

Ekstraksi Ciri Berbasis Wavelet Untuk Membedakan Bakteri *Lactobacillus Bulgaricus* Dan *Streptococcus Thermophilus* Pada Yogurt

Andi Sri Irtawaty¹, Adhi Susanto², Indah Soesanti³

Jurusan Teknik Elektro dan Teknologi Informasi
Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada

Email : irtawaty@yahoo.co.id¹⁾ adhisusanto@jmn.net.id²⁾ indah@mti.ugm.ac.id³⁾

Abstrak

Pesatnya perkembangan teknologi di bidang industri yogurt, telah menantang suatu rekayasa media yang inovatif dan kreatif yang diperlukan. Yogurt merupakan olahan susu asam yang berasal dari proses fermentasi yang dilakukan oleh bakteri *Lactobacillus Bulgaricus* dan *Streptococcus Thermophilus*. Yang akan dilakukan dalam penelitian ini adalah melakukan ekstraksi ciri untuk membedakan antara bakteri *Lactobacillus Bulgaricus* (LB) dan *Streptococcus Thermophilus* (ST). Secara visual, keduanya dapat dibedakan dari segi bentuk dan ukuran. LB berbentuk basil dan berukuran $0,5-0,8 \times 2-9 \mu\text{m}$, sedangkan ST berbentuk coccus dan berdiameter berukuran $< 1 \mu\text{m}$ [5] [6]. Untuk membedakan kedua jenis bakteri tersebut, diterapkan metode ekstraksi ciri berbasis Wavelet. Parameter utama yang akan dihitung yaitu level energi rata-rata dengan membandingkan 4 jenis metode wavelet, yaitu Db2, Db9, Symlet dan Coiflet. Akurasi terbaik diperoleh dari wavelet Db2, yaitu sebesar 91.15%.

Kata kunci – yogurt, ekstraksi ciri, LB, ST, wavelet Db2

1. Pendahuluan

Teknik klasifikasi bakteri telah banyak dilakukan oleh para peneliti sebelumnya, khususnya untuk membedakan antara berbagai objek, baik dari pengamatan bentuk, warna, tekstur, maupun fitur/ciri dari objek tersebut.

Sekelompok peneliti, M. Hong dkk menggunakan metode Support Vector Machine (SVM) untuk mengenali dan membedakan antara bakteri koloni heterotropik dan non koloni secara otomatis [1]. Sebagai kelanjutan penelitian tersebut, akan dilakukan ekstraksi ciri secara spesifik terhadap dua jenis bakteri koloni heterotropik yang bersifat probiotik yaitu bakteri *Lactobacillus Bulgaricus* (LB) dan *Streptococcus Thermophilus* (ST). Karena kedua bakteri tersebut merupakan starter penting yang digunakan dalam proses fermentasi yogurt. Adapun algoritma yang akan diimplementasikan dalam penelitian ini yaitu algoritma ekstraksi ciri berbasis wavelet.

Tujuan penelitian ini adalah memberi gambaran dan mempermudah para peneliti berikutnya dalam menentukan ciri antara bakteri LB dan ST.

2. Pembahasan

2.1 Landasan Teori

2.1.1 Bakteri LB dan ST

Secara visual, bakteri LB berbentuk basil (batang), sedangkan bakteri ST berbentuk coccus (bulat). Keduanya memiliki ukuran yang berbeda. LB berukuran $0,5-0,8 \times 2-9 \mu\text{m}$, sedangkan bakteri ST memiliki diameter berukuran $< 1 \mu\text{m}$ [18].

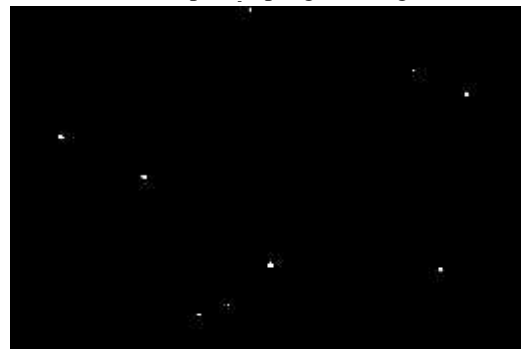
Pengambilan data citra bakteri dilakukan pada dua kondisi suhu, yaitu suhu kulkas dan suhu kamar, berdasarkan potongan-potongan frame video hasil akuisisi selama beberapa detik.

Gambar 1 menunjukkan citra bakteri pada suhu kulkas ($\leq 4^{\circ}\text{C}$) setelah proses peng-ambangan.



Gambar 1 Citra bakteri suhu kulkas

Gambar 2 menunjukkan citra bakteri pada suhu kamar ($> 4^{\circ}\text{C}$) setelah proses peng-ambangan.



Gambar 2 Citra bakteri suhu kamar

Dari kedua gambar citra tersebut, terlihat bahwa gambar 1 memiliki jumlah bakteri yang lebih banyak dibandingkan dengan gambar 2.

2.1.2 Pengolahan Citra Digital

Pengolahan citra merupakan pemrosesan citra khususnya menggunakan computer agar mudah diinterpretasi oleh manusia atau mesin. Pengolahan citra bertujuan untuk perbaikan atau modifikasi citra, penggabungan citra dengan citra lainnya, dan juga digunakan jika suatu citra perlu dikelompokkan, dicocokkan atau diukur, dihitung kuantitasnya dan masih banyak lagi manfaat lainnya. Sedangkan pengertian citra adalah kumpulan piksel-piksel yang berisi informasi yang tersusun dalam bidang dua dimensi. Secara matematis, citra merupakan fungsi kontinyu dari intensitas cahaya $f(x,y)$ [4], dimana x dan y adalah koordinat spasial dari elemen citra (piksel). Pada umumnya citra digital merepresentasi piksel-piksel dalam ruang dua dimensi dinyatakan dalam matriks yang berukuran M baris dan N kolom, seperti ilustrasi persamaan 1 berikut ini :

$$F = |f(i,j)| =$$

$$\begin{bmatrix} f(0,0) & f(0,1) & \dots & f(0,N-1) \\ f(1,0) & f(1,1) & \dots & f(1,N-1) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ f(M-1,0) & f(M-1,1) & \dots & f(M-1,N-1) \end{bmatrix} \quad (1)$$

Nilai masing-masing elemen $f(i,j)$ dalam matriks F merepresentasikan intensitas warna dari citra yang terdigitasi. Setiap nilai dinyatakan dalam bentuk kode-kode biner, misalkan dalam 24 bit per piksel (24 bpp) untuk citra berwarna atau dalam 8 bit per piksel (8 bpp) untuk citra *gray level*. Berdasarkan bagaimana sebuah citra dikodekan inilah citra dapat dikelompokkan menjadi empat jenis yaitu : (1) citra index (*index images*) yaitu nilai piksel dari citra yang mengacu pada matriks peta warna, (2) citra grayscale (*intensity images*) yaitu setiap nilai piksel yang menunjukkan intensitas tingkat keabuan dan setiap piksel didefinisikan sebesar 8 bit ($2^8 = 256$), (3) citra biner (*binary images*), direpresentasikan dengan 1 bit per piksel di mana setiap piksel hanya memiliki 2 kemungkinan nilai yakni 0 atau 1 (*on, off*), (4) citra RGB (*RGB Images*) merupakan paduan tiga intensitas warna merah, hijau dan biru dan direpresentasikan dalam matriks 3 dimensi.

2.1.3 Transformasi Wavelet

Transformasi wavelet merupakan fungsi konversi yang dapat digunakan untuk membagi suatu fungsi atau sinyal ke dalam komponen frekuensi yang berbeda yang selanjutnya komponen-komponen tersebut dapat dipelajari sesuai dengan skalanya. Wavelet merupakan sebuah fungsi variable real x , diberi notasi ψ_t dalam ruang fungsi $L^2(\mathbb{R})$. Fungsi ini dihasilkan oleh parameter dilasi dan translasi, yang dinyatakan dengan persamaan [4] :

$$\psi_{a,b}(x) = a^{-1/2} \psi\left(\frac{x-b}{a}\right); a > 0, b \in \mathbb{R} \quad (2)$$

$$\psi_{a,b}(x) = 2^{j/2} \psi(2^j x - k); j, k \in \mathbb{Z} \quad (3)$$

Ciri yang diambil adalah ciri energi pada *Gelombang Singkat (GS)*. Energi suatu tekstur menggambarkan keseragaman dari tekstur. Suatu citra homogeni mempunyai perubahan nilai keabuan yang sangat sedikit, sehingga mempunyai energi yang besar. Sebaliknya citra yang heterogen, mempunyai perubahan nilai keabuan yang banyak sehingga nilai energinya kecil. Nilai energi sendiri diambil dari 4 (empat) nilai-nilai koefisien aproksimasi (c_a), koefisien detail arah horizontal (c_h), koefisien detail arah vertical (c_v), dan koefisien detail arah diagonal (c_d) yang nilainya tergantung pada nilai GS-nya. Dengan M dan N , maka nilai-nilai untuk subblok berukuran 2×2 dapat dicari dengan rumus sebagai berikut (Misiti,2004) untuk kategori [2]:

$$c_a = \frac{1}{MN} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N c_{ij} \quad (4)$$

$$c_h = \sum_{i=1}^M c_{1i} - \sum_{i=1}^M c_{2i} \quad (5)$$

$$c_v = \sum_{i=1}^M c_{i1} - \sum_{i=1}^M c_{i2} \quad (6)$$

$$c_d = \sum_{i=1}^M c_{ii} - \sum_{i=1}^M c_{i(M-i+1)} \quad (7)$$

Perhitungan nilai energinya juga dibagi atas 4 ciri (Misiti,2004) yaitu:

1. Presentase energi yang berhubungan dengan nilai pendekatan (aproksimasi), E_a dihitung berdasarkan prosentase jumlahan kuadrat dari nilai koefisien aproksimasi c_a dibagi dengan jumlahan seluruh koefisien c (koefisien aproksimasi ditambah koefisien detail).

$$E_a = \frac{\sum c_a^2}{\sum c^2} \times 100\% \quad (8)$$

2. Presentase energi yang berhubungan dengan nilai detail pada arah horizontal, E_h dihitung berdasarkan prosentase jumlahan kuadrat dari nilai koefisien detail pada arah horizontal c_h dibagi dengan jumlahan seluruh koefisien c .

$$E_h = \frac{\sum c_h^2}{\sum c^2} \times 100\% \quad (9)$$

3. Presentase energi yang nilai berhubungan dengan nilai detail pada arah vertical, E_v dihitung berdasarkan prosentase jumlahan kuadrat dari nilai koefisien detail pada arah horizontal c_v dibagi dengan jumlahan seluruh koefisien c .

$$E_v = \frac{\sum c_v^2}{\sum c^2} \times 100\% \quad (10)$$

4. Presentase energi yang berhubungan dengan nilai detail pada arah diagonal, E_d dihitung berdasarkan prosentase jumlahan kuadrat dari nilai koefisien detail pada arah diagonal c_d dibagi dengan jumlahan seluruh koefisien c .

$$E_d = \frac{\sum c_d^2}{\sum c^2} \times 100\% \quad (11)$$

Kemudian dari keempat nilai energi tersebut, dapat dihitung nilai spectrum energinya dengan menggunakan persamaan (12).

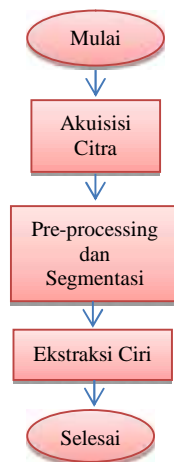
$$E = \frac{E_a + E_h + E_v + E_d}{4} \quad (12)$$

2.1.4 Thresholding

Thresholding merupakan proses pemisahan piksel-piksel berdasarkan derajat keabuan yang dimilikinya. Piksel yang memiliki derajat keabuan lebih kecil dari nilai batas yang ditentukan akan diberikan nilai 0, sementara piksel yang memiliki derajat keabuan yang lebih besar dari batas akan diubah menjadi bernilai 1.

2.2 Metodologi

Pengolahan citra pada penelitian ini akan melalui 4 tahapan utama, yaitu (1) tahap akuisisi data, (2) tahap preprocessing dan segmentasi, (3) tahap ekstraksi ciri dan (4) analisa hasil. Gambar 3 memperlihatkan skema alur tahapan penelitian.



Gambar 3 Alur tahapan penelitian

Pada tahap akuisisi data, sample yogurt dicairkan dengan akuades dengan perbandingan 1:100, lalu 0,01 ml hasil pencairan tersebut ditetaskan pada petroffhausser. Dengan bantuan mikroskop dan optilab yang terhubung ke laptop, maka didapatkan citra hasil capture.

Pada tahap kedua yaitu pre-processing dan segmentasi, dilakukan beberapa proses, meliputi konversi citra asli ke grayscale, denoising, deteksi tepi, segmentasi dan cropping.

Kemudian pada tahap ketiga yaitu tahap ekstraksi ciri, citra bakteri hasil cropping akan melalui proses dekomposisi dengan menghitung energi aproksimasi, energi horizontal, energi vertical dan energi diagonal dari bakteri hasil cropping dan merepresentasikannya secara grafis dengan mengimplementasikan beberapa metode wavelet yaitu db2, db9, sym2 dan coif1.

Tahap terakhir (tahap 4) yaitu melakukan analisa hasil. Berdasarkan hasil perhitungan keempat level energi dari setiap bakteri hasil cropping, akan dihitung level energi rata-ratanya, dimana hasil dekomposisi level energi rata-rata tersebut yang akan menjadi tolok ukur dalam membedakan bakteri *Lactobacillus Bulgaricus* (LB) dan *Streptococcus Thermophilus* (ST).

2.3 Hasil Dan Analisis

2.3.1 Sample yogurt kondisi suhu kulkas ($\leq 4^{\circ}\text{C}$)

Berdasarkan alur tahapan penelitian, tahap pertama yaitu tahap akuisisi data. Dalam penelitian ini, telah dilakukan beberapa kali pengambilan data citra bakteri dengan tujuan untuk mengamati dan menganalisa pergerakan bakteri selama beberapa detik.

Tahap kedua yaitu membaca dua gambar citra bakteri pada detik ke-0 dan detik ke-1. Setelah dikonversikan ke grayscale, kedua hasil citra grayscale tersebut dieliminasi untuk menghilangkan distorsinya. Selanjutnya proses deteksi tepi dan segmentasi berdasarkan nilai ambang (threshold). Dalam penelitian ini, nilai ambang yang digunakan adalah 20, karena hasil tampilan citra bakteri yang dihasilkan, mendekati dengan citra RGB hasil akuisisi citranya. Terlihat pada gambar 4.



Gambar 4 Data citra bakteri hasil peng-ambangan

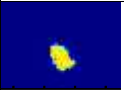









Tahap ketiga yaitu proses ekstraksi ciri. Parameter utama yang akan diukur adalah level energi rata-rata. Dengan membandingkan 4 jenis wavelet yaitu db2, db9, sym2 dan coif1, maka setelah proses cropping terhadap beberapa bakteri pada gambar 4, akan diperoleh hasil dekomposisi level energi rata-rata untuk setiap bakteri, seperti terlihat pada tabel 1. Dimana energi citra bakteri yang ditampilkan merupakan average dari energi aproksimasi (E_a), energi horizontal (E_h), Energi vertical (E_v), dan Energi diagonal (E_d).

Untuk keseragaman, akan dilakukan 10 sample data citra bakteri, baik pada suhu kulkas, maupun pada suhu kamar. Terlihat pada tabel 1 dan tabel 4, merupakan hasil perhitungan level energi untuk keempat jenis wavelet, yaitu db2, db9, sym2 dan coif1.



Gambar 5 Spektrum energi citra bakteri pada suhu Kulkas

Tabel 1 Level energi citra bakteri suhu kulkas

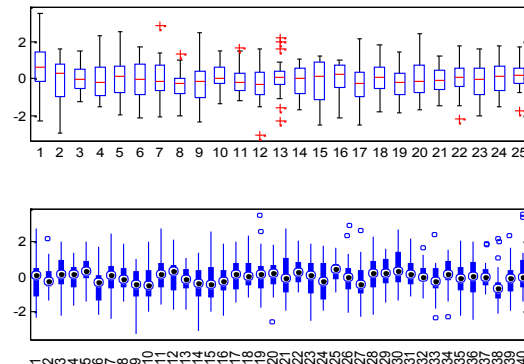
No	Bakteri	Energi rata - rata			
		Db2	Db9	Sym2	Coif1
1		21.00	21.80	22.24	22.08
2		20.99	20.86	20.99	21.08
3		22.24	20.77	21.39	21.29
4		21.39	22.80	23.60	23.66
5		23.60	35.22	35.93	36.13
6		35.94	21.57	21.74	21.96
7		21.74	30.71	30.15	36.01
8		30.15	33.33	35.04	28.13
9		23.44	23.16	22.73	23.16
10		22.38	21.4	21.72	21.57

Dari tabel 1 di atas, terlihat citra bakteri 6 dan 8 memiliki ukuran yang sangat kecil. Berdasarkan perbandingan hasil dekomposisi keempat jenis wavelet (db2, db9, sym2 dan coif1), terlihat pada kolom db2, level energi citra bakteri 6 dan 8 memiliki nilai energi yang hampir sama, yaitu sebesar 35.94 dan 30.15. Sedangkan untuk citra bakteri lainnya memiliki nilai energi kurang dari 30. Sedangkan pada kolom db9, sym2 dan coif1, nilai energi bakteri 6 dan 8 berbeda, dimana pada bakteri 6 energinya kurang dari 30, sedangkan pada bakteri 8 lebih dari 30. Bahkan terjadi penyimpangan, dimana bakteri 5 dan 7 yang secara visual ukurannya lebih besar, namun memiliki level energi di atas 30. Ini berarti bahwa dekomposisi menggunakan wavelet db2 lebih akurat daripada dekomposisi wavelet db9, sym2 dan coif1. Dari segi ukurannya, bakteri 6 dan 8 digolongkan jenis *Streptococcus Thermophilus*, sedangkan bakteri lainnya adalah *Lactobacillus Bulgaricus*.

Berdasarkan data tabel 1, jika ditentukan energi bakteri LB berada pada range $20 \leq x < 30$, sedangkan

energi bakteri ST yaitu ≥ 30 , maka prosentase error absolut data db2 dapat dihitung untuk menentukan akurasi kerjanya.

Persebaran titik-titik citra bakterinya terlihat pada gambar 6. Tanda (+) merupakan bakteri LB, sedangkan tanda (o) merupakan bakteri ST. Gambar 6 memperlihatkan persebaran titik citra bakteri pada suhu kulkas.



Gambar 6 Persebaran titik citra bakteri pada suhu kulkas

Tabel 2 Prosentase error absolute dan akurasi kinerja db2

Bakteri	E_{db2}	Standar Energi	Error (%)
1	21.00	20	4.76
2	20.99	20	4.72
3	22.24	20	10.07
4	21.39	20	6.5
5	23.60	20	15.25
6	35.94	30	16.53
7	21.74	20	8
8	30.15	30	0.5
9	23.44	20	14.68
10	22.38	20	10.63
Error absolute rata-rata			8.76
Akurasi			91.24

Ternyata prosentase akurasi kinerja wavelet db2 dalam menghitung dekomposisi energi citra bakteri pada suhu kulkas cukup bagus yaitu 91.24%.

Jika hasil tabel 2 dibandingkan dengan prosentase akurasi kinerja db9, sym2 dan coif1 terhadap db2 pada tabel 3, maka terlihat bahwa akurasi kinerja db2 jauh lebih baik.

Tabel 3 Prosentase akurasi kinerja wavelet db9, sym2 dan coif1 pada suhu kulkas

Standar	db9		Sym2		Coif1	
	E_{db9}	Error (%)	E_{sym2}	Error (%)	E_{coif1}	Error (%)
20	21.80	8.26	22.24	10.07	22.08	9.42
20	20.86	4.12	20.99	4.72	21.08	5.12
20	20.77	3.71	21.39	6.50	21.29	6.06
20	22.80	12.28	23.60	15.25	23.66	15.47
20	35.22	43.21	35.93	44.34	36.13	44.64
30	21.57	39.08	21.74	37.99	21.96	36.61
20	30.71	34.87	30.15	33.67	36.01	44.46
30	33.33	9.99	35.04	14.38	28.13	6.65
20	23.16	13.64	22.73	12.01	23.16	13.64

20	21.4	6.54	21.72	7.92	21.57	7.28
Error		17.57	Error	18.68	Error	18.94
Akurasi		82.43	Akurasi	81.32	Akurasi	81.06

2.3.2 Sample yogurt kondisi suhu kamar (>4°C)

Tahapan dan analisa data sama dengan sample citra bakteri pada suhu kulkas. Setelah melalui tahap pre-processing dan segmentasi berdasarkan nilai ambang ukuran citra, dalam penelitian ini digunakan nilai ambang sebesar 15, maka hasilnya terlihat pada gambar 6.



Gambar 7 Data citra bakteri hasil peng-ambangan

Tahap selanjutnya yaitu proses ekstraksi ciri. Dengan mengimplementasikan 4 jenis wavelet yaitu db2, db9, sym2 dan coif1, maka setelah proses cropping terhadap beberapa bakteri pada gambar 4, akan diperoleh hasil dekomposisi level energi rata-rata untuk setiap bakteri, seperti terlihat pada tabel berikut :

Tabel 4 Level energi citra bakteri suhu kamar

No	Bakteri	Energi rata - rata			
		Db2	Db9	Sym2	Coif1
1		21.45	21.25	21.45	21.54
2		21.49	21.25	21.49	21.41
3		22.79	21.85	22.19	22.71
4		33.36	32.03	33.36	35.61
5		21.35	21.16	21.35	21.41
6		22.17	21.20	22.17	22.02
7		21.13	21.02	21.13	21.21

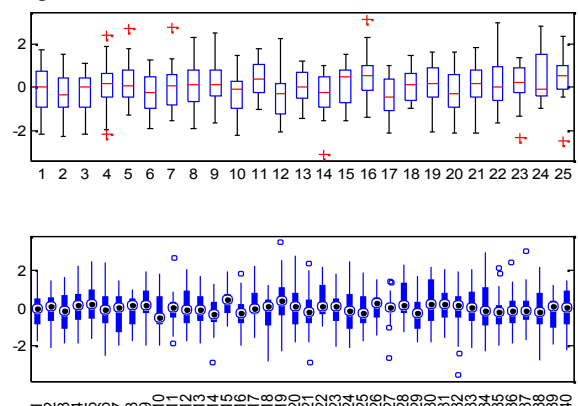
8		35.94	35.33	35.94	36.13
9		21.82	21.74	21.82	22.01
10		21.53	21.29	21.53	21.42

Dari tabel 4 di atas, terlihat citra bakteri 4 dan 8 memiliki ukuran yang sangat kecil. Berdasarkan perbandingan hasil dekomposisi untuk keempat jenis wavelet (db2, db9, sym2 dan coif1), terlihat pada kolom db2, level energi citra bakteri 4 dan 8 memiliki energi yang hampir sama, yaitu sebesar 33.36 dan 35.94. Sedangkan untuk citra bakteri lainnya memiliki energi kurang dari 30. Demikian pula pada kolom db9, sym2 dan coif1, energi bakteri 4 dan 8 juga cenderung sama, sedangkan untuk bakteri lainnya kurang dari 30. Berarti bakteri 4 dan 8 digolongkan jenis Streptococcus Thermophilus, sedangkan bakteri lainnya adalah Lactobacillus Bulgaricus. Gambar 8 memperlihatkan spectrum energi citra bakteri pada suhu kamar menggunakan metode wavelet db2.



Gambar 8 Spektrum energi citra bakteri pada suhu kamar

Persebaran titik citra bakteri pada suhu kamar terlihat pada gambar 9.



Gambar 9. Persebaran titik citra bakteri suhu kamar

Berdasarkan data tabel 4, maka prosentase error absolute dan akurasi kinerja wavelet db2 untuk citra bakteri pada suhu kamar dapat dihitung. Terlihat pada tabel 5.

Tabel 5 Prosentase error absolute dan akurasi kinerja db2

Bakteri	E _{db2}	Standar Energi	Error (%)
1	21.45	20	6.76
2	21.49	20	6.93
3	22.79	20	12.24
4	33.36	30	10.07
5	21.35	20	6.32
6	22.17	20	9.79
7	21.13	20	5.35
8	35.94	30	16.53
9	21.82	20	8.34
10	21.53	20	7.11
Error absolute rata-rata			8.94
Akurasi			91.06

Ternyata prosentase akurasi kinerja wavelet db2 dalam menghitung dekomposisi energi citra bakteri pada suhu kulkas cukup bagus yaitu 91.06%.

Demikian pula prosentase akurasi kinerja db9, sym2 dan coif1. Terlihat energi untuk keempat jenis wavelet tersebut hampir sama, maka standar energi yang digunakan yaitu seperti terlihat pada tabel 6.

Tabel 6 Prosentase akurasi kinerja wavelet db9, sym2 dan coif1 pada suhu kamar

Standar Energi	db9		Sym2		Coif1	
	E _{db9}	Error (%)	E _{sym2}	Error (%)	E _{coif1}	Error (%)
20	21.25	5.88	21.45	6.76	21.54	7.15
20	21.25	5.88	21.49	6.93	21.41	6.59
20	21.85	8.47	22.19	9.87	22.71	11.93
30	32.03	6.34	33.36	10.07	35.61	15.75
20	21.16	5.48	21.35	6.32	21.41	6.59
20	21.20	5.66	22.17	9.79	22.02	9.17
20	21.02	4.85	21.13	5.35	21.21	5.70
30	35.33	15.09	35.94	16.53	36.13	16.97
20	21.74	8.00	21.82	8.34	22.01	9.13
20	21.29	6.06	21.53	7.11	21.42	6.63
Error		7.17	Error	8.71	Error	9.56
Akurasi		92.83	Akurasi	91.29	Akurasi	90.44

Dari analisa di atas maka prosentase akurasi kinerja wavelet db2 untuk citra bakteri suhu kulkas dan suhu kamar seperti terlihat pada tabel 7.

Tabel 7 Prosentase akurasi kinerja wavelet db2, db9, sym2 dan coif1

Jenis Wavelet	Akurasi (%) suhu kulkas	Akurasi (%) suhu kamar	Akurasi (%) rata-rata
Db2	91.24	91.06	91.15
Db9	83.83	92.83	88.33
Sym2	83.33	91.29	87.31
Coif1	83.04	90.44	86.74

3. Kesimpulan

Metode wavelet db2 ternyata memiliki prosentase akurasi kinerja terbaik dalam menentukan dekomposisi energi dari citra bakteri *Lactobacillus Bulgaricus* dan *Streptococcus Thermophilus* [2] yaitu sebesar 91.15%

dibandingkan dengan wavelet db9 (88.33%), sym2 (87.31%) dan coif1 (86.74%) .

Dari 20 sample citra bakteri yang diuji, 10 pada suhu kulkas dan 10 pada suhu kamar, ternyata hanya ada 4 jenis bakteri yang termasuk jenis *Streptococcus Thermophilus*, sedangkan 16 lainnya termasuk jenis *Lactobacillus Bulgaricus*.

Berdasarkan hasil pengujian, energi rata-rata dari bakteri *Streptococcus Thermophilus* adalah ≥ 30 , sedangkan energi rata-rata bakteri *Lactobacillus Bulgaricus* berada pada range $20 \leq x < 30$. Ini berarti bahwa semakin kecil ukuran citra, maka nilai energinya semakin besar [3].

Pada penelitian berikutnya, sistem ini dapat dikembangkan lebih lanjut dengan menentukan kecepatan gerak masing-masing citra bakteri berdasarkan titik koordinat jarak perpindahannya.

Referensi

- [1] M. Hong, W. Yujie, G. Yanchun, K. Zhen, X. Zhiming, and Y. Shanrang, "Application of Support Vector Machine to Heterotrophic Bacteria Colony Recognition," in *Computer Science and Software Engineering, 2008 International Conference on*, 2008, pp. 830-833.
- [2] Sutarno, "Analisis perbandingan transformasi wavelet pada pengenalan citra wajah", Vol.5, No.2, Juli 2010.
- [3] Abdul Kadir, Adhi Susanto, "Teori dan Aplikasi Pengolahan Citra", 2013.
- [4] R.C. Gonzales and R.E. Wood, "Digital Image Processing, Second Edition", *Prentice Hall*, 2002.
- [5] "Pertumbuhan bakteri", http://file.upi.edu/direktori/fpmipa/jur._pend._biologi/196805091994031-kusnadi/buku_common_text_mikrobiologi_kusnadi_dkk_bab_iv_pertumb.bakteri.pdf
- [6] "Pemilihan dan penanganan starter bakteri di tingkat industri", <http://staff.umud.ac.id/~semadiantara/wp-content/uploads/2012/06/Pemilihan-dan-Penanganan-Starter-Yoghurt-di-Tingkat-Industri.pdf>

Biodata Penulis

Andi Sri Irtawaty, S.T, memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T), Jurusan Teknik Elektro Universitas Hasanuddin Makassar, lulus tahun 1999. Saat ini menjadi Dosen di Politeknik Negeri Balikpapan.

Prof. Adhi Susanto, M.Sc, Ph.D, memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si), Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Gadjah Mada, lulus tahun 1964. Gelar Master Science (M.Sc), Jurusan Electrical Engineering, University of California, Davis, lulus tahun 1966. Gelar Doktor (Ph.D) di Jurusan Electrical and Computer Engineering, University of California, Davis, lulus tahun 1986.

Dr. Indah Soesanti, S.T, M.T, memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T), Jurusan Teknik Elektro Universitas Gadjah Mada, lulus tahun 1998. Gelar Master (M.T) di Pasca Sarjana Teknik Elektro UGM, lulus tahun 2001. Gelar Doktor (Dr) di Pasca sarjana Teknik Elektro UGM, lulus tahun 2011.