

Rancang Bangun Mesin Sortir Buah Tomat Berdasarkan Tingkat Kematangan Dengan Metode Neural Networks

Siti Mutia Maharani¹, Yusuf Sofyan², Adnan Rafi Al Tahtawi³

¹Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40559
E-mail : siti.mutia.toi18@polban.ac.id

²Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40559
E-mail : yusufsofyan@polban.ac.id

³Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40559
E-mail : adnan.rafi@polban.ac.id

ABSTRAK

Tomat adalah salah satu tanaman hortikultura yang memiliki prospek pasar yang menjanjikan. Tidak heran, banyak pelaku usaha dalam bidang pertanian melirik buah tersebut. Hal ini tentu harus diimbangi dengan kualitas buah yang baik. Salah satu penilaian kualitas buah tomat dapat dilihat dari warna buah. Namun dalam proses pemilihannya masih secara manual dan melibatkan manusia sebagai pengambil keputusan. Cara tersebut dapat menimbulkan perbedaan persepsi dalam menilai kualitas buah karena keterbatasan visual manusia. Dengan demikian, diperlukan suatu sistem yang dapat mengklasifikasi buah tomat sehingga adanya penyeragaman produk untuk meningkatkan kualitas buah. Pada penelitian ini, digunakan mesin sortir berupa konveyor untuk menyortir buah tomat berdasarkan tingkat kematangannya. Kategori tomat yang digunakan adalah tomat merah atau tomat sayur. Buah tomat diklasifikasikan menjadi tiga tingkat kematangan yaitu mentah, setengah matang dan matang. Tahap awal penelitian adalah pengumpulan data citra tomat. Selanjutnya melakukan tahap *pre-processing*, lalu diekstrak fitur warnanya berdasarkan nilai RGB. Dari data tersebut akan diklasifikasi tingkat kematangannya menggunakan metode jaringan syaraf tiruan *Learning Vector Quantization* (LVQ). Pada penelitian ini juga ditambahkan metode *image processing* untuk mengolah citra yang ditangkap oleh Pi Camera. Dari penelitian yang dilakukan, identifikasi tingkat kematangan buah tomat dengan metode LVQ sudah dapat mengklasifikasi dengan tingkat akurasi sebesar 56,7%.

Kata Kunci

Tomat sayur; Learning Vector Quantization (LVQ; Image processing.

1. PENDAHULUAN

Banyak penelitian sebelumnya mengenai sistem klasifikasi buah tomat dengan berbagai metode salah satunya memanfaatkan metode kendali cerdas seperti pada penelitian [1] yang mengelompokkan buah tomat berdasarkan tingkat kematangan dengan metode LVQ dan metode pengolahan citra. Hasil Akurasi tertinggi mencapai 87,25% dari 400 citra uji pada skenario nilai laju pembelajaran 0,3 dengan ukuran citra 600x600 *pixel*, dan skenario laju pembelajaran 0,5 dan 600x600 *pixel*. Pada penelitian [2] juga menggunakan metode LVQ untuk mengidentifikasi citra tomat yang mengandung pestisida dan tomat tanpa pestisida diperoleh akurasi sebesar 98.75%.

Selain menggunakan metode LVQ, klasifikasi buah tomat juga dapat menggunakan metode *Backpropagation* seperti pada penelitian [3] yang menggunakan metode PCA untuk memproyeksikan data citra dan metode *Backpropagation* diterapkan untuk melakukan proses identifikasi dan menunjukkan tingkat ketepatan dengan akurasi mencapai 76,7%. Pada penelitian [4] metode *Backpropagation* juga diterapkan untuk mengklasifikasi kematangan TBS kelapa sawit yang dikombinasikan dengan metode *image processing*. Program RGB berhasil mengklasifikasi 79 dari 116 TBS atau sebesar 16,57 % dan program HSV berhasil mengklasifikasi 106 dari 116 TBS atau sebesar 49,07%.

Sistem identifikasi tomat juga diimplementasikan dalam bentuk mesin sorting seperti pada penelitian [5] yang menyortir buah tomat varietas 'tw' berdasarkan tingkat kematangan dengan menggunakan metode LVQ dan *image processing* menghasilkan tingkat akurasi sebesar 83,75 % untuk pengambilan citra secara tidak bergerak atau diam serta 83,33% untuk pengambilan citra secara bergerak pada belt *conveyor*. Lalu pada penelitian [6] membuat perangkat Sortasi buah tomat dengan kategori tingkat kematangan dan kriteria berat yang diloloskan adalah 50-100gr. Penelitian ini menggunakan metode *image processing* dengan tingkat keberhasilan penyortiran tomat berdasar berat dan warna mencapai 95,33% dengan rata-rata *error* pengukuran sebesar 4,67%. Penelitian [7] melakukan penyortiran buah tomat dengan sensor warna RGB TCS3200 dan mikrokontroler arduino uno berdasarkan kategori matang dan mentah. Sistem tersebut memiliki tingkat akurasi 93,33%. Selain pada buah tomat, mesin sortir ini juga diterapkan pada buah lainnya seperti pada penelitian [8] yang menyortir buah Lemon menggunakan sensor *Load cell* dan mikrokontroler arduino uno dengan batas maksimal 10kg dikategorikan berdasarkan ukuran kecil, sedang dan besar dan penelitian [9] yang menyortir buah mangga berdasarkan warna, volume, ukuran, bentuk dan kepadatan buah menggunakan metode JST dan *Image processing*.

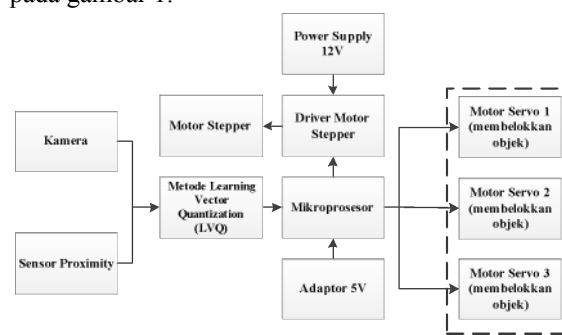
Dari tinjauan pustaka di atas dapat kita ketahui bahwa metode LVQ lebih baik dibandingkan dengan metode *Backpropagation* dalam sistem klasifikasi. Selanjutnya pada penelitian ini, sistem klasifikasi tomat akan diterapkan pada sebuah konveyor. Konveyor ini akan menyortir buah tomat berdasarkan tingkat kematangan. Metode LVQ tersebut akan dikombinasikan dengan *image processing* untuk mengolah citra yang ditangkap melalui sebuah kamera agar citra dapat ditangkap dengan jelas. Pada sistem ini juga digunakan sebuah sensor *proximity* untuk membantu kamera menginputkan tomat yang diekstrak fiturnya. Citra tomat diekstrak fitur warnanya berdasarkan nilai RGB. Untuk meningkatkan analisis fitur warna citra digunakan nilai *mean*, standar deviasi dan variannya.

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini dibagi ke dalam beberapa sub bagian untuk mempermudah perancangan sistem.

17.20 Diagram Blok Sistem

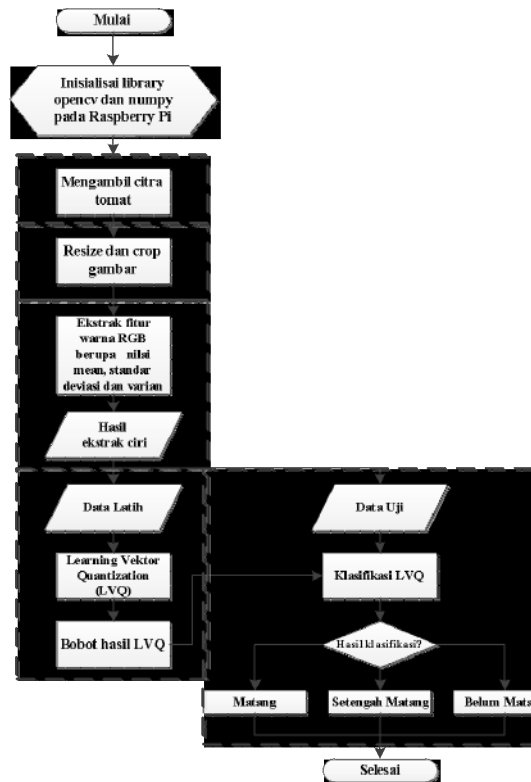
Pada sistem ini, input berupa citra buah tomat yang ditangkap oleh kamera dan sensor *proximity infrared* sebagai pendeteksi benda. Setelah itu, data tersebut akan diolah menggunakan metode *Learning Vector Quantization* (LVQ) untuk mengklasifikasi tomat ke dalam tiga kategori. Hasil klasifikasi tersebut dikirim ke mikroprosesor. Lalu, mikroprosesor memerintahkan motor *stepper* sebagai penggerak konveyor. Jika hasil klasifikasi buah tomat belum matang maka motor servo 1 akan aktif untuk membelokkan *stopper*. Jika hasil klasifikasi buah tomat setengah matang maka motor servo 2 yang akan aktif untuk membelokkan *stopper*. Jika hasil klasifikasi buah matang maka motor servo 3 akan aktif untuk membelokkan *stopper*. Diagram blok sistem ini ditunjukkan pada gambar 1.



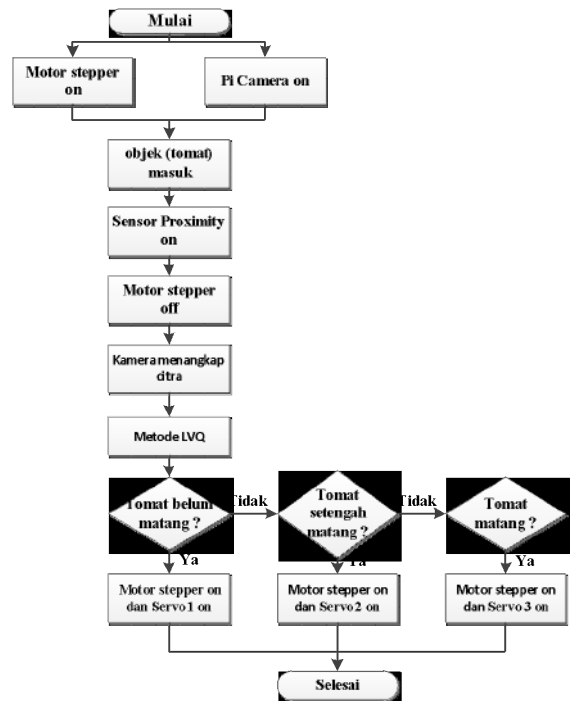
Gambar 30 Diagram Blok Sistem

17.21 Diagram Alir Sistem

Sistem ini terbagi menjadi lima tahap yaitu pengumpulan data, *pre-processing*, ekstrak fitur, *training* data dan pengujian data. Pengumpulan data ini digunakan untuk data latih. Citra tomat yang digunakan untuk data latih sebanyak 48 citra yaitu 16 citra tomat matang, 16 citra tomat setengah matang dan 16 citra tomat belum matang. Setelah itu dilakukan tahap *pre-processing*, dimana citra buah tomat akan di *cropping* dan di *resize* menjadi 100x100 *pixel*. Lalu, citranya diekstrak berdasarkan fitur warna RGB berupa nilai *mean*, standar deviasi dan variannya. Selanjutnya dilakukan proses pelatihan algoritma LVQ untuk menghitung bobot optimal sehingga menghasilkan bobot terbaik. Tahap yang terakhir adalah pengujian. Pada pengujian ini, bobot yang dihasilkan pada proses pelatihan akan diuji menggunakan citra tomat yang akan diujikan. Hasil klasifikasi dari sistem terdapat tiga kategori yaitu matang, setengah matang dan belum matang. Diagram alir */flowchart* dari sistem ditunjukkan pada gambar 2.



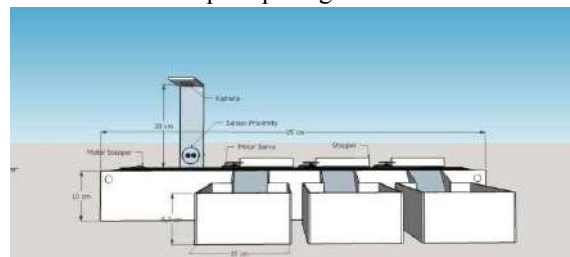
Gambar 31 Diagram Alir Cara Kerja Sistem
Sedangkan untuk diagram alir/flowchart secara keseluruhan ketika sistem on, motor *stepper* dan kamera akan aktif (on). Jika terdapat buah tomat, sensor *proximity* aktif dan motor *stepper* berhenti. Lalu kamera akan menangkap citra tomat sebagai input. Jika hasil klasifikasi menunjukkan kategori belum matang maka servo 1 akan aktif. jika hasil klasifikasi menunjukkan kategori setengah matang maka servo 2 akan aktif dan jika hasil klasifikasi menunjukkan kategori matang maka servo 3 akan aktif. Diagram alir/flowchart secara keseluruhan sistem ditunjukkan pada gambar 3.



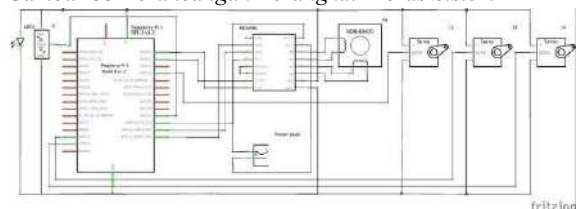
Gambar 32 Diagram Alir Kerja Alat

17.22 Perancangan Perangkat Keras Sistem

Sistem ini memiliki beberapa perangkat keras yang menunjang kinerja dari keseluruhan sistem. Perangkat keras yang dibutuhkan adalah *conveyor belt*, mikroprosesor, motor *stepper*, motor servo, kamera dan personal komputer. Pada perancangan perangkat keras ini terdapat desain dari perangkat keras seperti pada gambar 4 dan rangkaian skematik sistem seperti pada gambar 5.



Gambar 33 Perancangan Perangkat Keras Sistem

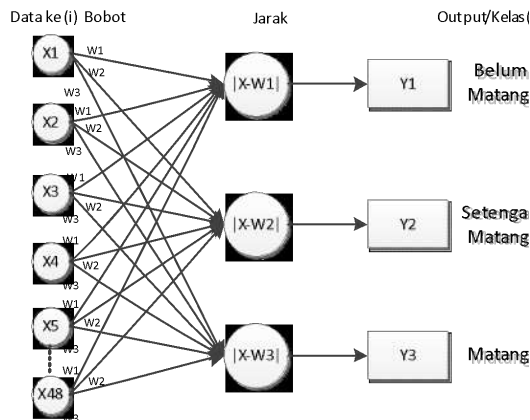


Gambar 34 Perancangan Rangkaian Sistem

17.23 Perancangan Sistem

Pada sistem ini terdapat beberapa tahapan yaitu sebagai berikut :

1. Tahap pengumpulan data yaitu pada tahap ini citra ditangkap menggunakan kamera. Data citra yang diambil sebagai data latih berjumlah 48 citra yaitu 16 citra tomat matang, 16 citra tomat setengah matang dan 16 citra tomat belum matang.
2. Tahap *Pre-Processing* dilakukan pemotongan dan *resize* citra tomat 100x100 *pixel* sebelum dilakukan ekstraksi fitur.
3. Tahap ekstraksi fitur warna yaitu tahap dimana citra buah tomat akan diekstrak berdasarkan fitur warna RGB berupa nilai *mean*, nilai standar deviasi dan nilai variansinya. Parameter tersebut merupakan pengukuran yang dapat digunakan untuk menganalisis citra berdasarkan fitur warna. Parameter tersebut juga menyatakan distribusi normal yang dapat dikenali dari warna. Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan parameter tersebut.
4. Tahap klasifikasi buah tomat menggunakan metode LVQ terdiri dari tahapan pelatihan dan pengujian. Metode LVQ memiliki arsitektur jaringan seperti yang ditunjukkan pada gambar 6.



Gambar 35 Arsitektur LVQ

Beberapa langkah-langkah yang dilakukan dalam metode LVQ yaitu sebagai berikut :

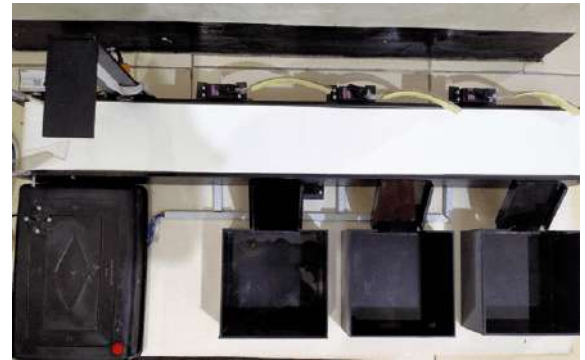
- Menginisialisasi vektor masukan/data ekstraksi fitur (x) beserta kelas/targetnya (Tx), vektor perwakilan (w) setiap kelas sebagai bobot awal, nilai maksimum iterasi (*epoch*=10), laju pembelajaran ($\alpha = 0.1$), dan pengurangan laju pembelajaran
- Memeriksa kondisi berhenti pada iterasi, jika kondisi sudah mencapai maksimum maka berhenti, jika tidak maka lakukan langkah berikutnya.
- Melakukan langkah 3 s.d 7 untuk setiap vektor masukan (x)
- Menghitung Jarak *euclidean* (J) antara vektor w dan vektor x, kemudian ambil

target (Tp) dari vektor pemenang yaitu jarak yang terkecil.

- Memperbarui nilai vektor w Jika $T_x = T_p$, maka perbarui bobot menggunakan persamaan: $w_{ij}(\text{baru}) = w_{ij}(\text{lama}) + \alpha (x_{ij} - w_{ij}(\text{lama}))$. Jika $T_x \neq T_p$, maka perbarui bobot menggunakan persamaan: $w_{ij}(\text{baru}) = w_{ij}(\text{lama}) - \alpha (x_{ij} - w_{ij}(\text{lama}))$
- Memperbarui nilai α dengan mengurangi nilai α .

17.24 Realisasi Perancangan Perangkat Keras

Realisasi perancangan perangkat keras sistem dapat dilihat pada gambar 7



Gambar 36 Realisasi Perangkat Keras

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian dilakukan untuk menunjukkan bahwa alat yang telah dibuat dapat bekerja sesuai dengan rancangan dan ruang lingkup sistem. Pembahasan yang dilakukan mengenai hasil pelatihan data dan hasil pengujian data menggunakan metode LVQ.

3.1 Pelatihan Data (Training Data)

Total citra yang dihasilkan sebanyak 48 citra. Hasil pemotongan dan *resize* 100x100 *pixel* citra pada penelitian ini terdapat pada gambar 8.



Gambar 37 Hasil Pemotongan Citra Buah Tomat
(a)Matang; (b) Setengah Matang; (c) Belum Matang

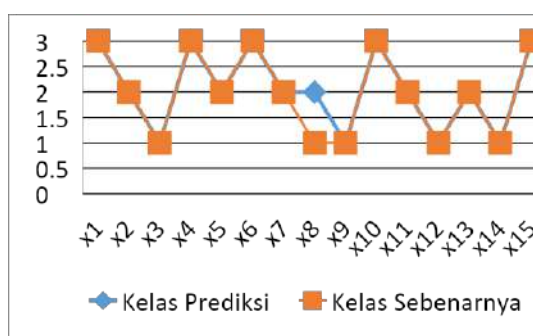
Selanjutnya data citra tomat diekstraksi fitur warna RGB berupa nilai *mean*, nilai standar deviasi dan nilai variansi citra sehingga dimana satu data latih (x) memiliki sembilan fitur yaitu fitur B (nilai *mean Blue*), G (nilai *mean Green*), R (nilai *mean Red*), Std_B (nilai standar deviasi *Blue*), Std_G (nilai standar deviasi *Green*), Std_R (nilai standar deviasi *Red*), Var_B (nilai variansi *Blue*), Var_G (nilai variansi *Green*) dan Var_R (nilai variansi *Red*).

Dengan *learning rate* bernilai 0.1, jumlah iterasi (*epoch*) 10 dan bobot awal yang

terdapat pada tabel 1 akan dilakukan *training* data. Bobot awal ini ditentukan dari data latih, masing-masing satu data per kelasnya. Prediksi akurasi identifikasi tingkat kematangan tomat ini dapat diketahui saat *training*. Untuk melakukan prediksi tersebut, data latih di *split* dengan komposisi data 70% sebagai data latih dan 30% sebagai data uji. Gambar 9 menunjukkan tingkat akurasi sistem pada saat training data.

Tabel 20 Bobot Awal

Kelas	Blue	Green	Red	Std_B	Std_G	Std_R	Var_B	Var_G	V
1	0,44194	-1,9961	0,48272	0,24534	0,88346	-0,5126	0,24583	0,88266	-0
2	-1,5354	-0,0372	-0,2683	-1,8422	-0,9489	-0,1682	-1,8452	-0,9483	-0
3	0,10396	1,70125	-0,9903	0,38646	-0,6696	-0,3216	0,3868	-0,6684	-0



Gambar 38 Grafik Akurasi Sistem pada saat Training Data

Dari gambar 9 dapat kita ketahui tingkat akurasi yang didapatkan pada saat *training* data dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\text{Akurasi} = \frac{14}{15} \times 100\% = 93\%$$

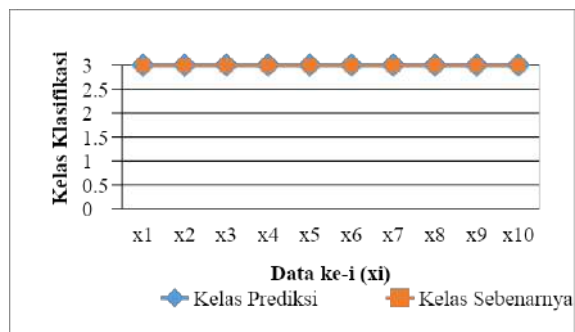
Dari pelatihan data tersebut diperoleh bobot baru sebagai bobot optimal untuk menghasilkan bobot terbaik yang terdapat pada tabel 3.

Tabel 21 Bobot Baru

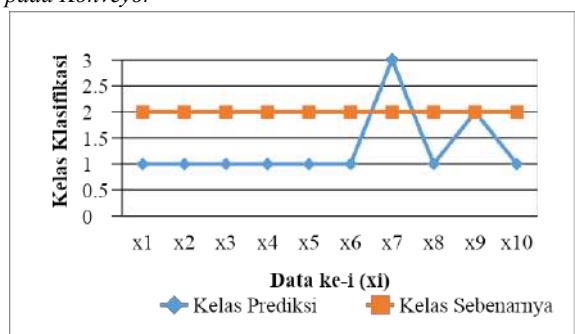
Kelas	Blue	Green	Red	Std_B	Std_G	Std_R	Var_B	Var_G	V
1	1,4422	-1,224	1,1766	1,15946	1,60607	1,3672	1,15898	1,60483	1
2	-1,0192	-0,5695	0,63034	-1,1339	-0,25	0,52293	-1,1358	-0,2478	0
3	-0,1755	1,83976	-1,8352	-0,2618	-0,4432	-0,0193	-0,2617	-0,4436	-0

3.2 Pengujian Sistem pada Konveyor

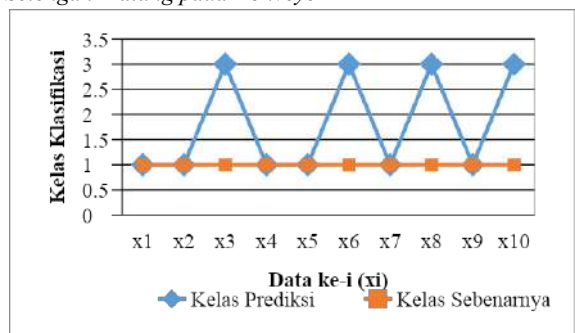
Pada pengujian data dikonveyor, hasil citra tomat yang diekstrak fiturnya, di uji dengan nilai bobot baru yang didapatkan pada pelatihan data. Hasil hasil klasifikasinya terdapat pada gambar 10, 11 dan 12.



Gambar 39 Grafik Hasil Klasifikasi Tomat Matang pada Konveyor



Gambar 40 Grafik Hasil Klasifikasi Tomat Setengah Matang pada Konveyor



Gambar 41 Grafik Hasil Klasifikasi Tomat Belum Matang pada Konveyor

Dari gambar 10 dapat diketahui bahwa terdapat 10 buah tomat matang dari 10 buah tomat yang sesuai dengan kelas sebenarnya. Dari gambar 11 dapat diketahui satu buah tomat setengah matang dari 10 buah tomat yang sesuai dengan kelas sebenarnya. Sedangkan pada gambar 12, terdapat 6 buah tomat belum matang dari 10 buah tomat yang sesuai dengan kelas sebenarnya sehingga dapat dihitung akurasi dari klasifikasi menggunakan metode LVQ sebagai berikut:

- Akurasi tomat matang = $\frac{10}{10} \times 100\% = 100\%$
- Akurasi tomat setengah matang = $\frac{1}{10} \times 100\% = 10\%$
- Akurasi tomat belum matang = $\frac{6}{10} \times 100\% = 60\%$
- Akurasi sistem keseluruhan = $\frac{17}{30} \times 100\% = 56,7\%$

Adanya *error* saat pengujian dikarenakan pada saat kamera menangkap citra, tampilan

di kamera tidak sama dengan kondisi secara *realtime* sehingga terdapat *delay* yang menyebabkan hasil *capture* tidak menangkap permukaan buah tomat secara tepat. Selain itu juga, pemilihan tomat untuk dataset dan data uji sangat mempengaruhi kemampuan sistem dalam mengidentifikasi buah. Adanya perbedaan pencahayaan pada saat pengambilan dataset dan juga pengujian sangat berpengaruh dalam ekstraksi fitur.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang sudah dilakukan dapat disimpulkan bahwa rancang bangun mesin sortir buah tomat menggunakan metode LVQ dalam klasifikasi buah tomat berdasarkan tingkat kematangannya mendapatkan tingkat akurasi yaitu sebesar 56,7 % dimana untuk kategori buah tomat matang tingkat akurasi sebesar 100%, kategori tomat setengah matang tingkat akurasi sebesar 10% dan kategori tomat belum matang tingkat akurasi sebesar 60%. Waktu yang dapat ditempuh sistem dalam melakukan satu kali penyortiran yaitu 9 detik.

Untuk pengembangan penelitian selanjutnya perlu diperhatikan saat proses penangkapan citra karena dapat mempengaruhi hasil ekstraksi fiturnya. Perlu diperhatikan juga penentuan buah tomat pada saat *training* maupun pengujian. Sebaiknya pada saat *training*, ekstrak citra pada buah tomat dilakukan secara menyeluruh, tidak hanya satu sisi saja. Selain itu, adanya pengendalian pencahayaan karena pantulan cahaya pada buah dapat mempengaruhi proses ekstraksi.

5. UCAPAN TERIMAKASIH

Tim peneliti mengucapkan terimakasih kepada Politeknik Negeri Bandung atas bantuan pendanaan penelitian kelompok A1.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Sanjaya, "Penerapan *Learning Vector Quantization* Pada Pengelompokan Tingkat Kematangan Buah Tomat Berdasarkan Warna Buah," *J. CoreIT J. Has. Penelit. Ilmu Komput. Dan Teknol. Inf.*, vol. 5, no. 2, p. 49, Dec. 2019, doi: 10.24014/coreit.v5i2.8199.
- [2] A. Sumarsono and S. Supatman, "Imagery Identification Of Tomatoes Which Contain Pesticides Using *Learning Vector Quantization*," *J. Tek. Inform. Jutif*, vol. 2, no. 1, pp. 9–16, Jan. 2021, doi: 10.20884/1.jutif.2021.2.1.15.
- [3] U. Murdika, Muhammad Alif, Yessi Mulyani, "Identifikasi Kualitas Buah Tomat dengan Metode PCA (*Principal Component Analysis*) dan Backpropagation," *Electrician*, vol. 15, no. 3, pp. 175–180, Oct. 2021, doi: 10.23960/elc.v15n3.2240.

- [4] M. Minarni, R. Salumbae, and Z. Hasbi, "Implementasi Jaringan Syaraf Tiruan (Jst) Dan Pengolahan Citra Untuk Klasifikasi Kematangan Tbs Kelapa Sawit," *Komun. Fis. Indones.*, vol. 15, no. 1, p. 36, Apr. 2018, doi: 10.31258/jkfi.15.1.36-45.
- [5] M. A. Anggriawan, M. Ichwan, and D. B. Utami, "Pengenalan Tingkat Kematangan Tomat Berdasarkan Citra Warna Pada Studi Kasus Pembangunan Sistem Pemilihan Otomatis," *J. Tek. Inform. Dan Sist. Inf.*, vol. 3, no. 3, Dec. 2017, doi: 10.28932/jutisi.v3i3.688.
- [6] A. Rahayuningtyas, M. Furqon, and D. Sagita, "Rancang Bangun dan Analisa Biaya Perangkat Sortasi Tomat Berdasar Berat dan Warna," *J. Ris. Teknol. Ind.*, vol. 14, no. 1, p. 65, Jun. 2020, doi: 10.26578/jrti.v14i1.5911.
- [7] D. Batra, H. Rewari, and H. N., "Automated Tomato Sorting Machine," in *2020 6th International Conference on Signal Processing and Communication (ICSC)*, Noida, India, Mar. 2020, pp. 206–210. doi: 10.1109/ICSC48311.2020.9182723.
- [8] D. origines, "Load Cell and Arduino Technology as Lemon Fruit Classifier," *SSRN Electron. J.*, 2021, doi: 10.2139/ssrn.3793375.
- [9] N. T. Thinh, N. D. Thong, and H. T. Cong, "Sorting and Classification of Mangoes based on Artificial Intelligence," *Int. J. Mach. Learn. Comput.*, vol. 10, no. 2, p. 7, 2020.