

SKRIPSI

**PENGOLAHAN *IMAGE PROCESSING* DAN JARINGAN
SYARAF TIRUAN UNTUK MENENTUKAN KEMATANGAN
BUAH BELIMBING MANIS (*Averrhoa carambola L.*)**

***DIGITAL IMAGE PROCESSING AND ARTIFICIAL NEURAL
NETWORK TO DETERMINE THE RIPENESS OF STARFRUIT
SWEET (*Averrhoa carambola L.*)***



**Indah Firisky Dwi
05021381823053**

**PROGRAM STUDI TEKNIK PERTANIAN
JURUSAN TEKNOLOGI PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2023**

SUMMARY

INDAH FIRISKY DWI. Digital Image Processing And Artificial Neural Network To Determine The Ripeness Of Starfruit Sweet (*Averrhoa carambola* L.) (Supervised by **AMIN REJO** and **RIZKY TIRTA ADHIGUNA**).

This study aims to determine the maturity of sweet star fruit with non-destructive methods of digital image processing based on artificial neural networks based on color analysis of sweet star fruit using a camera. To increase the accuracy of the research, the multilayer backpropagation method is used by conducting training to get the existing boundaries so that when testing is on the desired target. Non-destructive image processing to determine the ripeness of sweet star fruit with a computer program based on measurements of the RGB color model. Image processing on 45 star fruit will produce 90 sample images. The factors that were analyzed using the Rancang Acak Kelompok Faktorial Method (RAKF) used were the Super Grade, A, B treatments and the mature, raw, and overripe levels of maturity. Feed-forward backpropagation is used as a learning algorithm for an artificial neural network model with a logsig activation function to predict brix, hardness, total sugar, and water content using the Matlab R2018a graphical user interface (GUI) program. Parameter testing on the results of laboratory tests showed that the parameters of sugar content, water content were significantly different from factor B, the total acid parameter was significantly different from interaction, and the hardness parameter was not significantly different from factors and interactions. Development of a training artificial neural network model using 3 inputs (Red, Green, Blue) with an MSE value of the hardness parameter of 9.9299 with the largest MSE value compared to the other parameters. The MSE value for total acid parameters was 1.4483×10^{-6} , water content was 4.0154×10^{-4} , and total sugar was 9.3754×10^{-2} .

Key words : Artificial neural network, Digital image processing, Star fruit

RINGKASAN

INDAH FIRISKY DWI. Pengolahan *Image Processing* dan Jaringan Syaraf Tiruan Untuk Menentukan Kematangan Buah Belimbing Manis (*Averrhoa carambola L.*) (Dibimbing oleh **AMIN REJO** dan **RIZKY TIRTA ADHIGUNA**).

Penelitian bertujuan mengetahui kematangan buah belimbing manis dengan metode non-destruktif pada pengolahan citra digital berbasis jaringan syaraf tiruan berdasarkan analisis warna buah belimbing manis dengan memanfaatkan kamera. Meningkatkan keakuratan penelitian digunakan metode *multilayer backpropagation* dengan melakukan pelatihan untuk mendapatkan batas-batas yang ada sehingga ketika pengujian sesuai target yang diinginkan. Pengolahan citra secara non-destruktif untuk menentukan kematangan buah belimbing manis dengan program komputer berdasarkan pengukuran model warna RGB. Pengolahan citra pada 45 buah belimbing dewi akan menghasilkan 90 citra sampel. Faktor perlakuan dianalisis menggunakan metode Rancangan Acak Kelompok Faktorial (RAKF) yang digunakan adalah perlakuan Kelas super, A, B dan perlakuan tingkat kematangan tua penuh, mentah, dan lewat matang. *Feed-forward backpropagation* digunakan sebagai algoritma pembelajaran model jaringan syaraf tiruan dengan fungsi aktivasi logsig untuk prediksi brix, kekerasan, total gula, dan kadar air menggunakan program *graphical user interface* (GUI) Matlab R2018a dan 100 sel syaraf untuk total asam). Pengujian parameter pada hasil uji laboratorium menunjukkan parameter kadar gula, kadar air berbeda nyata terhadap faktor B, parameter total asam berbeda nyata terhadap interkasi, dan parameter kekerasan tidak berbeda nyata dengan faktor dan interaksi. Pengembangan model jaringan syaraf tiruan pelatihan digunakan 3 *input* (*Red, Green, Blue*) dengan nilai MSE parameter kekerasan sebesar 9,9299 dengan nilai MSE terbesar dibandingkan dengan parameter yang lain. Nilai MSE pada parameter total asam sebesar $1,4483 \times 10^{-6}$, kadar air sebesar $4,0154 \times 10^{-4}$, dan gula total sebesar $9,3754 \times 10^{-2}$.

Kata kunci : Jaringan syaraf tiruan, Pengolahan citra digital, Belimbing manis

SKRIPSI

**PENGOLAHAN *IMAGE PROCESSING* DAN JARINGAN
SYARAF TIRUAN UNTUK MENENTUKAN KEMATANGAN
BUAH BELIMBING MANIS (*Averrhoa carambola L.*)**

***DIGITAL IMAGE PROCESSING AND ARTIFICIAL NEURAL
NETWORK TO DETERMINE THE RIPENESS OF STARFRUIT
SWEET (*Averrhoa carambola L.*)***

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mendapatkan Gelar
Sarjana Teknologi Pertanian Pada Fakultas Pertanian
Universitas Sriwijaya



**Indah Firisky Dwi
05021381823053**

**PROGRAM STUDI TEKNIK PERTANIAN
JURUSAN TEKNOLOGI PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2023**

LEMBAR PENGESAHAN

PENGOLAHAN *IMAGE PROCESSING* DAN JARINGAN SYARAF TIRUAN UNTUK MENENTUKAN KEMATANGAN BUAH BELIMBING MANIS (*Averrhoa carambola L.*)

SKRIPSI

Sebagai Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Teknologi Pertanian
Pada Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya

Oleh:

Indah Firisky Dwi
05021381823053

Pembimbing I

Palembang, Januari 2023
Pembimbing II



Prof. Dr. Ir. Amin Rejo, M. P.
NIP 196101141990011001



Dr. Rizky Tirta Adhiguna, S.TP., M.Si.
NIP 198201242014041001



Mengetahui,

Wakil Dekan Bidang Akademik

Prof. Dr. Ir. Fihri Prayama, M.Sc.(Hons), Ph.D.
NIP. 196606301992032002

Skripsi dengan judul “Pengolahan *Image Processing* dan Jaringan Syaraf Tiruan Untuk Menentukan Kematangan Buah Belimbing Manis (*Averrhoa carambola L.*)” oleh Indah Firisky Dwi telah dipertahankan komisi penguji Skripsi Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya pada tanggal 05 Januari 2023 dan telah diperbaiki sesuai dengan saran dan masukan dari tim penguji.

Komisi Penguji

1. Dr. Rizky Tirta Adhiguna., S.TP., M.Si. Pembimbing I (.....)
NIP 198201242014041001
2. Prof. Dr. Ir. Amin Rejo, M. P. Pembimbing II (.....)
NIP 196101141990011001
3. Ir. Haisen Hower, M.P. Penguji (.....)
NIP 199612091994031003

PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Indah Firisky Dwi

NIM : 05021381823053

Judul : Pengolahan *Image Processing* dan Jaringan Syaraf Tiruan Untuk Menentukan Kematangan Buah Belimbing Manis (*Averrhoa carambola L.*)

Menyatakan bahwa semua data dan informasi yang dimuat di dalam skripsi ini merupakan hasil penelitian saya sendiri di bawah supervisi pembimbing kecuali yang disebutkan dengan jelas sumbernya, dan bukan hasil penjiplakan/plagiat. Apabila dikemudian hari ditemukan adanya unsur plagiat dalam skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar dari Universitas Sriwijaya.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tidak mendapat paksaan dari pihak manapun.



Palembang, Januari 2023



Indah Firisky Dwi

RIWAYAT HIDUP

Penulis merupakan anak kedua dari satu bersaudara yang dilahirkan di Tanjung Enim pada tanggal 11 Oktober 2000 dari pasangan Bapak Sumaryanto dan Ibu Martini. Penulis telah menempuh pendidikan Sekolah Dasar di SD Negeri 18 Lawang Kidul, Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 1 Lawang Kidul, dan Sekolah Menengah Atas di SMA Bukit Asam. Sekarang penulis sedang melanjutkan pendidikan di Universitas Sriwijaya, Fakultas Pertanian sebagai mahasiswa aktif Jurusan Teknologi Pertanian, Program Studi Teknik Pertanian.

Selama di Jurusan Teknologi pertanian penulis mengikuti beberapa kegiatan seperti seminar yang dilaksanakan oleh Fakultas Pertanian maupun di luar Fakultas pertanian, penulis juga menjadi asisten dosen pada mata kuliah biologi dan kalkulus. Penulis sangat berharap dapat menyelesaikan studi S1 dengan cepat dan mendapat pekerjaan yang terbaik.

KATA PENGANTAR

Assalamu'ailakum Wr. Wb.

Puji dan syukur penulis panjat kan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan rahmat-Nyalah sehingga penulis dapat menyelesaikan Proposal Penelitian yang berjudul “Pengolahan *Image Processing* dan Jaringan Syaraf Tiruan Untuk Menentukan Mutu Buah Belimbing Manis (*Averrhoa carambola L.*)” tepat pada waktunya.

Pada kesempatan saat ini, saya mengucapkan banyak terimakasih kepada Bapak Prof. Dr.Ir. Amin Rejo, M.P. dan Bapak Dr. Rizky Tirta Adhiguna, S.TP., M.Si. yang telah mengajari dan membimbing saya dalam membuat proposal ini sehingga saya dapat mengerti dan memperoleh lebih banyak lagi ilmu sebagai bekal saya di masa depan. Terimakasih pula karena senantiasa memberikan motivasi berharga sehingga dapat memacu semangat saya untuk terus menjadi lebih baik.

Saya juga mengucapkan terimakasih kepada seluruh keluarga dan orang tua saya yang senantiasa memberikan dukungan kepada saya untuk terus semangat dan pantang menyerah. Terimakasih kepada pihak yang berjasa yang namanya tidak bisa saya sebutkan satu persatu semoga kebaikan kalian dibalas oleh Allah swt. Saya sebagai penulis mohon maaf apabila usaha saya ini masih mempunyai kekurangan. Tegur sapa serta kritik yang membangun sungguh saya harapkan sebagai bekal saya nanti.

Akhir kata saya ucapkan terimakasih, wabillahitaufik walhidayah.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Palembang, Januari 2023

Hormat Saya,

Peneliti

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis sampaikan atas segala bentuk bantuan, dukungan, semangat, bimbingan, kritik, saran dan pengarahan dari berbagai pihak dalam menyelesaikan skripsi ini. Melalui kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada:

1. Dekan Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya.
2. Ketua Jurusan Teknologi Pertanian.
3. Sekretaris Jurusan Teknologi Pertanian.
4. Koordinator Program Studi Teknik Pertanian.
5. Yth. Bapak Prof. Dr. Ir. Amin Rejo, M.P. sebagai Dosen Pembimbing Akademik dan Dosen Pembimbing skripsi pertama penulis yang telah meluangkan banyak waktunya dan telah memberikan motivasi, dukungan, nasehat, arahan, serta selalu sabar dan percaya kepada penulis.
6. Yth. Bapak Dr. Rizky Tirta Adhiguna, S.TP., M.Si. sebagai Dosen Pembimbing skripsi kedua penulis yang telah meluangkan banyak waktunya dan telah memberikan motivasi, dukungan, nasehat, arahan, serta selalu sabar dan percaya kepada penulis.
7. Yth. Bapak Ir. Haisen Hower, M.P. selaku penguji skripsi yang telah meluangkan waktu serta memberikan saran dan arahan kepada penulis hingga penulis menyelesaikan skripsi.
8. Yth. Ibu Dr. Hilda Agustina, S.TP., M.Si. sebagai ketua komisi penguji skripsi dan Bapak Ir. R. Mursidi, M.Si. sebagai sekertaris penguji yang telah membantu memberikan saran dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi.
9. Ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada kedua orang tua saya yang paling saya sayangi, Ayah Sumaryanto dan Ibu Martini yang terus memberikan do'a, dukungan, nasihat, dan semangat yang selalu mengingatkan saya agar selalu berdo'a dan bersujud, karena do'a kalian saya mampu berada pada titik ini.
10. Terimakasih kepada saudara saya Muhammad Rizki Pratama dan keluarga saya yang lainnya yang telah memberikan motivasi dan semangatnya.

11. Seluruh Bapak dan Ibu dosen Teknologi Pertanian yang telah memberikan ilmu, mendidik etika dalam bersosialisasi serta bimbingan dan mengajarkan ilmu bidang Teknologi Pertanian kepada penulis.
12. Staf admin jurusan Teknologi Pertanian Indralaya (kak Jhon dan mbak Desi) dan staf admin Fakultas Pertanian Palembang (Mbak Siska dan Mbak Nike) atas semua bantuan dan informasi yang telah diberikan kepada penulis.
13. Berlin, Munir dan Offianda teman seperjuangan skripsi, Milta dan Islamia selaku teman kuliah yang selalu membantu dan memberikan semangat, teman-teman Teknik Pertanian 2018 Palembang dan Indralaya serta teman-teman satu angkatan Teknologi Pertanian 2018 yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu.

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	ix
UCAPAN TERIMA KASIH.....	x
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL.....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Tanaman Belimbing Manis.....	4
2.2. Pengolahan Citra Digital.....	6
2.2.1. Jenis-Jenis Citra Digital	7
2.3. Jaringan syaraf Tiruan.....	7
2.3.1. Model Jaringan Syaraf Tiruan.....	7
2.3.2. Arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan.....	8
2.4. Jaringan Syaraf Tiruan metode <i>backpropogation</i>	10
2.5. <i>Matrix Laboratory</i> (Matlab).....	11
BAB 3. PELAKSANAAN PENELITIAN.....	12
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian	12
3.2. Alat dan Bahan.....	12
3.3. Metode Penelitian.....	12
3.3.1. Metode Penentuan Pengambilan Sampel.....	13
3.3.2. Metode Analisa Data.....	13
3.4. Prosedur Penelitian.....	13
3.4.1. Pengambilan Gambar Citra Belimbing Manis	13
3.4.2. Penentuan Variabel Mutu Citra.....	14
3.4.3. Membuat Program Pengolahan Citra	15
3.4.4. Proses Analisis Sifat Fisik dan Kimia Belimbing Manis.....	16

	Halaman
3.4.4.1. Pengukuran Kekerasan.....	16
3.4.4.2. Pengukuran Kadar Air.....	16
3.4.4.3. Pengukuran Total Gula	17
3.4.4.4. Pengukuran Total Asam.....	17
3.5. Parameter Pengamatan.....	17
3.5.1. Kekerasan.....	17
3.5.2. Kadar Air.....	18
3.5.3. Total Gula.....	18
3.5.4. Kadar Asam Total	18
3.6. Jaringan Syaraf Tiruan <i>Backpropagation</i>	19
3.6.1. Konsep Jaringan Syaraf Tiruan.....	19
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	20
4.1. Pengembangan Program Pengolahan Citra Digital.....	20
4.2. Analisa Warna Buah Belimbing Manis.....	22
4.3. Pengembangan Model Jaringan Syaraf Tiruan	26
4.3.1. Pelatihan Model Jaringan Syaraf Tiruan (<i>Training</i>).....	27
4.3.2. Pengujian Model Jaringan Syaraf Tiruan.....	31
4.4. Kekerasan Buah Belimbing.....	34
4.5. Kadar Gula Buah Belimbing.....	35
4.6. Kadar Air Buah Belimbing	36
4.7. Total Asam Buah Belimbing.....	38
BAB 5. PENUTUP.....	40
5.1. Kesimpulan	40
5.2. Saran.....	40
DAFTAR PUSTAKA	41
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Buah Belimbing Manis.....	5
Gambar 2.2. Struktur Neuron JST.....	8
Gambar 2.3. Jaringan Lapisan Tunggal.....	9
Gambar 2.4. Jaringan Lapisan Jamak.....	9
Gambar 2.5. Jaringan Lapisan Kompetitif	10
Gambar 2.6. Tampilan Desktop Matlab R2018a.....	11
Gambar 3.1. Elemen-elemen dari sistem pengolahan citra	14
Gambar 3.2. Konsep Arsitektur JST dengan masukan data non-destruktif warna RGB untuk memprediksi data destruktif	19
Gambar 4.1. Konsep program pengolahan citra digital buah belimbing Manis	20
Gambar 4.2. a) Citra buah belimbing dan b) Tampilan hasil ekstraksi ciri.....	21
Gambar 4.3. Tampilan salah satu histogram analisis warna	22
Gambar 4.4. Hasil segmentasi citra belimbing dewi dan analisis warna	22
Gambar 4.5. Hubungan nilai rata-rata indeks warna buah belimbing manis terhadap tingkat kematangan dengan kekerasan buah	23
Gambar 4.6. Hubungan nilai rata-rata indeks warna buah belimbing manis terhadap tingkat kematangan dengan total gula buah	24
Gambar 4.7. Hubungan nilai rata-rata indeks warna buah belimbing manis terhadap tingkat kematangan dengan kadar air buah	25
Gambar 4.8. Hubungan nilai rata-rata indeks warna buah belimbing manis terhadap tingkat kematangan dengan total asam buah	25
Gambar 4.9. Tampilan Program JST Matlab (a) kekerasan, (b) kadar gula, (c) kadar air, (d) total asam.....	27
Gambar 4.10. Grafik Regresi data (a) kekerasan, (b) kadar gula, (c) kadar air, (d) total asam.....	30
Gambar 4.11. Grafik perbandingan target dan keluaran parameter penelitian dari hasil latihan jaringan	31

	Halaman
Gambar 4.12. Grafik Regression data pengujian parameter (a) kekerasan, (b) kadar gula, (c) kadar air, (d) total asam dari hasil uji jaringan.....	32
Gambar 4.13. Grafik perbandingan data target dan keluaran data pengujian jaringan syaraf tiruan (a) kekerasan, (b) kadar gula, (c) kadar air, (d) total gula.....	33
Gambar 4.14. Hasil kekerasan buah belimbing dengan tiga kematangan.....	34
Gambar 4.15. Hasil total gula buah belimbing dengan tiga kematangan.....	35
Gambar 4.16. Hasil kadar air buah belimbing dengan tiga kematangan.....	37
Gambar 4.17. Hasil kadar air buah belimbing dengan tiga kematangan.....	38

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Golongan kelas mutu belimbing manis berdasarkan Standar Nasional Indonesia 4491:2009	5
Tabel 2.2. Indeks kematangan buah berdasarkan perubahan warna	6
Table 3.1. Hubungan variabel mutu buah belimbing manis menurut SNI dan variabel citra.....	15
Tabel 4.1. <i>Mean Square Error</i> (MSE) untuk data pelatihan parameter buah belimbing manis	30
Tabel 4.2. Persamaan prediksi terhadap nilai parameter buah belimbing manis dengan tingkat kematangan	30
Tabel 4.3. <i>Mean Absolute Percentage Error</i> (MAPE) untuk data pengujian parameter dengan tingkat kematangan buah	33
Tabel 4.4. Hasil uji lanjut BNJ 5% total gula terhadap tiga kematangan buah belimbing.....	36
Tabel 4.5. Hasil uji lanjut BNJ 5% kadar air terhadap faktor kematangan buah belimbing.....	37
Tabel 4.6. Hasil uji lanjut BNJ 5% total asam terhadap interaksi kematangan buah belimbing.....	39

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Diagram Alir Penelitian.....	46
Lampiran 2. Hasil perhitungan kadar air	47
Lampiran 3. Hasil perhitungan Kekerasan.....	50
Lampiran 4. Hasil perhitungan total gula.....	51
Lampiran 5. Hasil perhitungan total asam	53
Lampiran 6. Perbandingan hasil total asam uji Laboratorium, dan prediksi jaringan syaraf tiruan pada buah belimbing.....	55
Lampiran 7. Perbandingan hasil kadar air uji Laboratorium dan prediksi jaringan syaraf tiruan pada buah belimbing	58
Lampiran 8. Perbandingan hasil kadar gula uji Laboratorium, dan prediksi jaringan syaraf tiruan pada buah belimbing.....	61
Lampiran 9. Perbandingan hasil kekerasan uji Laboratorium, dan prediksi jaringan syaraf tiruan pada buah belimbing.....	64
Lampiran 10. Hasil pelatihan pada data citra latih dengan program syaraf tiruan untuk <i>output</i> kematangan	67
Lampiran 11. Hasil pengujian pada data citra latih dengan program syaraf tiruan untuk <i>output</i> kematangan	69
Lampiran 12. <i>Source code</i> pada program pelatihan jaringan syaraf tiruan (<i>output</i> total asam).....	70
Lampiran 13. <i>Source code</i> pada program pengujian jaringan syaraf tiruan (<i>output</i> total asam).....	72
Lampiran 14. <i>Source code</i> pada program pelatihan jaringan syaraf tiruan (<i>output</i> kadar air)	73
Lampiran 15. <i>Source code</i> pada program pengujian jaringan syaraf tiruan (<i>output</i> kadar air)	75
Lampiran 16. <i>Source code</i> pada program pelatihan jaringan syaraf tiruan (<i>output</i> kadar gula)	76
Lampiran 17. <i>Source code</i> pada program pengujian jaringan syaraf tiruan (<i>output</i> kadar air)	78

	Halaman
Lampiran 18. <i>Source code</i> pada program pelatihan jaringan syaraf tiruan (<i>output</i> kekerasan)	79
Lampiran 19. <i>Source code</i> pada program pengujian jaringan syaraf tiruan (<i>output</i> kekerasan)	81
Lampiran 20. <i>Source code</i> pada program pengolahan citra.....	82
Lampiran 21. Dokumentasi uji destruktif buah belimbing dewi di Laboratorium Teknologi Hasil Pertanian dan Laboratorium Biosistem Universitas Sriwijaya.....	113

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Belimbing merupakan buah tropis yang memiliki keunggulan secara komparatif dan kompetitif serta mudah berkembang pada pangsa tinggi. Belimbing manis dengan nama latin *Averrhoa carambola* berasal dari wilayah tropis Amerika kemudian berkembang di wilayah Asia Tenggara. Belimbing adalah tanaman pekarangan yang berbuah setiap tahunnya. Buah belimbing manis memiliki kandungan asam oksalat, asam sitrat, potasium, vitamin A, vitamin C serta mengandung banyak air (Baswarsiati, 2017).

Indonesia adalah salah satu negara yang memiliki penghasil buah belimbing terbesar di dunia. Berdasarkan Badan Pusat Statistik Indonesia, tahun 2013-2015 terjadi peningkatan jumlah produksi sebesar 79,634 ton, 81,653 ton, dan 98,957 ton. Provinsi penghasil buah belimbing terbanyak tahun 2014 adalah Jawa Timur sebesar 30,690 ton (Imaduddin *et al.*, 2017). Hasil produksi buah belimbing manis dapat meningkatkan proses penanganan pascapanen buah. Penanganan pascapanen dibutuhkan untuk meningkatkan hasil produktivitas buah belimbing sesuai standar kematangan yang diinginkan pasar dengan cara teknologi yang tepat.

Sortasi merupakan kegiatan untuk memisahkan bahan baku *off grade* sehingga layak untuk diproses, sedangkan pemutuan adalah kegiatan mengelompokkan bahan baku atau produk yang telah disortasi dan diolah berdasarkan karakteristik bahan yang digunakan untuk faktor pemisahannya (Firmansyah *et al.*, 2019). Faktor kematangan buah belimbing menunjukkan buah layak untuk tidak dijual karena ukuran yang kecil atau mentah pada salah pemanenan dan buah belimbing terlalu masak (Imaduddin *et al.*, 2017). Pemutuan buah belimbing manis sesuai dengan rasa dapat diteliti dengan cara destruktif dan non destruktif. Penelitian secara destruktif dengan cara membelah buah belimbing untuk mengukur total padatan terlarut (TPT), kekerasan, kadar air, dan total asam. Penelitian non destruktif dilakukan untuk mengukur korelasi nilai RGB citra buah

belimbing manis dengan total padatan terlarut, kekerasan, kadar air, dan total asam yang terdapat pada belimbing.

Metode pengolahan citra merupakan metode non destruktif yang digunakan untuk mengevaluasi kualitas pada luaran buah seperti bentuk, ukuran, dan warna. Metode pengolahan citra memiliki keunggulan diantaranya relatif murah, sederhana, dan praktis. Metode pengolahan citra memprediksi rasa buah dengan tidak langsung karena adanya hubungan pada warna buah dengan parameter rasa (Whidhiasih *et al.*, 2011). Pengolahan citra menghasilkan sifat citra secara kuantitatif yang diperlukan untuk input pengenalan pola dan jaringan syaraf tiruan adalah metode pendukung untuk meningkatkan ketelitian dalam kematangan buah (Firmansyah *et al.*, 2019).

Simatupang (2019), menjelaskan bahwa pelatihan dan pengujian terhadap beberapa objek citra pada pola penyakit berhasil dengan nilai input dan target yang ditentukan sebelumnya. Jupan *et al* (2014), menjelaskan metode pelatihan *backpropagation* merupakan metode penurunan gradien untuk meminimalkan total galat kuadrat keluaran. Metode *backpropagation* adalah pelatihan terbimbing dengan target keluaran yang ditentukan. *Backpropagation* bekerja secara iteratif menggunakan data pelatihan dengan membandingkan nilai pendugaan dari jaringan pelatihan.

Metode pengolahan citra digital dilakukan secara berulang untuk memperoleh hasil yang akurat pada jenis sampel sama dengan metode non-destruktif untuk mengukur RGB warna dan memprediksi tingkat kematangan buah belimbing. Jaringan syaraf tiruan menggunakan metode *backpropagation* kematangan buah belimbing manis berdasarkan pemutuan buah, metode *backpropagation* dilakukan proses pelatihan terhadap data-data untuk mengenali tingkat kematangan buah belimbing manis. Metode *backpropagation* dilakukan proses pelatihan terhadap data-data yang dimasukkan dan mencocokkan keluaran dengan target sehingga didapatkan sebuah keluaran yang sama dengan target yang telah ditentukan.

1.2. Tujuan

Penelitian bertujuan untuk mengetahui kematangan buah belimbing manis dengan metode non-destruktif untuk indeks warna RGB dengan pengolahan citra digital berbasis jaringan syaraf tiruan berdasarkan analisis warna buah belimbing manis dengan memanfaatkan kamera. Meningkatkan keakuratan penelitian digunakan metode *multilayer backpropagation* dengan melakukan pelatihan untuk mendapatkan batas-batas yang ada sehingga ketika pengujian sesuai target yang diinginkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdillah, M., 2019. *Penentuan Mutu Buah Tomat (Solanum lycopersicum) Menggunakan Pengolahan Citra Digital Berbasis Jaringan Syaraf Tiruan*. Skripsi. Universitas Sriwijaya.
- Amatillah, H., 2012. *Pengaruh Pemberian Sari Belimbing Manis (Averrhoa carambola Lin) Terhadap Kadar Sgpt Tikus (Rattus norvegicus) Yang Diinduksi Parasetamol Dosis Tosik*. Skripsi. Universitas Sebelas Maret.
- Bangun, P., Nurhayati., dan Sihombing, M, 2021. Pengolahan Citra Untuk Identifikasi Kematangan Buah Jeruk Dengan Menggunakan Metode *Backpropagation* Berdasarkan Nilai HSV. *Jurnal Teknik Informatika Kaputama*, 5(1), 85-91.
- Baswarsiati, 2017. Karakteristik, Penciri dan Keunggulan Belimbing Varietas Karang Sari Sebagai Varietas Unggul Asal Jawa Timur. *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian AGRIKA*, 11(2), 191-205.
- Borman, R. I., Ahmad, I., dan Rahmanto, Y., 2022. Klasifikasi Citra Tanaman Perdu Liar Berkhasiat Obat Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan *Radial Basis Function*. *Bulletin of Informatics and Data Science*, 1(1), 6-13.
- Dahwanu, O., dan Sarjono, 2019. Analisis dan Perancangan Jaringan Saraf Tiruan Untuk Mengidentifikasi Tingkat Kematangan Buah Belimbing Manis (*Averrhoa carambola L.*). *Jurnal Manajemen Sistem Informasi*, 4(1), 65-74.
- Dewi, D. N. N. M., Utama, I. M. S., Kencana, P. K. D., 2020. Pengaruh Campuran Minyak Wijen dan APSA 80 Sebagai Bahan Pelapis terhadap Mutu dan Masa Simpan Buah Manggis. *Jurnal Biosisten dan Teknik Pertanian*, 8(2), 309-320.
- Faizzah, M. R., 2018. *Kajian Mutu Belimbing Manis (Averrhoa carambola L.) Pada Variasi Masa Simpan Dengan Pengolahan Citra Digital Berdasarkan Sifat Fisik dan Kimia*. Skripsi. Universitas Jember.
- Febrina, M., Arina, F., dan Ekawati, R., 2013. Peramalan Jumlah Permintaan Produksi Menggunakan Metode Jaringan Syaraf Tiruan (JST) *Backpropagation*. *Jurnal Teknik Industri*, 1(2), 174-179.
- Fikriyah, Y. U., dan Nasution, R. S., 2021. Analisis Kadar Air dan Kadar Abu Pada Teh Hitam yang Dijual Di Pasaran Dengan Menggunakan Metode Gravimetri. *AMINA*, 3(2), 50-54.
- Firmansyah, M. R. N., Soediby, D. W., dan Wahyuningsih, S., 2019. Pemutuan Belimbing Manis (*Averrhoa carambola L.*) Menggunakan Pengolahan Citra Digital Berbasis Jaringan Syaraf Tiruan. *Jurnal Agritech*, 12(2), 121-130.

- Hajir, M. I., 2016. *Kajian Sifat Fisik Mangga Golek (Mangifera indica L.) Berdasarkan Umur Simpan Menggunakan Pengolahan Citra*. Skripsi. Universitas Jember.
- Hardiyanti, E. F., 2019. *Karakteristik Fisiokimia dan Organoleptik Manisan Kering Belimbing Wuluh (Averrhoa bilimbi L.) Berdasarkan Variasi Konsentrasi Gula Merah dan Jenis Perendam*. Skripsi. Universitas Jember.
- Imaduddin, A. H., Susanto, W. H., dan Wijayanti, N., 2017. Pengaruh Tingkat Kematangan Buah Belimbing (*Averrhoa Carambola L.*) dan Proporsi Penambahan Gula Terhadap Karakteristik Fisikokimia dan Organoleptik Lempok Belimbing. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, 5(2), 45-57.
- Jupan, Nababan, E. B., dan Zarlis, M., 2015. Analisis Fungsi Aktivasi Sigmoid Biner dan Sigmoid Bipolar Dalam Algoritma Backpropagation Pada Prediksi Kemampuan Siswa. *Jurnal Teknovasi*, 2(1), 103-116.
- Mulyani, S., Sunarko, K. M. F., dan Setiani, B. E., 2021. Pengaruh Lama Fermentasi terhadap Total Asam, Total Bakteri Asam Laktat dan Warna Kefir Belimbing Manis (*Averrhoa carambola*). *Jurnal Ilmiah Sains*, 21(2), 113-118.
- Mustadifah, H., dan Sholihah, M., 2022. Tingkat Ketepatan Pengenalan Pola Data Algoritma Pelatihan Pada Jaringan Syaraf Tiruan Menggunakan Model Neuron 10-16-1 dan 15-29-1. *Jurnal Sainteks*, 19(2), 187-197.
- Nafi'yah, N., 2015. Algoritma Kohonen Dalam Mengubah Citra Graylevel Menjadi Citra Biner. *Jurnal Ilmiah Teknologi dan Informasia ASIA (JITIKA)*, 9(2), 49-55.
- Najwa, M., Warsito, B., dan Ispriyanti, D., 2017. Pemodelan Jaringan Syaraf Tiruan Dengan Algoritma *One Step Secant Backpropagation* Dalam Return Kurs Rupiah Terhadap Dolar Amerika Serikat. *Jurnal Gaussian*, 6(1), 61-70.
- Nugroho, A. Y., *Pnajerbandingan Algoritma Branch and Bound dan Algoritma Genetika Untuk Mengatasi Travelling Salesman Problem (TSP) Menggunakan Software Matlab (Studi Kasus Pt. JNE Semarang)*. Skripsi. Universitas Negeri Semarang.
- Riza, M. K., 2019. *Pengaruh Lama Waktu Penambahan Gas CO₂ Terhadap Susut Bobot, Kekerasan, Betakaroten, Total Padatan Terlarut, Kadar Air, Kadar Abu dan Organoleptik Pada Buah Belimbing Manis (Averrhoa carambola L.)*. Skripsi. Universitas Semarang
- Sari, Y. N., 2016. *Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation Untuk Memprediksi Luas Area Serangan Hama Pada Tanaman Bawang*. Skripsi. Universitas Negeri Semarang.

- Setyohadi, D. L. K., 2018. *Pengaruh Tingkat Kematangan Buah Dan Lama Perendaman Dalam Larutan CaCl₂ (Kalsium Klorida) 0,3% Terhadap Parameter Fisik Kimia Dan Organoleptik Manisan Kering Belimbing (Averrhoa carambola)*. Skripsi. Universitas Brawijaya.
- Sholeha, S. F., 2015. *Kajian Sifat Fisik dan Kimia Buah Tomat (Lycopersium esculentum Mill) Menggunakan Pengolahan Citra (Image Processing)*. Skripsi. Universitas Jember.
- Simatupang, E., 2019. Jaringan Syaraf Tiruan Menggunakan Metode Perceptron Untuk Menentukan Penyakit Pada Tanaman Buah Nanas. *Majalah Ilmiah INTI*, 6(2), 218-223.
- Sudarmaji, A., dan Ediati, R. 2011. Identifikasi Kematangan Buah Tropika Berbasis Sistem Penciuman Elektronik Menggunakan Deret Sensor Gas Semikonduktor dengan Metode Jaringan Saraf Tiruan. *Jurnal Keteknikan Pertanian*, 25(1), 49-57.
- Sugiarto, G. G., 2018. *Pengaruh Edible Coating Kombinasi Alginat Dan Minyak Atsiri Sereh Pada Umur Simpan Buah Belimbing Bangkok Merah (Averrhoa carambola L)*. Skripsi. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Sulistiyana, E. dan Handayani, M. N., 2021. Aplikasi *Edible Coating* Buah Sukun (*Artocarpus Altilis*) Pada Buah Belimbing (*Averrhoa Carambola L.*). *Jurnal Edufotech*, 6(1), 59-69.
- Sundarso, A., 2016. Jaringan Syaraf Tiruan Untuk Memprediksi Laju Pertumbuhan Penduduk Menggunakan Metode *Backpropagation* (Studi Kasus Di Kota Bengkulu). *Jurnal Media Infotama*, 12(1), 61-69.
- Syafi'i, S. I., Wahyuningrum, R. T., dan Muntasa, A., 2015. Segmentasi Obyek Pada Citra Digital Menggunakan Metode Otsu *Thresholding*. *Jurnal Informatika*, 13(1), 1-8.
- Wahyuningsih, M. W. S., 2014. *Penerapan Metode Perceptron Untuk Leveling Fitur Kuis Pada Aplikasi Pembelajaran Bahasa Korea*. Skripsi. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
- Whidhiasih, R. N., Nursinta, A. W., dan Supriyanti, 2012. Identifikasi Buah Belimbing Berdasarkan Citra Red-Green-Blue Menggunakan Adaptif Neuro Fuzzy Inference System (Anfis). *Lokakarya Komputasi dalam Sains dan Teknologi Nuklir*, 272-282.
- Wijaya, T. A., Ginardi, H., dan Khotimah, W. N., 2014. Paduan Elemen Warna Sa*b* pada Analisa Urin Dipstick dari Citra Hasil Kamera *Smartphone* dengan Jaringan *Backpropagation*. *Lontar Komputer*, 5(1), 404-415.

Wuryandri, M. D. dan Afrianto, I., 2012. Perbandingan Metode Jaringan Syaraf Tiruan *Backpropagation* dan *Learning Vector Quantization* Pada Pengenalan Wajah. *Jurnal Komputer dan Informatika*, 1(1), 45-51.