, *Ilmu Ternak Perah Daerah Tropis*, 3rd ed. Bogor: PT Penerbit IPB Press, 2015.

[4] L. Arjadi, Nuswantoro, and D. W. Harjanti, "Evaluasi Cemaran Bakteri Susu yang

- Ditinjau Melalui Rantai Distribusi Susu dari Peternak hingga KUD Di Kabupaten Boyolali,” *MEDIAGRO*, vol. 13, no. 1, pp. 1–10, 2017.
- [5] O. L. Handika, V. Wanniatie, P. E. Santosa, and A. Qisthon, “Status Mikrobiologi (Total Plate Count dan *Staphylococcus aureus*) Susu Sapi Perah Di Kabupaten Tanggamus Provinsi Lampung,” *Jurnal Riset dan Inovasi Peternakan*, vol. 4, no. 3, pp. 197–204, Dec. 2020, doi: 10.23960//jrip.2020.4.3.197-204.
- [6] N. S. Anindita and D. S. Soyi, “Studi kasus: Pengawasan Kualitas Pangan Hewani melalui Pengujian Kualitas Susu Sapi yang Beredar di Kota Yogyakarta,” *Jurnal Peternakan Indonesia*, vol. 19, no. 2, pp. 96–105, Jun. 2017.
- [7] SNI 2897, “Metode pengujian cemaran mikroba dalam daging, telur dan susu, serta hasil olahannya,” 2008.
- [8] SNI 7388, “Batas Maksimum Cemaran Mikroba dalam Pangan,” 2009.
- [9] Ihsan, Rahmadwati, and H. Tolle, “Klasifikasi Dan Identifikasi Jumlah Koloni Pada Citra Bakteri Dengan Metode K-Nearest Neighbor,” *MATICS*, vol. 8, no. 2, p. 76, Sep. 2016, doi: 10.18860/mat.v8i2.3723.
- [10] D. Pradana, P. Prima Arhandi, and A. T. Firdausi, “Aplikasi Penghitung Koloni Bakteri Berbasis Android,” *Jurnal Informatika Polinema (JIP)*, pp. 23–31, 2019.
- [11] Satriyo, Suheri, and P. Yugianus, “Identifikasi dan Penghitungan Koloni Bakteri menggunakan Ekstraksi Fitur,” *Jurnal Vokasi*, vol. 14, no. 2, pp. 54–57, Dec. 2019.
- [12] P. Destarianto, A. N. Noviana, Z. E. Fitri, and A. M. N. Imron, “Detection of Essential Thrombocythemia based on Platelet Count using Channel Area Thresholding,” *Jurnal RESTI (Rekayasa Sistem dan Teknologi Informasi)*, vol. 6, no. 1, pp. 9–15, Jan. 2022, doi: 10.29207/resti.v6i1.3571.
- [13] R. Y. Wati, “Pengaruh Pemanasan Media PCA Berulang Terhadap Uji TPC di Laboratorium Mikrobiologi Teknologi Hasil Pertanian Unand,” *Jurnal TEMAPELA*, vol. 1, no. 2, pp. 44–47, 2018, doi: 10.25077/temapela.1.2.44-47.2018.
- [14] Z. E. Fitri, I. K. E. Purnama, E. Pramunanto, and M. H. Purnomo, “A comparison of platelets classification from digitalization microscopic peripheral blood smear,” *2017 International Seminar on Intelligent Technology and Its Application: Strengthening the Link Between University Research and Industry to Support ASEAN Energy Sector, ISITIA 2017 - Proceeding*, vol. 2017-Janua, pp. 356–361, 2017, doi: 10.1109/ISITIA.2017.8124109.
- [15] S. K. B. Sangeetha, S. K. Mathivanan, T. Pandi, K. A. Selvan, P. Jayagopal, and G. T. Dalu, “An Enhanced Triadic Color Scheme for Content-Based Image Retrieval,” *Mathematical Problems in Engineering*, vol. 2022, pp. 1–6, 2022, doi: 10.1155/2022/5736630.
- [16] P. Nabilla, Muh. F. Saputra, and R. A. Saputra, “Perbandingan Ruang Warna RGB, HSV dan YCBCR untuk Segmentasi Citra Ikan Kembung Menggunakan K-means Clustering,” *Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika (JATI)*, vol. 6, no. 2, pp. 476–481, 2022.
- [17] I. D. Ananto and Murinto, “Aplikasi Pengolahan Citra Mendeteksi Kualitas Cabai Berdasarkan Tingkat Kematangan Menggunakan Transformasi Warna YCbCr,” *Jurnal Sarjana Teknik Informatika*, vol. 3, no. 1, pp. 283–293, 2015.
- [18] Z. E. Fitri, L. N. Sahenda, P. S. D. Puspitasari, P. Destarianto, D. L. Rukmi, and A. M. N. Imron, “The Classification of Acute Respiratory Infection (ARI) Bacteria Based on K-Nearest Neighbor,” *Lontar Komputer : Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi*, vol. 12, no. 2, pp. 91–101, 2021.
- [19] Z. E. Fitri, A. Baskara, A. Madjid, and A. M. N. Imron, “Comparison of Classification for Grading Red Dragon Fruit (*Hylocereus Costaricensis*),” *Jurnal Nasional Teknik Elektro*, vol. 11, no. 1, pp. 43–49, 2022, doi: 10.25077/jnte.v11n1.899.2022.
- [20] Y. D. Safrida, Raihanaton, and Ananda, “Uji Cemaran Mikroba Dalam Susu Kedelai Tanpa Merek Di Kecamatan Jaya Baru Kota Banda Aceh Secara Total Plate Count (TPC),” *Serambi Engineering*, vol. 4, no. 1, p. 364, 2019.