

**KLASIFIKASI TINGKAT KEMATANGAN VARIETAS TOMAT
MERAH DENGAN FITUR WARNA, BENTUK DAN TEKSTUR
MENGUNAKAN *LEARNING VECTOR QUANTIZATION* (LVQ)**



SKRIPSI

**Disusun Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Komputer
Pada Jurusan Ilmu Komputer/ Informatika**

Disusun oleh:

PRISKA IRENDIA VASTHI

24010311120001

**JURUSAN ILMU KOMPUTER/ INFORMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN MATEMATIKA
UNIVERSITAS DIPONEGORO**

2015

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Priska Irenda Vasthi

NIM : 24010311120001

Judul : Klasifikasi Tingkat Kematangan Varietas Tomat Merah dengan Fitur
Warna, Bentuk, dan Tekstur Menggunakan *Learning Vector Quantization*
(LVQ)

Dengan ini saya menyatakan bahwa tugas akhir/ skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan di dalam daftar pustaka.



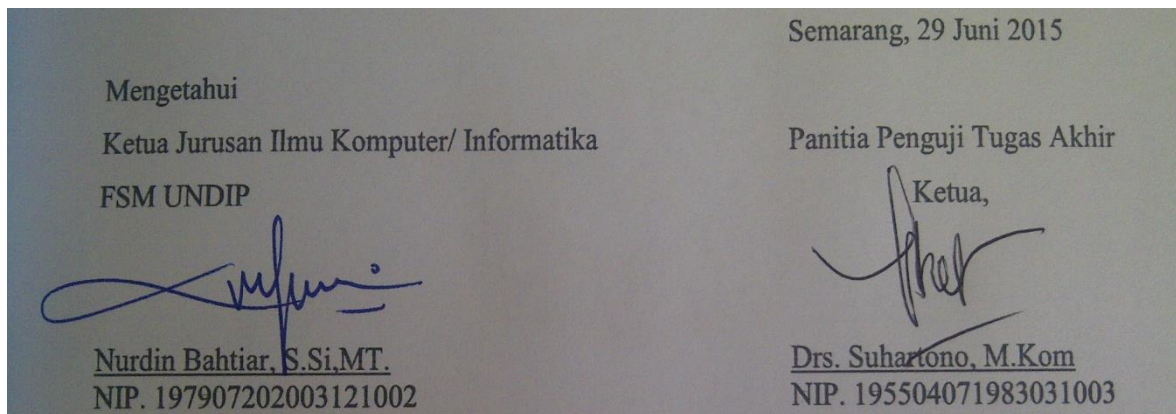
HALAMAN PENGESAHAN

Judul : Klasifikasi Tingkat Kematangan Varietas Tomat Merah dengan Fitur Warna,
Bentuk, dan Tekstur Menggunakan *Learning Vector Quantization* (LVQ)

Nama : Priska Irenda Vasthi

NIM : 24010311120001

Telah diujikan pada sidang tugas akhir pada tanggal 22 Juni 2015 dan dinyatakan lulus
pada tanggal 24 Juni 2015.



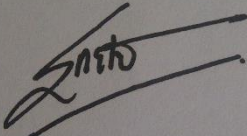
HALAMAN PENGESAHAN

Judul : Klasifikasi Tingkat Kematangan Varietas Tomat Merah dengan Fitur Warna,
Bentuk, dan Tekstur Menggunakan *Learning Vector Quantization* (LVQ)

Nama : Priska Irenda Vasthi

NIM : 24010311120001

Telah diujikan pada sidang tugas akhir pada tanggal 22 Juni 2015

Semarang, 29 Juni 2015
Pembimbing

Dr. Retno Kusumaningrum, S.Si, M.Kom
NIP. 198104202005012001

ABSTRAK

Untuk menghadapi Masyarakat Ekonomi ASEAN (MEA) pada tahun 2015, Indonesia perlu meningkatkan daya saing diberbagai bidang, salah satunya hortikultura. Namun, saat ini proses *pasca* panen seperti pemilahan produk berdasarkan kualitas (misalnya tingkat kematangan) pada produk hortikultura seperti tomat masih dilakukan secara manual. Hal ini tentu menyebabkan penilaian secara subyektif dan tidak konsisten karena pemilahan bergantung pada petugas *sortir*, serta memakan waktu yang lama. Hal tersebut dapat ditangani dengan mengembangkan *machine vision* yang dapat melakukan pemilahan yang bersifat obyektif dan konsisten. Beberapa penelitian yang sudah dikembangkan terkait dengan proses klasifikasi di Indonesia, tingkat kematangan tomat dilakukan berdasarkan fitur warna untuk mengenali kematangan tomat sebagai *Un-Ripe* (tidak matang), *Half-Ripe* (setengah matang), dan *Ripe* (matang). Namun, terdapat kendala dalam melakukan klasifikasi tomat dengan kelas *Defect* (tomat busuk dan tomat yang permukaan kulitnya rusak). Oleh karena itu, pada penelitian ini ditambahkan fitur tekstur dan bentuk untuk mengenali kelas *Defect* karena fitur tersebut lebih merepresentasikan keadaan kulit tomat yang rusak dengan warna yang sama. Proses segmentasi dilakukan menggunakan *background* segmentasi menggunakan OHTA *color space* dan *proposed cascade thresholding* sebagai proses prapengolahan. Sedangkan algoritma yang digunakan adalah *Learning Vector Quantization* (LVQ) untuk membandingkan kinerja klasifikasi kematangan tomat berdasarkan kombinasi fitur yang digunakan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa arsitektur LVQ terbaik adalah menggunakan fitur warna dengan 1×10^{-3} sebagai *learning rate* dan 1×10^{-4} sebagai epsilon. Penambahan fitur tekstur dan bentuk untuk pemodelan klasifikasi pada penelitian ini tidak dapat meningkatkan akurasi. Hal ini dikarenakan proses segmentasi yang dilakukan belum optimal dimana masih terdapat citra prapengolahan yang memiliki *noise* sehingga mengganggu proses perhitungan deskriptor tekstur dan bentuk.

Kata Kunci : Klasifikasi, tingkat kematangan, tomat, warna, bentuk, tekstur, LVQ

ABSTRACT

In order to face *Masyarakat Ekonomi ASEAN* (MEA) in 2015, Indonesia needs to increase its power in many aspects, one of its aspects is horticulture. However, the current post-harvest process such as sorting products based on quality (e.g. degree of maturity) in horticultural products, particularly tomatoes, still using manually method. This will certainly lead to a subjective and inconsistent assessment because sorting depends on sorting personnel, and take a long time. Those problems can be solved by developing machine vision that produce a consistent and more objective result. There are many developed researchs in Indonesia for classification process. Spesifically, classification process for identifying tomatoes maturity (i.e. un-ripe, half-ripe, and ripe) has been developed based on color feature. However, there is a problem in term of classifying defect tomatoes. Therefore, this research focus is to classifying tomatoes maturity including defect class in order to overcome the problem. In this research, we employ additional features include thertexture and shape feature since those features more represent a bad condition of skin tomatoes with the same color. Initially, we implement segmentation background using OHTA color space and proposed cascade thresholding as pre-processing stage. Whereas the implemented algorithm is Learning Vector Quantization (LVQ). In addition, we compare classification performance between some features combination. The result show the best LVQ architecture is 1×10^{-3} as learning rate, 1×10^{-4} as epsilon value, and color features as employed feature. Adding texture and shape features in this classification model does not increase the accuracy value. This is because segmentation process is not optimal thus the segmented images still contain noise which obscure values of texture and shape deskriptor.

Keyword: Classification, maturity, tomato, color, texture, shape, LVQ

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan kasih-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir yang berjudul “Klasifikasi Tingkat Kematangan Varietas Tomat Merah dengan Fitur Warna, Bentuk, dan Tekstur Menggunakan *Learning Vector Quantization (LVQ)*” dengan baik dan lancar. Laporan tugas akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana strata satu pada Jurusan Ilmu Komputer/ Informatika Fakultas Sains dan Matematika Universitas Diponegoro Semarang.

Dalam penyusunan tugas akhir ini penulis banyak mendapat bimbingan, bantuan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati, penulis menyampaikan terimakasih kepada:

1. Prof. Dr. Widowati, M.Si, selaku Dekan FSM UNDIP
2. Nurdin Bahtiar, S.Si, M.T, selaku Ketua Jurusan Ilmu Komputer/ Informatika
3. Indra Waspada, S.T, M.TI, selaku Koordinator Tugas Akhir
4. Dr. Retno Kusumaningrum, S.Si, M.Kom, selaku dosen pembimbing

Penulis menyadari bahwa dalam laporan ini masih banyak kekurangan baik dari penyampaian materi maupun isi dari materi itu sendiri. Hal ini dikarenakan keterbatasan kemampuan dan pengetahuan dari penulis. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan. Semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis dan juga pembaca pada umumnya.

Semarang, Juni 2015

Priska Irenda Vasthi

DAFTAR ISI

	Hal
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan dan Manfaat	2
1.4. Ruang Lingkup	3
1.5. Sistematika Penulisan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Perkembangan Penelitian Pengenalan Tomat	5
2.2. Tomat	5
2.3. Prapengolahan	7
2.3.1. Segmentasi <i>Background</i>	7
2.3.2. Binerisasi	8
2.4. Fitur yang Digunakan	9
2.4.1. Warna	9
2.4.2. Bentuk	12
2.4.3. Tekstur	13
2.5. Jaringan Syaraf Tiruan <i>Learning Vector Quantization (LVQ)</i>	17
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	20
3.1. Pengumpulan Data Citra Tomat	21
3.2. Prapengolahan dan Ekstraksi Fitur	21
	viii

3.3. Identifikasi Data Latih dan Data Uji	30
3.4. Normalisasi	30
3.5. Pelatihan	31
3.6. Pengujian	35
BAB IV HASIL EKSPERIMEN DAN ANALISA	39
4.1. Data	39
4.1.1. Definisi Data	39
4.1.2. Prapengolahan dan Ekstraksi Fitur	39
4.1.3. Identifikasi Data Latih dan Data Uji	41
4.2. Sumber Daya	44
4.3. Skenario Eksperimen	45
4.3.1. Skenario Eksperimen 1	45
4.3.2. Skenario Eksperimen 2	45
4.4. Analisa Hasil	46
4.4.1. Hasil Eksperimen 1 dan Analisa	46
4.4.2. Hasil Eksperimen 2 dan Analisa	52
BAB V PENUTUP	55
5.1. Kesimpulan	55
5.2. Saran	55
DAFTAR PUSTAKA	56
LAMPIRAN	58

DAFTAR GAMBAR

	Hal
Gambar 2.1. Tingkat Kematangan Tomat (The Florida Tomato Committe, n.d.)	6
Gambar 2.2. Proses Segmentasi	8
Gambar 2.3. Representasi Citra Biner	8
Gambar 2.4. Hubungan Antara δ dan ϑ	14
Gambar 2.5. Ilustrasi Pembentukan Matriks <i>Co-Occurrence</i>	15
Gambar 2.6. Arsitektur LVQ	18
Gambar 3.1. Langkah-Langkah Penelitian	20
Gambar 3.2. Diagram Alir Prapengolahan dan Ekstraksi Fitur	22
Gambar 3.3. Hasil Proses Segmentasi	23
Gambar 3.4. Diagram Alir Segmentasi dengan OHTA <i>Color Space</i> dan <i>Cascade Thresholding</i>	24
Gambar 3.5 Ilustrasi Pembentukan Citra Biner	26
Gambar 3.6. Diagram Alir Normalisasi Fitur Warna	27
Gambar 3.7. Diagram Alir Menghitung Deskriptor Fitur Warna	27
Gambar 3.8. Diagram Alir <i>Cropping</i>	28
Gambar 3.9. Diagram Alir Menghitung Deskriptor Tekstur	29
Gambar 3.10. Diagram Alir Menghitung Deskriptor Bentuk	29
Gambar 3.11. <i>10-Fold Cross Validation</i>	30
Gambar 3.12. Diagram Alir Pelatihan LVQ	31
Gambar 3.13. Diagram Alir Pengujian LVQ	35
Gambar 4.1. Contoh Citra yang Digunakan	40
Gambar 4.2. Arsitektur LVQ yang Digunakan	42
Gambar 4.3. Skenario Eksperimen 1	45
Gambar 4.4. Perbandingan Akurasi untuk Kombinasi Fitur 1	46
Gambar 4.5. Perbandingan Akurasi untuk Kombinasi Fitur 2	47
Gambar 4.6. Perbandingan Akurasi untuk Kombinasi Fitur 3	48
Gambar 4.7. Perbandingan Akurasi untuk Kombinasi Fitur 4	49
Gambar 4.8. Perbandingan Akurasi untuk Kombinasi Fitur 5	50
Gambar 4.9. Perbandingan Akurasi untuk Kombinasi Fitur 6	51
Gambar 4.10. Perbandingan Akurasi untuk Kombinasi Fitur 7	52

Gambar 4.11. Perbandingan Akurasi Kombinasi Fitur 53

DAFTAR TABEL

	Hal
Tabel 2.1. Perkembangan Penelitian Pengenalan Tomat	5
Tabel 2.2. Penjelasan Variabel Pada Ekstraksi Fitur Warna	9
Tabel 2.3. Penjelasan Variabel Pada Ekstraksi Fitur Tekstur	13
Tabel 3.1. Data Latih	32
Tabel 3.2. Bobot Awal	32
Tabel 3.3. Data Uji	36
Tabel 3.4. Bobot Akhir	36
Tabel 3.5. <i>Confusion Matrix</i> dengan 4 Kelas	38
Tabel 4.1. Hasil Pengujian Nilai <i>Threshold</i>	40
Tabel 4.2. Perbandingan Hasil Segmentasi	40
Tabel 4.3. Contoh Data Penelitian	42
Tabel 4.4. <i>Mapping</i> Data ke dalam LVQ	43
Tabel 4.5. Data Latih pada <i>Fold</i> 1	43
Tabel 4.6. Data Uji pada <i>Fold</i> 1	43
Tabel 4.7. Data Uji yang Telah Dinormalisasi pada <i>Fold</i> 1	44
Tabel 4.8. Akurasi Kombinasi Fitur 1	46
Tabel 4.9. Akurasi Kombinasi Fitur 2	47
Tabel 4.10. Akurasi Kombinasi Fitur 3	48
Tabel 4.11. Akurasi Kombinasi Fitur 4	49
Tabel 4.12. Akurasi Kombinasi Fitur 5	50
Tabel 4.13. Akurasi Kombinasi Fitur 6	51
Tabel 4.14. Akurasi Kombinasi Fitur 7	52

DAFTAR LAMPIRAN

	Hal
Lampiran 1. Data Citra Tomat	58
Lampiran 2. Hasil Eksperimen	65
Lampiran 3. Model Pengembangan Perangkat Lunak	72

BAB I

PENDAHULUAN

Bab ini membahas mengenai latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan dan manfaat, serta ruang lingkup dari penelitian Tugas Akhir.

1.1. Latar Belakang

Pada tahun 2015 Indonesia akan menghadapi Masyarakat Ekonomi ASEAN (MEA), dimana ASEAN akan menjadi pasar tunggal berbasis produksi tunggal. Untuk menghadapi hal tersebut Indonesia perlu untuk meningkatkan daya saing diberbagai bidang, salah satunya hortikultura. Menurut Hasanudin Ibrahim selaku Dirjen Hortikultura Kementerian Pertanian, salah satu upaya peningkatan daya saing adalah dengan menerapkan teknologi budidaya serta memberikan bantuan kepada petani berupa gudang pengemasan atau *packing house* serta peralatan *grading* atau pemilahan barang berdasarkan kualitas (Subagyo, 2014).

Tomat merupakan salah satu produk hortikultura yang memiliki nilai potensi ekspor yang tinggi. Saat ini proses *pasca* panen seperti pemilahan produk berdasarkan kualitas (misalnya tingkat kematangan) masih dilakukan secara manual. Hal ini tentu akan menimbulkan penilaian secara subyektif dan tidak konsisten karena pemilahan bergantung pada petugas *sortir*, serta memakan waktu yang lama (Li, et al., 2009). Hal ini menimbulkan berbagai dampak, salah satunya adalah turunnya harga jual.

Hal tersebut dapat ditangani dengan mengembangkan *machine vision* yang dapat melakukan pemilahan yang bersifat obyektif dan konsisten. Proses tersebut dapat dilakukan dengan mengembangkan sebuah aplikasi yang mampu melakukan klasifikasi secara otomatis berdasarkan citra digital yang ditangkap oleh kamera. Beberapa penelitian yang sudah dikembangkan terkait dengan proses klasifikasi di Indonesia, tingkat kematangan tomat dilakukan berdasarkan fitur warna seperti yang dilakukan oleh Noviyanto (2009) dan Deswari et al (2013). Klasifikasi tersebut hanya dapat mengenali tingkat kematangan tomat sebagai *Un-Ripe* (tidak matang), *Half-Ripe* (setengah matang), dan *Ripe* (matang).

Tomat *Over-Ripe* (busuk) dan tomat yang permukaan kulitnya rusak karena hama penyakit maupun benturan dengan benda keras disebut *Defect* (rusak). Tomat rusak tidak dapat dikenali jika hanya menggunakan fitur warna. Tomat rusak memiliki

warna yang sama dengan tomat pada tingkat kematangan lainnya, tetapi kulit tomat rusak tidak lagi kencang (berkerut atau kisut). Oleh karena itu proses pengenalan tomat rusak tersebut dapat dilakukan dengan menambahkan fitur yang lain saat proses klasifikasi seperti bentuk dan tekstur kulit tomat.

Proses klasifikasi yang dilakukan oleh Noviyanto (2009) menggunakan *template matching* sedangkan Deswari et al (2013) menggunakan jaringan syaraf tiruan *backpropagation*. Kedua metode tersebut memiliki kekurangan yang sama yaitu waktu komputasi yang lambat. *Template matching* memiliki waktu komputasi yang lambat karena metode ini membandingkan citra masukan dengan berbagai citra *template* yang ada, dimana citra *template* tersebut dapat memiliki ukuran yang beragam (Bahri & Maliki, 2012). Sedangkan *backpropagation* memiliki waktu komputasi yang lambat karena metode ini memiliki propagasi maju dan propagasi balik (Wuryandari & Afrianto, 2012). *Learning vector quantization* merupakan salah satu metode klasifikasi yang dapat memperbaiki waktu komputasi (Wuryandari & Afrianto, 2012).

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan maka dapat disusun rumusan masalah yaitu :

1. Bagaimana pemodelan klasifikasi tingkat kematangan tomat dengan fitur warna, bentuk dan tekstur menggunakan LVQ?
2. Bagaimana kinerja klasifikasi tingkat kematangan tomat berdasarkan kombinasi yang digunakan?

1.3. Tujuan dan Manfaat

Tujuan penelitian Tugas Akhir ini adalah:

1. Mendapatkan arsitektur terbaik LVQ untuk proses klasifikasi tingkat kematangan tomat berdasarkan kombinasi fitur warna, bentuk dan tekstur.
2. Membandingkan kinerja klasifikasi kematangan tomat berdasarkan kombinasi fitur yang digunakan.

Manfaat dari dilaksanakan Tugas Akhir ini adalah menghasilkan suatu aplikasi yang mampu melakukan *grading*, yaitu pemilahan tomat berdasarkan tingkat kematangan sebagai *Un-Ripe*, *Half-Ripe*, *Ripe*, dan *Defect*.

1.4. Ruang Lingkup

Ruang lingkup dari penelitian Tugas Akhir ini adalah:

1. Tomat yang digunakan adalah varietas tomat merah.
2. Kelas klasifikasi yang digunakan adalah *Un-Ripe*, *Half-Ripe*, *Ripe*, dan *Defect*.
3. Tiap kelas terdiri dari 40 citra dengan ukuran 512 x 512 piksel dan berformat jpg.
4. Tiap citra berisi satu buah objek tomat dengan *background* warna hitam.
5. Aplikasi yang dikembangkan merupakan aplikasi berbasis *desktop* menggunakan Matlab.
6. Aplikasi yang dikembangkan dapat menentukan tingkat kematangan tomat dari citra yang disimpan dalam komputer berupa *file*, bukan citra yang diambil langsung dengan *webcam*.

1.5. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan dalam penulisan Tugas Akhir ini terbagi menjadi beberapa pokok pembahasan, yaitu:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini membahas mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan dan manfaat, ruang lingkup, dan sistematika penulisan Tugas Akhir.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas mengenai sejumlah kajian pustaka yang berhubungan dengan penelitian Tugas Akhir ini. Kajian tersebut meliputi perkembangan penelitian mengenai pengenalan tomat, kelas klasifikasi tomat yang digunakan, metode prapengolahan yang digunakan, fitur yang digunakan seperti warna, bentuk, dan tekstur, serta jaringan syaraf tiruan LVQ.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini membahas mengenai langkah-langkah yang dilakukan pada penelitian Tugas Akhir. Penyelesaian masalah tersebut diawali dengan pengumpulan data citra tomat, proses prapengolahan dan ekstraksi fitur, identifikasi data latih dan data uji, normalisasi data, pelatihan LVQ, serta pengujian LVQ.

BAB IV HASIL EKSPERIMEN DAN ANALISA

Bab ini membahas mengenai hasil eksperimen dan analisa pada penelitian yang dimulai dari definisi data, identifikasi data latih dan data uji, sumber daya yang digunakan pada penelitian, contoh perhitungan manual pada LVQ, penjelasan

mengenai skenario eksperimen, dan analisa hasil dari setiap eksperimen yang telah dilakukan.

BAB V PENUTUP

Bab ini membahas mengenai kesimpulan dari uraian yang telah dijabarkan pada bab-bab sebelumnya dan saran untuk pengembangan penelitian lebih lanjut.