

**PREDIKSI MUTU INTERNAL BUAH NANAS (*Ananas comosus* L.) MD2  
MENGUNAKAN INFORMASI WARNA KULIT DAN SUHU BUAH  
BERDASARKAN PERBEDAAN *SHELL COLOR***

(SKRIPSI)

Oleh

**AHMAD NAZAMUDIN**



**FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2024**

## **ABSTRAK**

### **PREDIKSI MUTU INTERNAL BUAH NANAS (*Ananas comosus* L.) MD2 MENGUNAKAN INFORMASI WARNA KULIT DAN SUHU BUAH BERDASARKAN PERBEDAAN *SHELL COLOR***

**Oleh**

**AHMAD NAZAMUDIN**

Produksi nanas di Indonesia menunjukkan peningkatan dalam lima tahun terakhir. Sementara itu nanas merupakan buah dengan umur simpan yang relatif pendek akibat faktor fisiologi, fisika, kimia, dan biologi. Teknologi untuk memperpanjang umur simpan dan pendugaan mutu internal buah secara tidak merusak telah menjadi perhatian dalam dasa warsa terakhir. Penelitian ini mengusulkan metode penilaian mutu nanas berupa total padatan terlarut, kekerasan daging buah, dan tingkat asam tertitrasi buah menggunakan informasi warna kulit dan suhu buah menggunakan Jaringan Saraf Tiruan. Penelitian menggunakan nanas MD2 yang diperoleh dari PT Great Giant Pineapple PG 4 Lampung Timur. Sampel buah nanas yang digunakan 180 buah dengan tiga tingkat kematangan berbeda (SC0, SC1, dan SC2). Dari sampel diperoleh data warna kulit dan suhu buah, selanjutnya digunakan untuk memprediksi parameter mutu seperti Total Padatan Terlarut, kekerasan dan asam tertitrasi. Model Jaringan Saraf Tiruan (JST) dengan struktur 4-10-10-1 dan kombinasi fungsi aktivasi Logsig-Tansig-Purelin dikembangkan untuk memprediksi kualitas internal buah nanas. Hasil penelitian diperoleh sebagai berikut: Suhu buah menurun selama penyimpanan, demikian juga intensitas warna kulit buah (*Ired* dan *Igreen*) berubah dengan laju perubahan dipengaruhi tingkat kematangan. Secara statistik, terdapat perbedaan nyata parameter massa jenis, total padatan terlarut, dan kadar air pada perbedaan tingkat kematangan. Kekerasan dan

total asam tertitrasi juga menunjukkan perubahan selama penyimpanan. Model Jaringan Saraf Tiruan (JST) yang dikembangkan mampu memprediksi mutu internal nanas dengan akurasi yang cukup baik, terutama untuk parameter total padatan terlarut. Kesimpulan penelitian ini, Intensitas *red* dan *green* kulit buah nanas secara signifikan mampu membedakan tingkat kematangan SC2 dengan tingkat kematangan SC0, sedangkan pada intensitas *blue* tidak signifikan mampu membedakan tingkat kematangan buah nanas. Suhu buah tidak secara kuat dapat digunakan untuk menjelaskan parameter mutu internal buah seperti total padatan terlarut, kekerasan daging buah, dan asam tertitrasi buah nanas. Pengembangan model prediksi menggunakan metode Jaringan Saraf Tiruan (JST) dengan arsitektur jaringan 4 node *input*, 10 node hidden layer-1, 10 hidden layer-2, dan 1 *output* diperoleh model optimum pada fungsi aktivasi terbaik pada proses pelatihan dan pengujian model untuk parameter total padatan terlarut yaitu *Logsig-Tansig-Logsig* dengan  $R^2 = 1$  dan RMSE 4,58E-04 pada pelatihan dan  $R^2 = 0,027$  dan RMSE = 6,4228 pada pengujian. Sedangkan untuk kekerasan daging buah adalah *Purelin-Tansig-Purelin*, berturut-turut untuk pelatihan dan pengujian, adalah sebesar  $R^2 = 0,8858$  dan RMSE = 4,81E-02 dan  $R^2 = 0,2801$  dan RMSE = 0,1755. Selanjutnya, untuk asam tertitrasi fungsi aktivasi terbaik adalah *Purelin-Tansig-Logsig* dengan  $R^2$  dan RMSE berturut-turut sebesar 1 dan 4,82E-06 untuk pelatihan dan  $R^2$  sebesar 0,0609 dan RMSE sebesar 0,3805 untuk pengujian.

**Key word:** Citra *Visible*, dan Citra *Thermal*, Jaringan Saraf Tiruan, Nanas, Mutu Internal.

## **ABSTRACT**

### **PREDIKSI MUTU INTERNAL BUAH NANAS (*Ananas comosus* L.) MD2 MENGUNAKAN INFORMASI WARNA KULIT DAN SUHU BUAH BERDASARKAN PERBEDAAN *SHELL COLOR***

**By**

**AHMAD NAZAMUDIN**

Pineapple production in Indonesia has shown an increase in the last five years. Meanwhile, pineapple is a fruit with a relatively short shelf life due to physiological, physical, chemical, and biological factors. Technology to extend shelf life and to predict the internal quality of fruit in a non-destructive way has been a concern in recent decades. The research proposes a method of assessing the quality of pineapples in the form of total dissolved solids, firmness of the fruit flesh, and the level of acidity of the titrated fruit using skin color and temperature information using Artificial Neural Networks. The study used pineapple MD2 obtained from PT Great Giant Pineapple PG 4 East Lampung. A sample of 180 pineapple fruits was used with three different levels of ripeness (SC0, SC1, and SC2). From the sample obtained data on skin color and temperature of the fruit, it is then used to predict quality parameters such as total soluble solids, firmness, and titrated acid. A JST model with a 4-10-10-1 structure and a combination of Logsig-Tansig-Pureline activation functions was developed to predict the internal quality of pineapples. The results of the study were as follows: The temperature of the fruit decreases during storage, as well as the intensity of the color of the skin of the fruit (Ired and Igreen) changes with the rate of change influenced by the level of maturity. Statistically, there is a marked difference in the parameters of type weight,

total dissolved solids, and water content at different maturity levels. The firmness and total titratable acidity also showed changes during storage. The developed JST model is able to predict the internal quality of pineapples with a fairly good accuracy, especially for the total soluble solids. The study concluded that the intensity of red and green of the pineapple skin significantly distinguishes the maturity of SC2 with the maturity of SC0, while the intensity of blue is not significantly able to distinguish the maturity of pineapple. The temperature of the fruit is not strongly used to explain internal quality parameters of the fruit such as total soluble solids, firmness of the fruit flesh, and the titratable acid of the pineapple fruit. The development of predictive models using the Artificial Neural Network (JST) method with a network architecture of 4 input nodes, 10 hidden layer-1 nodes, 10 hidden layer-2 nodes, and 1 output obtained the optimum model on the best activation function in the training and testing process of the model for the total parameters of the dissolved solids namely Logsig-Tansig-Logsig with  $R^2 = 1$  and RMSE  $4.58E-04$  in the training and  $R^2 = 0.027$  and RMSE = 6.4228 in the testing. As for the firmness of the fruit flesh is Purelin-Tansig-Purelin, respectively for training and testing, is as  $R^2 = 0.8858$  and RMSE =  $4.81E-02$  and  $R^2 = 0.2801$  and RMSE = 0.1755. Further, for titrated acids the best activation function is Purelin-Tansig-Logsig with  $R^2$  and RMSE respectively of 1 and  $4.82E-06$  for training and  $R^2$  of 0.0609 and RMSE of 0.3805 for testing.

**Keywords:** Artificial neural networks, internal quality, pineapple, visible and thermal imaging

**PREDIKSI MUTU INTERNAL BUAH NANAS (*Ananas comosus* L.) MD2  
MENGUNAKAN INFORMASI WARNA KULIT DAN SUHU BUAH  
BERDASARKAN PERBEDAAN *SHELL COLOR***

**Oleh**

**Ahmad Nazamudin**

**Skripsi**

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar  
SARJANA TEKNIK**

**Pada**

**Jurusan Teknik Pertanian  
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2024**



Judul Skripsi

**PREDIKSI MUTU INTERNAL BUAH NANAS  
(*Ananas comosus* L.) MD2 MENGGUNAKAN  
INFORMASI WARNA KULIT DAN SUHU BUAH  
BERDASARKAN PERBEDAAN *SHELL COLOR***

Nama Mahasiswa

**Ahmad Nazamudin**

Nomor Pokok Mahasiswa: 2014071032

Program Studi

Teknik Pertanian

Fakultas

Pertanian

**MENYETUJUI**

**1. Komisi Pembimbing**

**Ir. Sri Waluyo, S.T.P., M.Si., Ph.D., IPU.** **Dwi Dian Novita, S.T.P., M.Si.**

NIP. 197203111997031002

NIP. 198209242006042001

**2. Ketua Jurusan Teknik Pertanian**

**Dr. Ir. Sandi Asmara, M.Si.**

NIP. 196210101989021002



**MENGESAHKAN**

**I. Tim Penguji**


**Ketua**

**Ir. Sri Waluyo, S.T.P., M.Si., Ph.D., IPU.**



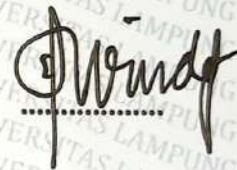
**Sekretaris**

**Dwi Dian Novita, S.T.P., M.Si.**



**Penguji**

**Winda Rahmawati, S.T.P., M.Si., M.Sc.**



**Dekan Fakultas Pertanian**



**Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P.**

**NIP. 196411181989021002**



**Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 27 September 2024**



## PERNYATAAN HASIL KARYA

Bersamaan dengan pernyataan ini saya **Ahmad Nazamudin**, NPM **2014071032**, menyatakan bahwa apa yang saya tuangkan dalam pembuatan karya ilmiah ini merupakan tulisan saya sebagai syarat kelulusan saya yang dibimbing oleh Komisi Pembimbing, 1) **Ir. Sri Waluyo, S.T.P., M.Si., Ph.D., IPU.** dan 2) **Dwi Dian Novita, S.T.P., M.Si.** Karya tulis ini saya tulis berdasarkan pengetahuan dan informasi yang telah saya dapatkan. Karya ilmiah ini berisi material yang dibuat sendiri berdasarkan hasil rujukan dari beberapa sumber terpercaya lain seperti buku, jurnal, dll yang telah dipublikasikan atau dengan kata lain bukan hasil plagiat karya orang lain.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat kecurangan dalam karya ilmiah ini, maka saya siap mempertanggung jawabkannya.

Bandar Lampung, 10. Oktober 2024  
Yang membuat pernyataan,



*Ahmad Nazamudin*  
**Ahmad Nazamudin**  
**NPM. 2014071032**

## RIWAYAT HIDUP



Penulis lahir di Kota Cilegon, Provinsi Banten pada tanggal 29 September 2002. Penulis merupakan anak ke-empat dari pasangan Bapak Ali Rahman dan Ibu Laila. Penulis telah menempuh pendidikan Sekolah Dasar (SD) di SDN Warnasari dan selesai studi pada tahun 2014. Penulis melanjutkan pendidikan Madrasah Tsanawiyah (MTs) di MTsN 2 kota Cilegon dan selesai studi pada tahun 2017, kemudian melanjutkan pendidikan Madrasah Aliyah (MA) di MAN 2 Kota Cilegon Jurusan Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) dan selesai studi pada tahun 2020.

Penulis menjadi salah satu mahasiswa jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN) pada tahun 2020. Pada masa perkuliahan penulis pernah menjadi Asisten Dosen pada beberapa mata kuliah, diantaranya Fisika Dasar dan Survei dan Pemetaan.

Penulis telah menyelesaikan Kuliah Kerja Nyata (KKN) Periode I tahun 2023 di Desa Kagungan, Kecamatan Lumbok Seminung, Kabupaten Lampung Barat, Provinsi Lampung pada tanggal 9 Januari sampai 13 Februari 2023. Kemudian pada tanggal 26 Juni sampai 12 Agustus 2023, penulis melakukan kegiatan Praktik Umum (PU) di Pusat Penelitian Teh dan Kina (PPTK) dengan judul laporan Praktik Umum (PU) “Rancang Bangun Bantalan Khusus Pencegah Kandas pada Proses Pemetikan Menggunakan Mesin Petik di Pusat Penelitian Teh dan Kina Gambung, Kabupaten Bandung, Jawa Barat”.

Penulis telah mengikuti program Merdeka Belajar Kampus Merdeka (MBKM) Magang Studi Independen Bersertifikat (MSIB) Batch 5 pada tahun 2023 dengan mitra *Bangkit Academy*.

## **Persembahan**

*Segala puji bagi Allah SWT atas segala sifat-Nya yang telah memberikan rahmat, hidayah, kesehatan, dan kemudahan dalam setiap langkah sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulis meyakini bahwa skripsi ini adalah bagian dari ibadah, bentuk perjuangan dalam menimba ilmu untuk menebar kebermanfaatan bagi Agama, Negara, dan Masyarakat.*

*Skripsi ini penulis persembahkan untuk:*

### **Kedua Orang Tua**

*Tulang punggung kokoh pelindung dan penyangga hidup keluarga, Bapakku Ali Rahman dan pintu Surga yang ikhlas dan sabar-nya begitu luas dalam merawat dan mendidik anak-anaknya, Ibuku Laila. Terimakasih selama ini kalian selalu mengupayakan segala yang dimiliki baik berupa materi, tenaga, pikiran, serta doa demi keberhasilanku.*

### **Keluargaku**

*Kakakku Shofia Manzalini, Kakakku Muhammad Farhan, Kakakku Adnan Khawarizwi, adikku Muhammad Ihza Basyir, Adikku Azhar Fadli, Adikku Arja Fathul Alim serta keluarga besarku atas segala doa, dukungan, dan semangat yang tiada henti.*

Serta

### **Almamater Tercinta**

Teknik Pertanian Universitas Lampung 2020

## SANWACANA

Puji syukur kehadirat Allah Subhanahu Wata'ala atas segala nikmat, hidayah, dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini. Sholawat serta salam semoga selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad Shallallahu Alaihi Wasallam serta keluarga dan para sahabatnya.

Skripsi dengan judul **“PREDIKSI MUTU INTERNAL BUAH NANAS (*Ananas comosus* L.) MD2 MENGGUNAKAN INFORMASI WARNA KULIT DAN SUHU BUAH BERDASARKAN PERBEDAAN *SHELL COLOR*”** merupakan salah syarat bagi penulis untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.) di Universitas Lampung.

Penulis memahami dan menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini tidak luput dari kekurangan dan kesalahan. Banyak pihak yang memberikan bantuan, dukungan serta memberikan bimbingan kepada penulis selama proses penelitian hingga penyusunan tugas akhir ini. Oleh karena itu, penulis ucapkan terima kasih kepada semua pihak, di antaranya:

1. Bapak Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P. selaku Dekan Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
2. Bapak Dr. Ir. Sandi Asmara, M.Si., selaku Ketua Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
3. Bapak Ir. Sri Waluyo, S.T.P., M.Si., Ph.D., IPU., selaku dosen Pembimbing Utama yang sudah meluangkan waktunya untuk memberikan masukan, arahan, motivasi, dan nasihat selama proses penelitian hingga penyusunan skripsi ini.
4. Ibu Dwi Dian Novita, S.T.P., M.Si. selaku dosen Pembimbing Kedua sekaligus Pembimbing Akademik (PA) penulis selama menempuh



Pendidikan di Jurusan Teknik Pertanian yang membimbing, memberi saran, dan dorongan dalam proses penyusunan skripsi ini.

5. Ibu Winda Rahmawati, S.T.P., M.Si., M.Sc. selaku dosen pembahas penulis yang telah memberikan kritik, koreksi dan arahan dalam penyelesaian skripsi ini.
6. Seluruh Dosen dan Staf Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
7. Kedua orang tua penulis, Bapak Ali Rahman dan Ibu Laila, kakakku Shofia Manzalini, Kakakku Muhammad Farhan, Kakakku Adnan Khawarizwi, adikku Muhammad Ihza Basyir, Adikku Azhar Fadli, Adikku Arja Fathul Alim, serta seluruh anggota keluarga besar atas semua doa, kasih sayang, dukungan, nasihat, dan materil yang selama ini diberikan.
8. Tim Riset and Development Plantation Group 4 PT Great Giant Pineapple yang telah membantu untuk melakukan penelitian tentang pascapanen buah nanas yang telah membantu kami dalam mengumpulkan data yang disediakan, sangat membantu kelancaran penelitian. Penulis berharap hasil penelitian ini dapat menjadi bahan pertimbangan dalam meningkatkan kualitas pengolahan pascapanen buah nanas di perusahaan.
9. Mahasiswi dengan inisial WRP, yang senantiasa menemani dalam keadaan suka maupun duka dan selalu memberikan dukungan yang terbaik.
10. Teman-teman penelitian bidang kajian ilmu Pengolahan Pascapanen nanas, sahabat kontrakan penulis, dan teman-teman Teknik Pertanian 2020 yang telah banyak membantu penulis dalam pengolahan data dan penyusunan skripsi ini.

Semoga Allah Subhanahu Wata'ala senantiasa membalas kebaikan semua pihak yang terlibat. Penulis menyadari bahwa skripsi ini jauh dari kata sempurna.

Semoga skripsi ini memberi banyak manfaat dan berguna untuk dijadikan referensi bagi penelitian selanjutnya dan semua orang.

Bandar Lampung, .....  
Penulis

Ahmad Nazamudin

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xi</b>
<b>I. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Hipotesis Penelitian .....	3
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>5</b>
2.1 Buah Nanas.....	5
2.1.1 Mengenal Tanaman Nanas .....	5
2.1.2 Kandungan Gizi Buah Nanas .....	6
2.2 Kualitas Buah Nanas .....	7
2.2.1 Kematangan .....	7
2.2.2 Mutu Internal Buah Nanas.....	8
2.3 Respirasi Buah.....	9
2.4 Metode Prediksi Mutu Internal Buah Nanas .....	11
2.4.1 Metode <i>Thermal Image</i> .....	11
2.4.2 Metode Pengolahan Citra .....	12
2.5 Jaringan Saraf Tiruan.....	12
2.5.1 Arsitektur Jaringan Saraf Tiruan .....	14
2.5.2 Perancangan Arsitektur Jaringan Saraf Tiruan.....	15
2.5.3 Parameter .....	17
2.5.4 Fungsi Aktivasi Jaringan Saraf Tiruan .....	18
2.5.5 RMSE (Root Mean Square Error) .....	19

2.5.6 R Square .....	20
<b>III. METODE PENELITIAN .....</b>	<b>21</b>
3.1 Waktu dan Tempat.....	21
3.2 Alat dan Bahan .....	21
3.3 Rancangan Penelitian .....	21
3.4 Prosedur Penelitian .....	22
3.5 Parameter Penelitian .....	27
3.5.1 Warna Buah ( <i>Visible Image</i> ) .....	27
3.5.2 Suhu Buah.....	29
3.5.3 Massa jenis .....	30
3.5.4 Susut Bobot.....	31
3.5.5 Kekerasan .....	31
3.5.6 Asam Tertitrasi ( <i>Titrateable Acid</i> ) .....	32
3.5.7 Kadar Air .....	33
3.5.8 Total Padatan Terlarut (Brix) .....	33
3.6 Analisis Data .....	34
3.6.1 Analisis Deskriptif.....	34
3.6.2 Uji ANOVA.....	34
3.6.3 Pengembangan Arsitektur Jaringan Saraf Tiruan.....	34
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>38</b>
4.1 Suhu Buah ( <i>Thermal Image</i> ) .....	38
4.2 Warna Kulit ( <i>Visible Image</i> ) .....	40
4.2.1 Warna Kulit Intensitas <i>Red (IRed)</i> .....	42
4.2.2 Warna Kulit Intensitas <i>Green (IGreen)</i> .....	44
4.2.3 Warna Kulit Intensitas <i>Blue (IBlue)</i> .....	47
4.3 Warna Daging Buah ( <i>Visible image</i> ).....	48
4.3.1 Warna Daging Intensitas <i>Red (IRed)</i> .....	49
4.3.2 Warna Daging Intensitas <i>Green (IGreen)</i> .....	51
4.3.3 Warna Daging Intensitas <i>Blue (IBlue)</i> .....	53
4.4 Massa jenis .....	55
4.5 Susut Bobot .....	57
4.6 Total Padatan Terlarut (TPT) .....	59

4.7	Kadar Air .....	62
4.8	Asam Titrasi ( <i>Titrateable Acid</i> ) .....	65
4.9	Kekerasan Daging Buah .....	67
4.10	Analisis Tingkat Kematangan (SC) Dengan Warna Kulit.....	69
4.10.1	Hubungan Tingkat Kematangan (SC) Dengan Intensitas <i>Red (IRed)</i> .....	69
4.10.2	Hubungan Tingkat Kematangan (SC) Dengan Intensitas <i>Green (IGreen)</i> .....	70
4.10.3	Hubungan Tingkat Kematangan (SC) Dengan Intensitas <i>Blue (IBlue)</i> .....	71
4.11	Analisis Hubungan Warna Kulit dengan Warna Daging Buah Nanas .	72
4.12	Analisis Hubungan Suhu Buah Nanas Dengan Mutu Internal .....	76
4.13	Analisis Jaringan Saraf Tiruan .....	77
4.13.1	Pelatihan dan Pengujian Model JST.....	77
4.13.2	Model Jaringan Saraf Tiruan (JST) .....	85
<b>V.</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>95</b>
5.1	Kesimpulan.....	95
5.2	Saran .....	96
	<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>97</b>
	<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>104</b>



## DAFTAR TABEL

Tabel	Teks	Halaman
1.	Klasifikasi Tanaman Nanas.....	5
2.	Kandungan Gizi Nanas .....	6
3.	Rancangan Percobaan .....	22
4.	Hasil ANOVA Pengaruh Perbedaan SC Terhadap Suhu Buah Nanas Pada Hari ke-1 .....	40
5.	Hasil ANOVA Pengaruh Perbedaan SC Terhadap Suhu Buah Nanas Pada Hari ke-10 .....	40
6.	Hasil Uji Lanjut Pengaruh Perbedaan Tingkat kematangan Terhadap Suhu Buah Selama Penyimpanan.....	40
7.	Informasi Umum Perubahan Warna Kulit Buah Nanas Selama Penyimpanan .....	41
8.	Hasil ANOVA Pengaruh Perbedaan SC terhadap Intensitas <i>Red</i> kulit Pada Hari ke-1 .....	44
9.	Hasil ANOVA Pengaruh Perbedaan SC terhadap Intensitas <i>Red</i> kulit Pada Hari ke-10 .....	44
10.	Hasil Uji Lanjut Pengaruh Perbedaan Tingkat kematangan Terhadap Warna Kulit Intensitas <i>Red</i> Selama Penyimpanan.....	44
11.	Hasil ANOVA Pengaruh Perbedaan Tingkat Kematangan Terhadap Warna Kulit ( <i>Green</i> ) Hari ke-1 .....	46
12.	Hasil ANOVA Pengaruh Perbedaan Tingkat Kematangan Terhadap Warna Kulit ( <i>Green</i> ) Hari ke-10.....	46
13.	Hasil Uji Lanjut Pengaruh Perbedaan Tingkat kematangan Terhadap Warna Kulit Intensitas <i>Green</i> Selama Penyimpanan.....	46
14.	Hasil ANOVA Perbedaan Tingkat Kematangan Terhadap Warna Kulit ( <i>Blue</i> ) Hari ke-1 .....	48

15. Hasil ANOVA Perbedaan Tingkat Kematangan Terhadap Warna Kulit ( <i>Blue</i> ) Hari ke-10 .....	48
16. Hasil ANOVA Pengaruh Perbedaan SC Terhadap Warna Daging ( <i>Red</i> ) Hari ke-1 .....	50
17. Hasil ANOVA Pengaruh Perbedaan SC Terhadap Warna Daging ( <i>Red</i> ) Hari ke-10 .....	51
18. Hasil Uji ANOVA Pengaruh Perbedaan Tingkat Kematangan Terhadap Warna Daging Intensitas <i>Green</i> Hari Ke-1 .....	53
19. Hasil Uji ANOVA Pengaruh Perbedaan Tingkat Kematangan Terhadap Warna Daging Intensitas <i>Green</i> Hari Ke-10.....	53
20. Hasil ANOVA Pengaruh Perbedaan SC Terhadap Warna Daging Intensitas <i>Blue</i> Hari Ke-1 .....	54
21. Hasil ANOVA Pengaruh Perbedaan SC Terhadap Warna Daging Intensitas <i>Blue</i> Hari Ke-10.....	54
22. Hasil Uji Lanjut Pengaruh Perbedaan Tingkat kematangan Terhadap Warna Daging Intensitas <i>Blue</i> Selama Penyimpanan .....	54
23. Hasil ANOVA Pengaruh Perbedaan Tingkat Kematangan Terhadap Massa jenis Hari Ke-1 .....	56
24. Hasil ANOVA Pengaruh Perbedaan Tingkat Kematangan Terhadap Massa jenis Hari Ke-10.....	57
25. Hasil ANOVA Pengaruh Perbedaan SC Terhadap Susut Bobot Hari Ke-2.....	59
26. Hasil ANOVA Pengaruh Perbedaan SC Terhadap Susut Bobot Hari Ke-10.....	59
27. Hasil ANOVA Pengaruh Perbedaan Tingkat Kematangan Terhadap Total Padatan Terlarut Hari Ke-1.....	62
28. Hasil ANOVA Pengaruh Perbedaan Tingkat Kematangan Terhadap Total Padatan Terlarut Hari Ke-10.....	62
29. Hasil Uji Lanjut Pengaruh Perbedaan Tingkat kematangan Terhadap Total Padatan Terlarut Selama Penyimpanan .....	62
30. Hasil Uji ANOVA Pengaruh Tingkat Kematangan Terhadap Kadar Air Buah Nanas Hari Ke-1 .....	64
31. Hasil Uji ANOVA Pengaruh Tingkat Kematangan Terhadap Kadar Air Buah Nanas Hari Ke-10 .....	64

32. Hasil Uji Lanjut Pengaruh Perbedaan Tingkat kematangan Terhadap Kadar Air Buah Nanas Selama Penyimpanan.....	64
33. Hasil Uji ANOVA Pengaruh Tingkat Kematangan Terhadap Nilai Asam tertitrasi Hari Ke-1 .....	66
34. Hasil Uji ANOVA Pengaruh Tingkat Kematangan Terhadap Nilai Asam tertitrasi Hari Ke-10.....	66
35. Hasil Uji ANOVA Pengaruh Perbedaan SC Terhadap Kekerasan Daging Buah Hari Ke-1 .....	69
36. Hasil Uji ANOVA Pengaruh Perbedaan SC Terhadap Kekerasan Daging Buah Hari Ke-10 .....	69
37. Hasil Uji Lanjut Pengaruh Perbedaan Tingkat kematangan Terhadap Kekerasan Daging Buah Selama Penyimpanan .....	69
38. Hasil Pelatihan dan Pengujian Model JST TPT pada Variasi Fungsi Aktivasi .....	79
39. Hasil Pelatihan dan Pengujian Model JST Kekerasan Daging pada Variasi Fungsi Aktivasi.....	81
40. Hasil Pelatihan dan Pengujian Model JST Asam tertitrasi pada Variasi Fungsi Aktivasi .....	83

#### Lampiran

41. Data Suhu Buah Selama Penyimpanan .....	105
42. Data Warna Kulit Intensitas <i>Red</i> Selama Penyimpanan .....	105
43. Data Warna Kulit Intensitas <i>Green</i> Selama Penyimpanan .....	105
44. Data warna Kulit Intensitas <i>Blue</i> Selama Penyimpanan .....	105
45. Data Warna Daging Intensitas <i>Red</i> Selama Penyimpanan.....	106
46. Data Warna Daging Intensitas <i>Green</i> Selama Penyimpanan .....	106
47. Data Warna Daging Intensitas <i>Blue</i> Selama Penyimpanan .....	106
48. Data Susut Bobot Buah Selama Penyimpanan.....	106
49. Data Massa jenis Buah Selama Penyimpanan .....	107
50. Data Total Padatan Terlarut Buah Selama Penyimpanan .....	107
51. Data Kekerasan Daging Buah Selama Penyimpanan.....	107
52. Data Asam Tertitrasi Buah Selama Penyimpanan .....	107
53. Data Kadar Air Buah Selama Penyimpanan .....	108

54. Hasil Uji ANOVA Pengaruh Perbedaan Tingkat Kematangan Terhadap Suhu Buah Hari ke-1 Sampai Hari ke-10.....	108
55. Hasil Uji ANOVA Pengaruh Tingkat Kematangan Terhadap Warna Kulit Intensitas <i>Red</i> Hari ke-1 Sampai Hari ke-10 .....	110
56. Hasil Uji ANOVA Pengaruh Tingkat Kematangan Terhadap Warna Kulit Intensitas <i>GREEN</i> Hari ke-1 Sampai Hari ke-10.....	111
57. Hasil Uji ANOVA Pengaruh Tingkat Kematangan Terhadap Warna kulit Intensitas <i>BLUE</i> Hari ke-1 Sampai Hari ke-10.....	113
58. Hasil Uji ANOVA Pengaruh Tingkat Kematangan Terhadap Warna Daging Intensitas <i>Red</i> Hari ke-1 Sampai Hari ke-10.....	114
59. Hasil Uji ANOVA Pengaruh Tingkat Kematangan terhadap Warna Daging Buah Intensitas <i>Green</i> Hari ke-1 Sampai Hari ke-10.....	115
60. Hasil Uji ANOVA Pengaruh Tingkat Kematangan Terhadap Warna Daging Intensitas <i>Blue</i> Hari ke-1 Sampai Hari ke-10.....	117
61. Hasil Uji ANOVA Pengaruh Tingkat Kematangan Terhadap Susut Bobot Buah Nanas Hari ke-1 Sampai Hari ke-10 .....	118
62. Hasil Uji ANOVA Pengaruh Tingkat Kematangan Terhadap kekerasan Daging Buah Nanas Hari ke-1 Sampai Hari ke-10 .....	119
63. Hasil Uji ANOVA Pengaruh Tingkat Kematangan Terhadap Asam Tertitiasi Buah Nanas Hari ke-1 Sampai Hari ke-10 .....	121
64. Hasil Uji ANOVA Pengaruh Perbedaan Tingkat Kematangan Terhadap Kadar Air Buah Nanas Hari ke-1 Sampai hari ke-10 .....	122
65. Hasil Uji ANOVA Pengaruh Perbedaan Tingkat Kematangan Terhadap Massa jenis Buah Nanas Hari ke-1 Sampai Hari Ke-10.....	123
66. ANOVA dan Uji Total Padatan terlarut Buah Nanas Hari ke-1 Sampai Hari ke-10 .....	125
67. Bobot dan Bias Input-Hidden Layer 1 pada JST Mutu Internal TPT .....	126
68. Bobot dan Bias Hidden Layer1-Hidden Layer 2 pada JST Mutu Internal TPT .....	127
69. Bobot dan Bias Hidden Layer2-Output pada JST Mutu Internal TPT.....	127
70. Bobot dan Bias Input-Hidden Layer 1 pada JST Mutu Internal Kekerasan Daging Buah .....	127
71. Bobot dan Bias Hidden Layer1-Hidden Layer 2 pada JST Mutu Internal Kekerasan Daging Buah .....	128



72. Bobot dan Bias Hidden Layer 2-Output pada JST Mutu Internal Kekerasan Daging Buah .....	128
73. Bobot dan Bias Input-Hidden Layer 1 pada JST Mutu Internal Asam Titrasi.....	129
74. Bobot dan Bias Hidden Layer 1-Hidden Layer 2 pada JST Mutu Internal Asam Titrasi .....	129
75. Bobot dan Bias Hidden Layer 2-Output pada JST Mutu Internal Asam Titrasi.....	130

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Teks	Halaman
	1. Tingkat Kematangan Buah Nanas.....	7
	2. Reaksi Kimia Proses Respirasi (Novitasari, 2017) .....	11
	3. Model Neuron (Fharadila & Chandra, 2019).....	13
	4. <i>Single Layer Network</i> .....	14
	5. <i>MultiLayer Network</i> .....	15
	6. Fungsi Sigmoid Biner (Saputra, et al., 2020).....	18
	7. Fungsi Sigmoid Bipolar (Saputra, et al., 2020).....	19
	8. Fungsi Linear .....	19
	9. Diagram Alir Prosedur Penelitian .....	23
	10. Diagram Alir Proses Pengambilan Citra <i>Thermal</i> Buah Nanas .....	24
	11. Diagram Alir Proses Pengambilan Citra <i>Visible</i> Buah Nanas .....	25
	12. Diagram Alir Proses Jaringan Saraf Tiruan .....	26
	13. Ilustrasi Pengambilan Citra .....	28
	14. Tahapan Prosedur Pengolahan Citra <i>Visible</i> Dengan Matlab .....	29
	15. Titik Pengambilan Sampel Kekerasan Daging Buah .....	32
	16. Area Pengambilan Sampel TPT .....	33
	17. Model Arsitektur Jaringan Saraf Tiruan .....	36
	18. Algoritma Model Prediksi dengan JST .....	37
	19. Grafik Perubahan Suhu Buah Selama Penyimpanan .....	39
	20. Grafik Perubahan Warna Kulit ( <i>Red</i> ) Selama Penyimpanan .....	43
	21. Grafik Perubahan Warna Kulit ( <i>Green</i> ) Selama Penyimpanan .....	45
	22. Grafik Perubahan Warna Kulit ( <i>Blue</i> ) Selama Penyimpanan .....	47
	23. Perubahan Warna Daging ( <i>Red</i> ) Selama Penyimpanan .....	49
	24. Hasil Pengolahan Citra Daging Buah Intensitas <i>Red</i> Pada Hari Ke-5 .....	50

25. Grafik Perubahan Warna Daging ( <i>Green</i> ) Selama Penyimpanan.....	51
26. Hasil Pengolahan Citra Daging Buah Intensitas <i>Green</i> Pada Hari Ke-5 .....	52
27. Grafik Perubahan Warna Daging ( <i>Blue</i> ) Selama Penyimpanan .....	53
28. Grafik Perubahan Massa jenis Selama Penyimpanan .....	56
29. Grafik Susut Bobot Selama Penyimpanan .....	58
30. Grafik Total Padatan Terlarut Selama Penyimpanan.....	61
31. Grafik Perubahan Kadar Air Buah Nanas Selama Penyimpanan .....	63
32. Grafik Perubahan Asam tertitrasi Buah Nanas Selama Penyimpanan.....	66
33. Grafik Perubahan Kekerasan Daging Buah Selama Penyimpanan.....	68
34. Grafik Hubungan Perbedaan Tingkat Kematangan Terhadap Warna Kulit ( <i>Red</i> ) .....	70
35. Grafik Hubungan Perbedaan Tingkat Kematangan Terhadap Warna Kulit ( <i>Green</i> ).....	71
36. Grafik Hubungan Perbedaan Tingkat Kematangan Terhadap Warna Kulit ( <i>Blue</i> ) .....	72
37. Hubungan Warna Kulit dan Daging Buah Intensitas <i>Red</i> .....	72
38. Hubungan Warna Kulit dan Daging Buah Intensitas <i>Green</i> .....	73
39. Hubungan Warna Kulit dan Daging Buah Intensitas <i>Blue</i> .....	74
40. Hubungan Suhu Buah dengan Total Padatan Terlarut.....	76
41. Hubungan Suhu Buah dengan Asam Tertitrasi.....	77
42. Hubungan Suhu Buah dengan Kekerasan Daging Buah.....	77
43. Histogram Pelatihan JST Mutu Internal TPT.....	78
44. Histogram Pengujian JST Mutu Internal TPT .....	79
45. Histogram Pelatihan JST Mutu Internal Asam tertitrasi Kekerasan Daging Buah .....	80
46. Histogram Pengujian JST Mutu Internal Kekerasan Daging Buah .....	81
47. Histogram Pelatihan JST Mutu Internal Asam tertitrasi .....	82
48. Histogram Pengujian JST Mutu Internal Asam Tertitrasi .....	83
Lampiran	
49. Proses Ekstraksi Citra <i>Thermal Image</i> .....	130
50. Proses Ekstraksi Citra <i>Visible Image</i> Kulit (Menghilangkan <i>Background</i> ).....	130
51. Proses Ekstraksi Citra <i>Visible Image</i> Kulit (Intensitas R-G-B) .....	131

52. Histogram R-G-B Hasil Ekstraksi Citra <i>Visible Image</i> Kulit .....	131
53. Proses Ekstraksi Citra <i>Visible Image</i> Daging (Menghilangkan <i>Background</i> ).....	132
54. Proses Ekstraksi Citra <i>Visible Image</i> Daging (Intensitas R-G-B).....	132
55. Histogram R-G-B Hasil Ekstraksi Citra <i>Visible Image</i> Daging.....	132
56. Pengambilan Citra <i>Thermal Image</i> .....	133
57. Pengambilan Citra <i>Visible Image</i> (Kulit).....	133
58. Pengambilan Citra <i>Visible Image</i> (Daging) .....	134
59. Pengambilan Data Massa jenis Buah .....	134
60. Pengambilan Data Total Padatan Terlarut .....	135
61. Pengambilan Data Asam Titrasi Buah.....	135
62. Pengambilan Data Kekerasan Daging Buah .....	136
63. Sampel Kadar Air Buah .....	136
64. Pengambilan Data Susut Bobot Buah .....	137

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Nanas (*Ananas comosus*) merupakan buah tropis populer yang ditemukan di seluruh dunia karena rasanya yang manis dan menyegarkan. Berdasarkan data BPS (2023), produksi nanas di Indonesia mengalami peningkatan pada tahun 2021 hingga 2022. Produksi nanas pada tahun 2021 hingga 2022 diperkirakan mencapai 10,98 persen. Nanas merupakan salah satu buah yang populer di kalangan masyarakat Indonesia, dikenal juga sebagai buah tropis yang kaya akan nutrisi. Nilai gizi nanas, termasuk vitamin C, serat, dan antioksidan menjadikannya pilihan yang sangat baik untuk menjaga kesehatan (Hossain, et al., 2015). Meskipun demikian, Nanas merupakan buah yang mudah rusak dan mempunyai umur yang relatif pendek (Lu, et al., 2011). Kerusakan ini mengakibatkan perubahan warna, aroma, rasa, tekstur, dan umur simpan (Mufidah, dkk., 2022). Oleh karena itu penanganan pascapanen nanas harus diperhatikan agar kualitas nanas terjaga.

Metode penilaian mutu yang dilakukan para petani pada umumnya adalah metode konvensional. Metode konvensional atau metode manual dalam proses penilaian mutu banyak memiliki kekurangan dan keterbatasan. Salah satu contoh kekurangan dan keterbatasan adalah cara manual untuk menentukan kematangan buah nanas biasanya dilakukan melalui penampakan dan bau buah, serta indera peraba (Sutisna & Chairulloh, 2022). Cara ini dinilai kurang efektif apabila jumlah nanas yang akan disortir berdasarkan kematangannya sangat banyak berdasarkan sifat-sifat fisik dan organoleptik buah. Sifat fisik yang dievaluasi meliputi ukuran, bentuk, warna, bobot, dan tekstur. Sifat sensoris yang dinilai meliputi rasa, aroma, dan tekstur (Fidyasari, dkk., 2022) Penentuan mutu buah

nanas secara konvensional harus merusak buah terlebih dahulu sehingga nilai buah menjadi turun. Oleh karena itu, prediksi mutu internal buah nanas menggunakan informasi warna kulit dan suhu buah diharapkan dapat menentukan mutu buah tanpa merusak atau non-destruktif dan dapat meningkatkan efisiensi dalam penilaian mutu buah nanas.

Kualitas nanas secara keseluruhan dapat ditentukan oleh berbagai parameter kualitas, termasuk warna. Warna kulit nanas tidak hanya memiliki nilai estetika tetapi juga memberikan informasi penting mengenai kematangan dan sifat sensoriknya. Nanas diklasifikasikan ke dalam tujuh indeks mulai dari nanas hijau tua atau nanas mentah hingga nanas oranye, kuning, atau matang (Lustini, dkk., 2019). Perubahan warna kulit nanas dianggap sebagai salah satu tanda visual yang paling mudah dikenali selama proses pematangan.

Proses kematangan buah nanas juga melibatkan serangkaian perubahan yang tidak hanya terlihat secara fisik, tetapi juga mencakup dinamika internal yang signifikan. Salah satu aspek yang menonjol adalah peningkatan suhu internal, yang sejalan dengan kemajuan tingkat kematangan buah tersebut (Widodo, dkk., 2023). Fenomena ini dapat diuraikan sebagai hasil dari peningkatan aktivitas metabolisme buah nanas selama tahap pematangan. Seiring dengan transformasi warna, tekstur, dan aroma buah nanas, suhu internal buah cenderung meningkat sebagai respons terhadap perubahan biokimia yang terjadi dalam sel-sel buah tersebut. Perkembangan suhu internal ini bukan hanya mencerminkan proses kematangan, tetapi juga menjadi indikator penting dari perubahan kompleks yang terjadi dalam komposisi kimia dan struktur buah nanas selama perjalanan menuju kematangan penuh.

Terdapat hubungan antara perubahan warna dan suhu kulit buah nanas dengan parameter mutu tertentu seperti: Total padatan terlarut, keasaman yang dapat dititrasi, kekerasan, massa jenis, kadar air dan susut bobot. Dapat membantu lebih memahami proses pematangan dan kualitas nanas. Pemahaman yang lebih mendalam mengenai hubungan ini dapat memberikan kontribusi positif terhadap pengembangan dan pemantauan kematangan nanas. Oleh karena itu, penilaian

mutu buah yang dapat ditawarkan adalah penilaian mutu buah dengan metode pengolahan citra. Pengolahan citra nantinya akan dapat memprediksi penilaian mutu buah nanas setelah didapat nilai-nilai dari parameter penilaian mutu buah. Oleh karena itu, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi yang berharga bagi peningkatan kualitas dan daya saing nanas di pasar global.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Rumusan masalah dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagaimana hubungan warna kulit buah terhadap tingkat kematangan buah.
2. Bagaimana hubungan suhu dengan parameter mutu internal buah.
3. Bagaimana model prediksi hubungan antara warna kulit dan suhu buah terhadap mutu internal buah.

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mempelajari hubungan warna kulit buah terhadap tingkat kematangan buah.
2. Mengetahui hubungan suhu buah dengan parameter mutu internal buah.
3. Membangun model prediksi hubungan antara warna kulit dan suhu buah terhadap mutu internal buah.

## **1.4 Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian ini, yaitu dapat khasanah keilmuan di bidang pasca panen nanas, khususnya pengembangan metode deteksi tidak merusak buah nanas dari perubahan warna kulit dan suhu buah terhadap mutu internal buah.

## **1.5 Hipotesis Penelitian**

Adapun hipotesis dari penelitian ini adalah:



1. Perubahan warna kulit buah berhubungan erat dengan tingkat kematangan buah.
2. Setiap perubahan tingkat kematangan buah memancarkan suhu radiasi bagi buah berbeda.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Buah Nanas

#### 2.1.1 Mengenal Tanaman Nanas

Nanas termasuk dalam famili Bromeliaceae dan bersifat terestrial (tumbuh dengan akar di dalam tanah). Nanas merupakan tanaman herba (tanaman keras) yang dapat hidup pada berbagai musim. Tumbuhan ini tergolong dalam kelas Monokotil. Monokotil merupakan tumbuhan tahunan yang menghasilkan rangkaian bunga atau buah di ujung batang. Batang nanas berbentuk gada dan cirinya adalah bagian-bagiannya sangat pendek dan ditutupi oleh daun dan akar. Panjang batang umumnya antara 20cm hingga 30cm. Akar nanas dapat dibagi menjadi dua kelompok: akar bawah tanah dan akar lateral. Daun nanas tidak memiliki batang atau urat utama, daunnya berbentuk seperti talang, menyerupai pedang, dengan ujung yang panjang, sempit, dan runcing sehingga memungkinkan akumulasi embun dan air hujan mengalir ke akar. daun.

Adapun uraian secara khusus dari jenis tanaman nanas dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Klasifikasi Tanaman Nanas

Kingdom	Divisi	Kelas	Ordo	Famili	Genus	Spesies
Plantae (tumbuh- tumbuhan)	Spermatophyta (tumbuhan berbiji)	Angiospermae (berbiji tertutup)	Farinose ( <i>Bromeliale</i> )	Bromeliaceae	Ananas	<i>Ananas comosus</i> (L) Merr

Sumber: (Ardiansyah, 2010)

### 2.1.2 Kandungan Gizi Buah Nanas

Nanas kaya akan nutrisi, mengandung sumber zat pengatur yang sangat diperlukan bagi tubuh manusia yaitu vitamin dan mineral. Mineral dan vitamin membantu mencerna makanan dan meningkatkan kelancaran metabolisme. Hal ini sangat penting untuk menjaga kesehatan (Hossain, et al., 2015). Fungsi vitamin dan mineral adalah untuk menjaga keseimbangan dalam proses metabolisme tubuh agar berjalan secara normal.

Menurut Ardiansyah (2010), Nanas juga mempunyai efek positif bagi kesehatan manusia, antara lain mengobati gangguan saluran kemih, mual, influenza, wasir, dan anemia. Buah bersisik ini mengandung vitamin A, vitamin C, kalsium, fosfor, magnesium, zat besi, natrium, kalium, glukosa, sukrosa, dan enzim bromelain yang tersimpan dalam buah nanas. Menurut Sidi *et al* (2014), nilai gizi 100gram daging buah nanas dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 2. Kandungan Gizi Nanas

Kandungan Gizi (nutrisi)	Jumlah
Protein	0,54 g
Lemak	0,12 g
Karbohidrat	13,12 g
Vitamin A	58 IU
Air	86 g
Serat pangan	1,4 g

Sumber: (Sidi, dkk., 2014)


## 2.2 Kualitas Buah Nanas

Mutu internal buah nanas meliputi:

### 2.2.1 Kematangan

Buah nanas untuk industri pengolahan merupakan buah yang matang sempurna sesuai permintaan pasar. Nanas biasanya matang dalam 120 hingga 170 hari setelah pembungaan dimulai (Lustini, dkk., 2019). Buah nanas berubah seiring dengan kematangannya. Warna kulit buah biasa digunakan untuk mengetahui perbedaan tingkat kematangan (warna cangkang) dan biasanya disebut SC.

Klasifikasi buah nanas berdasarkan warna kulit buahnya ditunjukkan pada Gambar 1 di bawah ini.



0	1	2	3	4	5	6
0%	> 0 – 10%	>10 – 20%	> 20 – 35%	>35 – 50%	> 50 – 75%	>75 –100%

Sumber: (Lestari, 2023)

Gambar 1. Tingkat Kematangan Buah Nanas

Ketika mencapai indeks kematangan 0 dan kriteria 100%, kulitnya berwarna hijau sempurna sementara mata belum terbuka. Standar kematangan > 0-10% dengan indeks kematangan 1 mempunyai kulit berwarna hijau dan mata nanas terbuka jelas. Berikutnya adalah *Maturity Index 2* yang standar kematangannya 10% sampai di atas 20%, Kulit mulai menguning dan mata menjadi lebih jelas. Indeks kematangan 3, standarisasi lebih dari 20 hingga 30 persen, berkulit kuning dan mata jelas. Indeks kematangan 4, dengan kematangan standar 30 hingga lebih dari 50%, menghasilkan mata kuning penuh. Indeks kematangan 5, kriteria

kematangan lebih dari 50% - 75%, dan mata berwarna kuning seluruhnya. Terstandar >75-100% indeks kematangan 6 dengan mata berwarna oranye kemerahan (Lestari, 2023).

### **2.2.2 Mutu Internal Buah Nanas**

Mutu internal buah nanas meliputi beberapa aspek, yaitu:

#### **1. Bobot Buah**

Bobot buah nanas beragam tergantung jenisnya menurut (Ardiansyah, 2010) nanas golongan Cayenne memiliki bobot buah sekitar 2,5kg, golongan Queen memiliki bobot buah 0,9-1,8kg, dan golongan Abacaxi memiliki bobot buah 1,5 kg.

#### **2. Kadar Air**

Kehadiran air dalam makanan mempunyai dampak yang signifikan terhadap makanan dalam banyak hal, termasuk penampilan, daya terima, dan umur simpan. Menurut (Effendi, dkk., 2010) Nanas mempunyai kandungan air sebesar 90%. Setelah dipanen, buah nanas harus ditangani dengan benar karena kandungan airnya yang tinggi.

#### **3. Total Padatan Terlarut**

Total padatan terlarut (TPT) adalah jumlah bahan terlarut dalam suatu larutan. TPT diukur dalam %Brix, satuan yang digunakan untuk mengukur konsentrasi gula dalam suatu larutan. Menurut (Prasetyo, dkk., 2023) total padatan terlarut nanas di beberapa wilayah pulau Jawa memiliki rata-rata sebesar 12,40%. Sedangkan pada penelitian ini, nilai brix dari nanas MD2 sebesar 15,02% untuk bagian atas, 16,61% untuk bagian tengah, dan 17,80% untuk bagian bawah nanas (Hawa, et al., 2023).

#### **4. Kekerasan**

Konsumen paling sering mengukur kekerasan buah dengan meraba atau menekan buah secara langsung. Ini adalah cara paling mudah untuk mengetahui kematangan buah (Kusumiyati, dkk., 2019). dalam penelitian

(Kumara & Hettige, 2020) menyatakan kekerasan buah nanas jenis Queen dalam 4 tahap pematangan yakni, (1). Hijau tua dengan kekerasan sebesar 27,47 N, (2). 50% kuning dengan kekerasan sebesar 17,46 N, (3). 70,05 kuning dengan kekerasan sebesar 13,27 N, dan (4). 100% kuning dengan nilai kekerasan sebesar 12,01 N.

#### 5. Asam tertitrasi

Keasaman buah yang dapat dititrasi mengacu pada keasaman buah yang dapat dititrasi, yang diukur menggunakan skala pH. Skala pH berkisar antara 0 hingga 14, dengan 0 berarti sangat asam, 7 berarti netral, dan 14 berarti sangat basa. Buah-buahan umumnya memiliki pH antara 3 dan 7, yang berarti bersifat asam. Nilai pH sampel menunjukkan seberapa asam atau basanya. Nilai yang lebih rendah menunjukkan bahwa pH sampel lebih tinggi kandungan asam yang dapat dititrasi. Dalam penelitian (Muhandika, et al., 2023) menyatakan pH buah nanas matang sebesar 4,3.

### 2.3 Respirasi Buah

Karena sifatnya sebagai makhluk hidup dan tidak memiliki kemampuan untuk mempertahankan hidupnya sendiri, buah-buahan dan sayuran memiliki sifat yang mudah rusak atau rusak. Setelah komponen ini dipanen, masih terus melakukan reaksi metabolisme. Respirasi dan produksi etilen adalah dua proses utama yang terjadi pada produk ini setelah diambil dari tanamannya.

Respirasi adalah proses menyerap oksigen ( $O_2$ ) dan melepaskan karbon dioksida ( $CO_2$ ) dan energi, yang digunakan untuk memastikan bahwa metabolisme dan proses jaringan lainnya berlangsung. Faktor internal dan eksternal adalah dua kelompok faktor yang dapat mempengaruhi laju pernapasan (Nurjanah, 2002).

Faktor internal, seperti jenis produk, kematangan, dan usia, memengaruhi pola respirasi masing-masing buah atau sayuran. Suhu, komposisi udara, dan kerusakan mekanis adalah tiga faktor lingkungan yang sangat penting untuk mempercepat laju respirasi (Nurjanah, 2002).

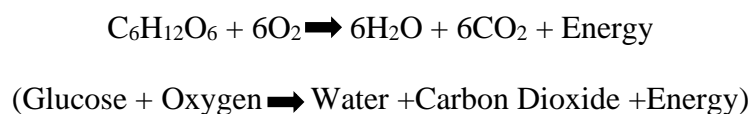
Sel pada tumbuhan dan hewan menggunakan respirasi seluler untuk mengkonversi energi yang tersimpan menjadi bahan kimia yang digunakan oleh sel. Namun, karena proses respirasi yang lebih kompleks, respirasi tumbuhan berbeda dengan respirasi hewan dan manusia. Tumbuhan mempunyai organ pernapasan seperti stomata, kutikula, dan ujung akar. Respirasi merupakan proses yang penting bagi kehidupan tumbuhan, sehingga tanpa respirasi tumbuhan akan mengalami penurunan fisiologis. Salah satu proses metabolisme utama adalah respirasi, yang penting bagi kehidupan tanaman. Jika metabolisme primer tidak terjadi, pertumbuhan, perkembangan, dan reproduksi suatu organisme akan terhambat dan akhirnya mati.

Metabolisme mengacu pada reaksi kimia yang terjadi di dalam sel dan mengubah satu zat menjadi zat yang berbeda. Anabolisme dan katabolisme adalah dua fase metabolisme. Anabolisme adalah proses pembuatan energi kimia melalui sintesis bahan organik. Katabolisme adalah proses penguraian bahan organik dan pelepasan energi melalui proses pernafasan. Semua reaksi ini, baik yang sederhana maupun kompleks, dikatalisis oleh enzim. Atau dalam arti lain, anabolisme adalah konversi molekul kompleks menjadi molekul yang lebih sederhana, seperti pada respirasi.

Metabolisme glukosa menghasilkan karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) dan air ( $\text{H}_2\text{O}$ ) dalam siklus asam sitrat, dan air ( $\text{H}_2\text{O}$ ) dibuat selama rantai transpor elektron. Setelah itu, proses metabolisme menghasilkan energi dalam bentuk ATP dan panas. Pembentukan panas dan ATP adalah bagian penting dari metabolisme energi. Proses glikolitik, siklus asam sitrat, dan rantai transpor elektron memungkinkan sel-sel tubuh menggunakan dan menyimpan energi ATP yang terkandung dalam makanan. Metabolisme aerobik menghasilkan 36 ATP, sedangkan anaerobik hanya menghasilkan 2 ATP.



Berikut adalah reaksi kimia dari proses respirasi dari tumbuhan:



Gambar 2. Reaksi Kimia Proses Respirasi (Novitasari, 2017)

## 2.4 Metode Prediksi Mutu Internal Buah Nanas

Metode prediksi mutu internal buah nanas dapat dilakukan secara non-destruktif atau destruktif. Metode non-destruktif adalah metode yang tidak merusak buah, sedangkan metode destruktif adalah metode yang merusak buah (Susilowati, 2018). Beberapa metode prediksi mutu internal buah nanas secara non-destruktif, yaitu:

### 2.4.1 Metode *Thermal Image*

Suhu yang dikeluarkan buah berbeda-beda tergantung tingkat kematangannya. Menurut Soesiladi, dkk (2023), buah yang matang mengalami suhu yang lebih tinggi dibandingkan buah yang belum matang. Misalnya, buah alpukat yang belum matang akan memiliki suhu yang lebih dingin dibandingkan buah yang matang, namun begitu buah mulai matang, suhu buah yang matang akan lebih tinggi dibandingkan buah yang belum matang. Suhu yang dipancarkan buah dapat diolah menjadi informasi menggunakan pencitraan termal. Pencitraan termal yang digunakan mampu menunjukkan perbedaan suhu pada berbagai tahap kematangan.

Pencitraan termal adalah metode di mana sifat termal suatu objek dapat dieksploitasi menggunakan sensor termal dari kamera pencitraan termal. Teknik ini disebut pencitraan termal atau termografi. Pencitraan termal (termografi) adalah suatu pendekatan yang dapat digunakan untuk mengukur sifat termal suatu benda tanpa kontak (Arsatria, dkk., 2020).

### 2.4.2 Metode Pengolahan Citra

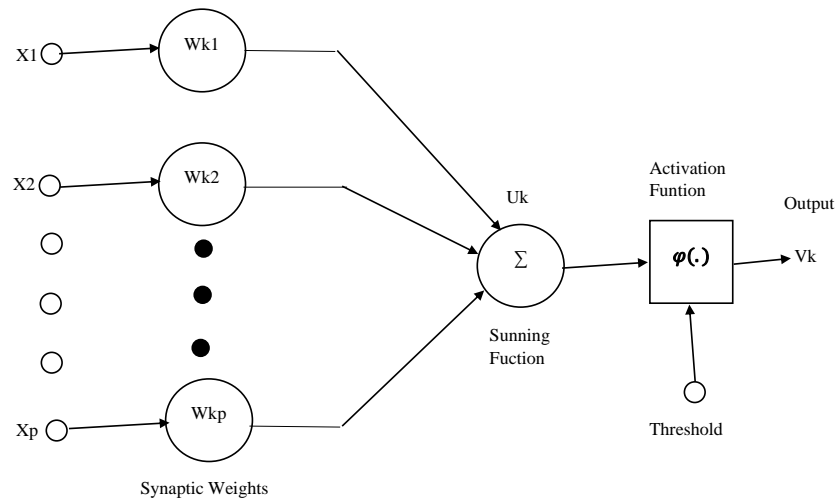
Pengolahan citra adalah suatu metode dengan menggunakan aplikasi pengolah gambar, dapat mempermudah pengolahan gambar dengan mengubah gambar atau gambar menjadi data gambar yang diinginkan dengan tujuan mendapatkan informasi tertentu. Pengolahan gambar menggunakan metode konversi sistem ruang warna menghasilkan ruang warna yang berbeda dari gambar dengan sistem warna tertentu. Ini dapat dicapai melalui prosedur perkalian matriks yang distandarisasi oleh CIE (*Commission Internationale de Illumination*).

Komputer digital hanya dapat memproses gambar digital saat mengambil gambar. Nilai intensitas cahaya atau nilai keabuan setiap piksel ditunjukkan dalam data gambar input (Munir, 2004). Sistem pengambilan gambar dapat secara otomatis menghasilkan gambar digital dengan membentuk matriks yang setiap elemennya menunjukkan nilai intensitas cahaya pada sejumlah titik yang berbeda. Tujuannya adalah untuk meningkatkan akurasi penentuan kematangan buah dengan memanfaatkan teknologi pengolahan citra. Dalam situasi di mana gambar diambil dengan latar belakang yang kontras, warna buah dan ukuran objek pada gambar dapat digunakan untuk memperkirakan kondisi buah. Inilah yang mendasari penelitian ini dan mendorong pengembangan aplikasi pengolahan gambar yang dapat memprediksi kematangan berdasarkan karakteristik warna kulit buah.

### 2.5 Jaringan Saraf Tiruan

Jaringan saraf tiruan adalah sebuah sistem komputasi yang mengambil inspirasi dari bagaimana otak manusia bekerja. JST terdiri dari unit pemroses sederhana yang saling terhubung, mirip dengan *neuron* di otak, dan bekerja sama untuk menyelesaikan masalah kompleks (Jaya, dkk., 2018). Sel saraf (*neuron*) adalah unit pemrosesan informasi yang membentuk fungsi dasar jaringan saraf tiruan (JST). Pada Gambar 3 menunjukkan model dari suatu *neuron*. Menurut (Fharadila & Chandra, 2019) terdapat dari 3 elemen dasar dari *neuron*, yaitu:

- I. Merupakan kumpulan sinapsis atau jalur koneksi, dan setiap sinapsis memiliki bobot atau kekuatan koneksi.
- II. Unit penjumlahan yang menambahkan sinyal input dikalikan dengan bobot sinaptik dari neuron yang bersangkutan.
- III. Fungsi aktivasi yang membatasi amplitudo keluaran setiap neuron.



Gambar 3. Model Neuron (Fharadila & Chandra, 2019)

Jaringan Saraf Tiruan (JST) adalah metode pemodelan fungsi sistem saraf manusia saat melakukan tugas tertentu. JST adalah model yang meniru fungsi jaringan saraf biologis (Fharadila & Chandra, 2019). Metode backpropagation jaringan saraf tiruan merupakan metode yang meniru fungsi otak manusia dan dapat menyelesaikan permasalahan dalam proses pembelajaran, sehingga target keluaran yang diinginkan dapat mendekati keakuratan tes dan pembelajaran (Bangun, dkk., 2021).

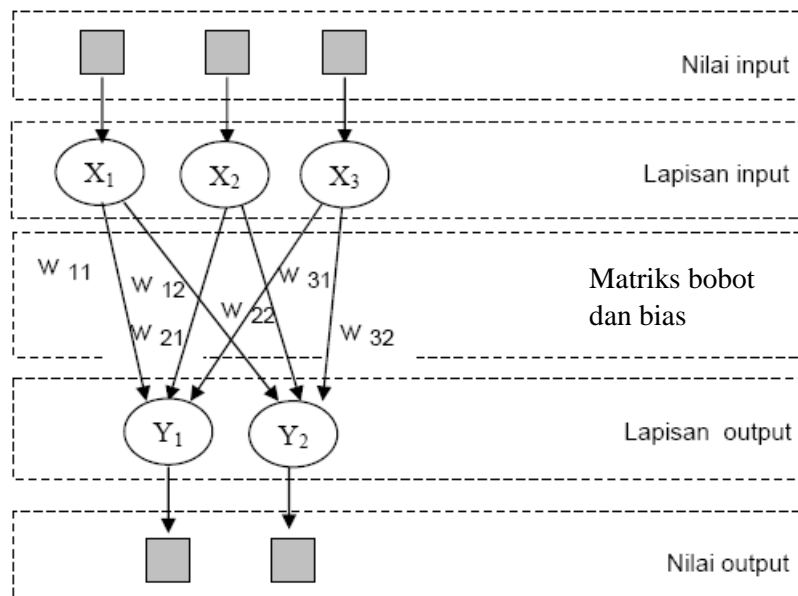
Jaringan saraf tiruan biasanya terdiri dari tiga lapisan: lapisan masukan, lapisan tersembunyi, dan lapisan keluaran. Ini adalah cara jaringan saraf tiruan mengirimkan data dari satu neuron ke neuron lainnya. Sebaliknya keluaran suatu neuron dapat menjadi hasil akhir atau bahan masukan bagi neuron berikutnya.

### 2.5.1 Arsitektur Jaringan Saraf Tiruan

Jaringan Saraf Tiruan (JST) memiliki beberapa arsitektur jaringan, antara lain:

#### A. *Single Layer Network*

Jaringan lapisan tunggal Jaringan lapisan tunggal yang terdiri atas lapisan masukan dan lapisan keluaran. Arsitektur jaringan single-layer ditunjukkan pada Gambar 4.

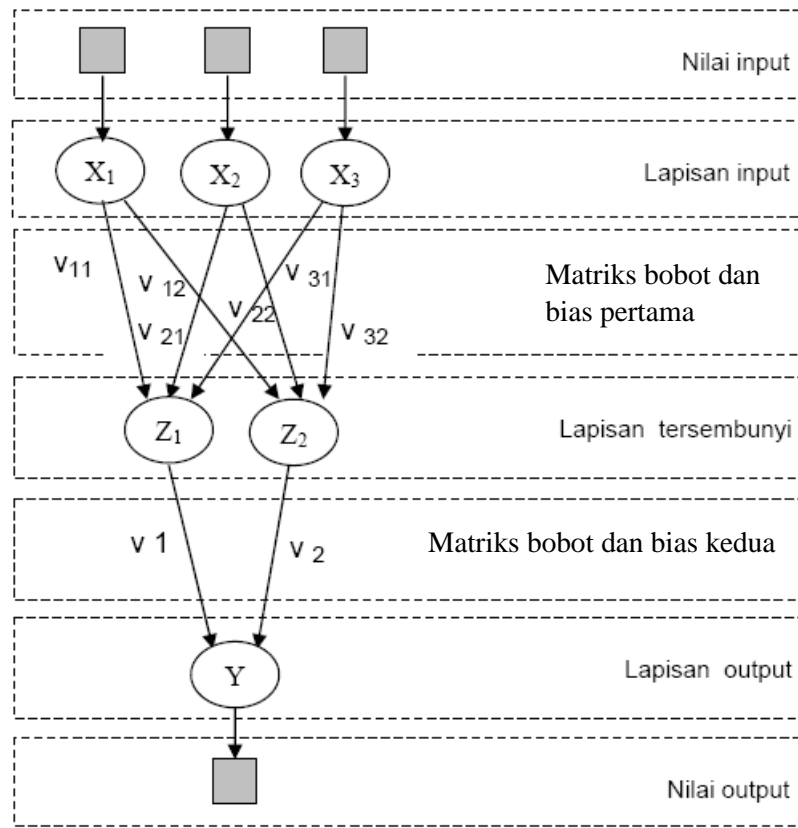


Gambar 4. *Single Layer Network*

#### B. *Multi Layer Network*

Jaringan multilayer terdiri dari lapisan masukan, lapisan tersembunyi, dan lapisan keluaran. Arsitektur jaringan multilayer ditunjukkan pada Gambar 5.

Contoh algoritma ANN yang menggunakan arsitektur ini adalah backpropagation



Gambar 5. *MultiLayer Network*

### 2.5.2 Perancangan Arsitektur Jaringan Saraf Tiruan

Jaringan yang digunakan untuk mendeteksi kualitas internal buah nanas merupakan jaringan saraf tiruan yang memodelkan kinerja otak manusia dan dimaksudkan untuk melakukan tugas tertentu. Dalam jaringan saraf tiruan, informasi ditransfer dari satu neuron ke neuron lainnya dalam bentuk bobot. Struktur dasar jaringan saraf tiruan biasanya terdiri dari tiga lapisan: lapisan masukan, lapisan tersembunyi, dan lapisan keluaran (Johan & Rifna, 2022).

*Backpropagation* adalah keseimbangan antara kemampuan jaringan untuk mengidentifikasi pola yang digunakan selama pelatihan dan kemampuan jaringan untuk merespons pola yang serupa, tetapi tidak sama, dengan pola yang

digunakan selama pengujian. Ada beberapa parameter untuk membentuk jaringan *backpropagation* yaitu:

#### A. Bobot dan Bias

Bobot awal mempengaruhi seberapa cepat jaringan menyatu dan apakah jaringan mencapai minimum lokal atau global. Karena perubahan bobot dan turunan fungsi aktivasi yang sangat kecil, bobot yang menghasilkan turunan aktivasi kecil juga harus dihindari. Demikian pula, nilai bobot awal tidak boleh terlalu besar (Jumarwanto, dkk., 2009).

#### B. Jumlah Neuron Pada Lapisan tersembunyi

Menurut Park (2011) dalam (Syaharuddin, et al., 2022) menulis tiga rumus yang dapat digunakan untuk menghitung jumlah neuron pada lapisan tersembunyi: rumus Hecht-Nelson (1987), Lawrence-Fredrickson (1988), dan Marchandani-Cao (1989). Selain itu, peneliti lain, seperti Berry-Linoff (1997), Boger-Guterman (1997), JingTao-Chew (2001), dan rumus modifikasi Lawrence-Fredrickson, juga sering menggunakan rumus ini. Rumus ini menggunakan jumlah neuron pada lapisan masukan dan keluaran untuk menghitung jumlah neuron pada lapisan tersembunyi pertama. Oleh karena itu, level tersembunyi kedua, ketiga, dan seterusnya tidak direferensikan dalam penghitungan. Persamaan ini terbagi dalam dua kategori: (1) jumlah neuron pada lapisan masukan lebih banyak daripada jumlah neuron pada lapisan tersembunyi, dan (2) jumlah neuron pada lapisan masukan lebih sedikit daripada jumlah neuron pada lapisan masukan. lapisan tersembunyi.

#### C. *Error Goal*

Kesalahan target ditentukan selama pelatihan untuk dibandingkan dengan kesalahan dalam jaringan. Jika kesalahan jaringan lebih kecil dari kesalahan target, maka jaringan akan konvergen. Dalam skripsi ini, kesalahan target atau toleransi target ditentukan sebesar 0,0001.

#### D. Laju Pembelajaran (*Learning Rate*)

Kecepatan pembelajaran untuk mempercepat laju iterasi (epoch) dikenal sebagai *learning rate*. Pelatihan berjalan lebih cepat dengan tingkat belajar yang lebih tinggi. Namun, algoritma menjadi tidak stabil dan mencapai nilai minimum lokal jika kecepatan pembelajaran terlalu tinggi. Titik minimum lokal adalah ketika hasil data dan hasil pelatihan sesuai. Oleh karena itu, semua data pelatihan cocok dengan data JST-nya, dan kesalahannya adalah nol (0) (Haryanto, 2020).

#### E. Fungsi Aktivasi

Fungsi aktivasi digunakan dalam penerapan JST oleh jaringan saraf tiruan untuk mengukur kinerja neuron untuk membangun model prediktif penentuan kualitas internal buah nanas adalah kombinasi fungsi aktivasi dengan  $R^2$  terbesar dan RMSE terkecil.

### 2.5.3 Parameter

Parameter metode Jaringan Saraf Tiruan *backpropagation* adalah:

#### a. *Learning Rate*

Laju pembelajaran adalah tingkat pembelajaran yang mempengaruhi kecepatan ANN untuk mencapai solusi minimum. Nilai rata-ratanya berkisar antara 0 dan 1 ( $0 \leq X \leq 1$ ).

#### b. *Hidden Layer*

*Hidden layer* adalah lapisan tersembunyi dalam arsitektur jaringan saraf tiruan (JST) yang terletak diantara lapisan input dan lapisan output. Lapisan ini memainkan peran penting dalam kemampuan JST untuk mempelajari pola kompleks dalam data. Jumlah *neuron* lapisan tersembunyi ditentukan melalui simulasi dengan kata lain, hasil pembelajaran yang paling cepat dan efektif akan menentukan jumlah neuron lapisan tersembunyi.



c. *Goal*

*Goal* ditentukan untuk dibandingkan dengan target dalam jaringan selama pelatihan.

d. *Epoch*

*Epoch* jumlah iterasi yang dilakukan selama proses pelatihan jaringan saraf.

### 2.5.4 Fungsi Aktivasi Jaringan Saraf Tiruan

Fungsi aktivasi yang biasanya digunakan untuk algoritma pelatihan

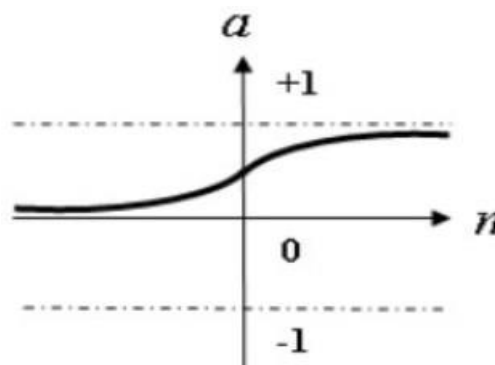
*backpropagation* adalah :

Fungsi sigmoid biner ini digunakan untuk JST yang dilatih dengan metoda *backpropagation*. Rentangnya adalah 0 hingga 1 dan didefinisikan sebagai:

$$f(x) = \frac{1}{1+e^{-x}} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dengan turunan

$$f'(x) = f(x)(1 - f(x)) \dots\dots\dots(2.1a)$$



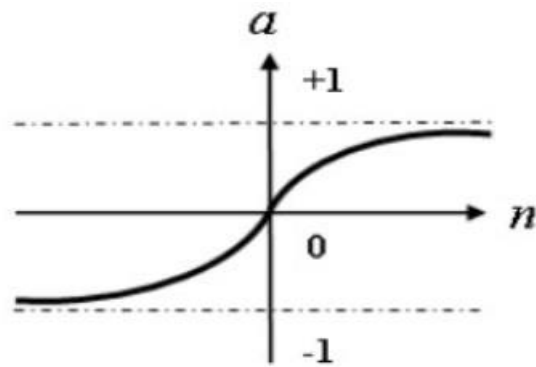
Gambar 6. Fungsi Sigmoid Biner (Saputra, dkk., 2020)

Fungsi sigmoid bipolar mempunyai bentuk yang mirip dengan fungsi sigmoid biner, namun dapat didefinisikan pada rentang (-1,1) sebagai berikut:

$$f(x) = \frac{2}{1+e^{-x}} - 1 \dots\dots\dots(2.2)$$

Dengan turunan

$$f'(x) = \frac{(1+f(x))(1-f(x))}{2} \dots\dots\dots(2.2a)$$



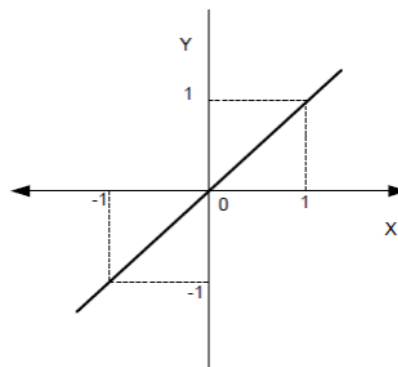
Gambar 7. Fungsi Sigmoid Bipolar (Saputra, dkk., 2020)

Fungsi linier memiliki nilai keluaran yang sama dengan nilai masukan dan biasa disebut fungsi identitas.

$$f(x) = x \dots\dots\dots(2.3)$$

Dengan turunan

$$f'(x) = 1 \dots\dots\dots(2.3a)$$



Gambar 8. Fungsi Linear

### 2.5.5 RMSE (Root Mean Square Error)

RMSE digunakan untuk menentukan error dari mean error observasi (Hardiansyah, 2017). Perhitungan kesalahan mengukur seberapa baik suatu jaringan dapat belajar, sehingga lebih mudah untuk mengenali pola-pola baru ketika dibandingkan. Error pada keluaran jaringan adalah ketika keluaran sebenarnya dan yang diinginkan berbeda atau terdapat selisih (Muflih, 2021). RMSE dapat dicari dengan menggunakan:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_i^n (\hat{x} - x_i)^2}{n}} \dots\dots\dots (2.4)$$

Keterangan:

$\hat{x}$  = Nilai hasil *forecast*

$x_i$  = Nilai observasi ke-i

n = banyaknya data

### 2.5.6 R Square

Menurut A. Colin dan Frank (1995) dalam (Hardiansyah, 2017), R-squared merupakan teknik model regresi linier untuk model pengujian. Nilai R-squared antara 0 dan 1. Semakin mendekati nilai 1 maka model tersebut semakin baik.

Untuk mencari nilai R-square dapat dicari dengan menggunakan:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_i^n (\hat{x} - x_i)^2}{\sum_i^n (\hat{x} - \bar{x})^2} \dots\dots\dots (2.5)$$

### **III. METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Waktu dan Tempat**

Penelitian dilakukan di PT Great Giant Pineapple (PT GGP) PG4, yang terletak di Jl. Taman Nasional Way Kambas Rajabasa Lama, Kecamatan Labuhan Ratu, Kabupaten Lampung Timur, penelitian dilakukan di Laboratorium Research and Development. Penelitian ini dimulai pada bulan Maret 2024. Pengamatan dilakukan dari hari pertama hingga hari kesepuluh selama penyimpanan buah di suhu ruang.

#### **3.2 Alat dan Bahan**

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu, box pengambilan citra (*Chamber*), Refraktometer, Penetrometer, *Thermal Camera* (Flir F5-XT), alat titrasi, labu erlenmeyer, Timbangan digital, Oven, Gelas Ukur, Ember 25 kg, Galon 10 liter, Kamera Digital (Samsung, Resolusi 48MP), dan Laptop. Sedangkan bahan yang digunakan adalah nanas jenis MD2 dengan klasifikasi tingkat kematangan buah pada SC0, SC1, dan SC2.

#### **3.3 Rancangan Penelitian**

Pada penelitian ini digunakan metode Rancangan Acak Lengkap (RAL) untuk mengetahui faktor variasi warna kulit buah terhadap kualitas buah nanas.

Tabel 3. Rancangan Percobaan

SC	Variabel Pengamatan									
	Hari ke-									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	VPH1U1	VPH2U1	VPH3U1	VPH4U1	VPH5U1	VPH6U1	VPH7U1	VPH8U1	VPH9U1	VPH10U1
	VPH1U2	VPH2U2	VPH3U2	VPH4U2	VPH5U2	VPH6U2	VPH7U2	VPH8U2	VPH9U2	VPH10U2
	VPH1U3	VPH2U3	VPH3U3	VPH4U3	VPH5U3	VPH6U3	VPH7U3	VPH8U3	VPH9U3	VPH10U3
	VPH1U4	VPH2U4	VPH3U4	VPH4U4	VPH5U4	VPH6U4	VPH7U4	VPH8U4	VPH9U4	VPH10U4
	VPH1U5	VPH2U5	VPH3U5	VPH4U5	VPH5U5	VPH6U5	VPH7U5	VPH8U5	VPH9U5	VPH10U5
	VPH1U6	VPH2U6	VPH3U6	VPH4U6	VPH5U6	VPH6U6	VPH7U6	VPH8U6	VPH9U6	VPH10U6
1	VPH1U1	VPH2U1	VPH3U1	VPH4U1	VPH5U1	VPH6U1	VPH7U1	VPH8U1	VPH9U1	VPH10U1
	VPH1U2	VPH2U2	VPH3U2	VPH4U2	VPH5U2	VPH6U2	VPH7U2	VPH8U2	VPH9U2	VPH10U2
	VPH1U3	VPH2U3	VPH3U3	VPH4U3	VPH5U3	VPH6U3	VPH7U3	VPH8U3	VPH9U3	VPH10U3
	VPH1U4	VPH2U4	VPH3U4	VPH4U4	VPH5U4	VPH6U4	VPH7U4	VPH8U4	VPH9U4	VPH10U4
	VPH1U5	VPH2U5	VPH3U5	VPH4U5	VPH5U5	VPH6U5	VPH7U5	VPH8U5	VPH9U5	VPH10U5
	VPH1U6	VPH2U6	VPH3U6	VPH4U6	VPH5U6	VPH6U6	VPH7U6	VPH8U6	VPH9U6	VPH10U6
2	VPH1U1	VPH2U1	VPH3U1	VPH4U1	VPH5U1	VPH6U1	VPH7U1	VPH8U1	VPH9U1	VPH10U1
	VPH1U2	VPH2U2	VPH3U2	VPH4U2	VPH5U2	VPH6U2	VPH7U2	VPH8U2	VPH9U2	VPH10U2
	VPH1U3	VPH2U3	VPH3U3	VPH4U3	VPH5U3	VPH6U3	VPH7U3	VPH8U3	VPH9U3	VPH10U3
	VPH1U4	VPH2U4	VPH3U4	VPH4U4	VPH5U4	VPH6U4	VPH7U4	VPH8U4	VPH9U4	VPH10U4
	VPH1U5	VPH2U5	VPH3U5	VPH4U5	VPH5U5	VPH6U5	VPH7U5	VPH8U5	VPH9U5	VPH10U5
	VPH1U6	VPH2U6	VPH3U6	VPH4U6	VPH5U6	VPH6U6	VPH7U6	VPH8U6	VPH9U6	VPH10U6

Keterangan:

VP = Variabel pengamatan

0 = Tingkat kematangan 0 (SC0)

1 = Tingkat kematangan 1 (SC1)

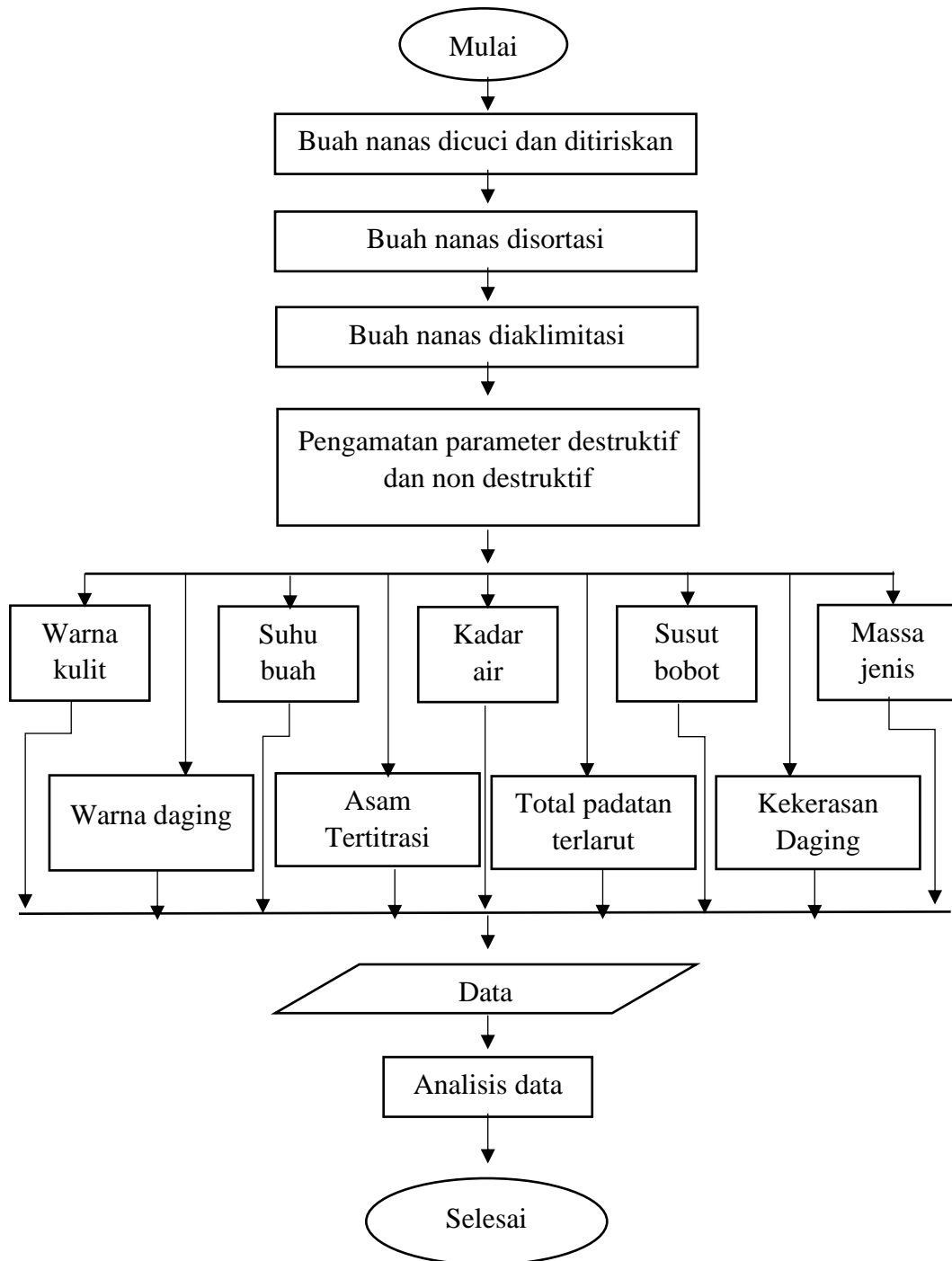
2 = Tingkat kematangan 2 (SC2)

H1-H10 = Lama hari penyimpanan 1-10

U1-U6 = Ulangan 1 sampai 6

### 3.4 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian yang dilakukan ditunjukkan pada diagram alur di bawah ini.:

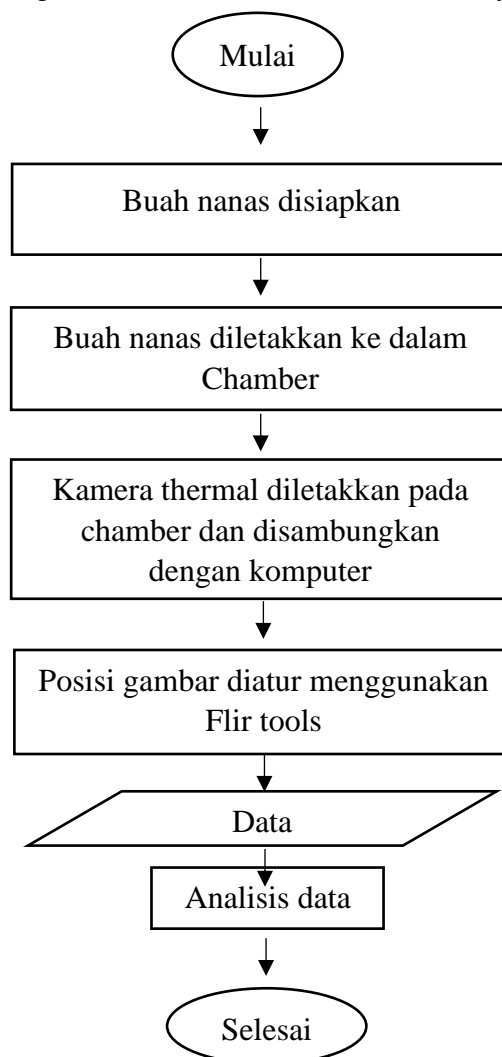


Gambar 9. Diagram Alir Prosedur Penelitian

Dapat terlihat pada Gambar 9 diagram alir prosedur penelitian yang dilakukan sebagai berikut: Setelah pemanenan buah nanas dicuci bersih dan ditiriskan hingga 5 menit Kemudian, buah nanas disortasi berdasarkan tingkat kematangan dan buah disimpan di dalam box penyimpanan yang disusun rapi di dalam ruang penyimpanan untuk dilakukan aklimatisasi selama 1 hari. Buah nanas yang sudah

diaklimatisasi selama 1 hari, kemudian dilakukan pengamatan baik secara destruktif maupun non destruktif. Parameter pengamatan yang dilakukan setiap hari berupa: 1. Warna buah (kulit dan daging), 2. Suhu buah (*thermal image*). 3. Susut bobot, 4. Massa jenis, 5. Total padatan terlarut, 6. Asam tertitrasi, 7. Kadar air, 8. Kekerasan daging buah. Buah nanas yang sudah dilakukan pengamatan dengan berbagai parameter didapat data yang kemudian dilakukan analisis data menggunakan beberapa aplikasi bantuan antara lain Excel, Minitab, dan Matlab setelah dilakukan analisis kemudian selesai.

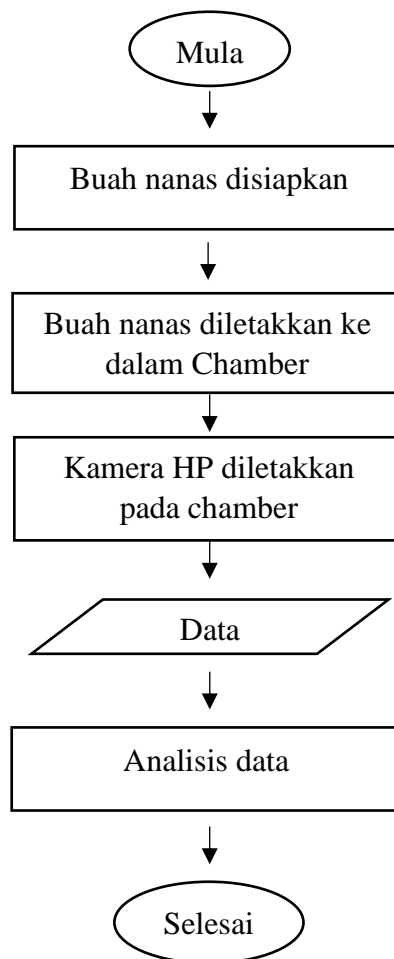
Diagram alir proses pengambilan citra *thermal* (suhu buah) yaitu sebagai berikut:



Gambar 10. Diagram Alir Proses Pengambilan Citra *Thermal* Buah Nanas Berdasarkan Gambar 10 Proses pengambilan citra *thermal* diawali dengan buah nanas yang telah teraklimatisasi disiapkan yang kemudian buah nanas diletakkan di

dalam box pengambilan citra (*chamber*). Kamera termal diletakkan di atas buah nanas dengan jarak 55cm. Agar kamera dapat menyimpan citra, kamera disambungkan dengan komputer menggunakan kabel USB. Posisi gambar diatur menggunakan Flir tools dan disimpan citra berekstensi “JPG”. Analisis data menggunakan aplikasi Matlab dan selesai.

Diagram alir proses pengambilan citra visible sebagai berikut:



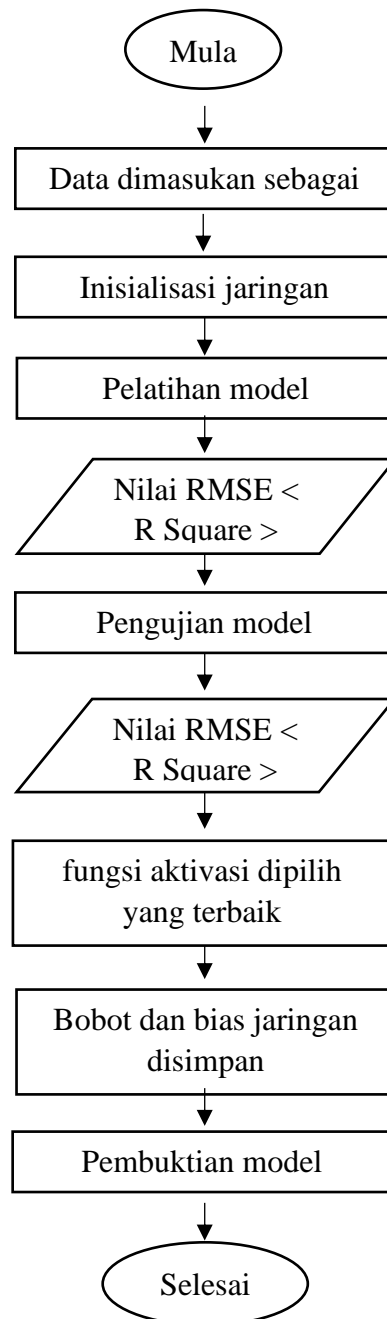
Gambar 11. Diagram Alir Proses Pengambilan Citra *Visible* Buah Nanas

Dari Gambar 11 tahapan untuk pengambilan citra *visible* sebagai berikut: Buah nanas yang telah disortasi disiapkan untuk pengambilan citra visible. Buah nanas diletakkan di dalam *chamber* yang sudah di setting kamera HP dan lampu. Kamera HP diletakkan di atas buah nanas dengan jarak 35 cm yang kemudian dilakukan pemotretan buah nanas dengan *timer* kamer yang telah diatur. Setelah



gambar berekstensi “JPG” didapat, kemudian analisis data dilakukan dengan bantuan aplikasi Matlab dan selesai.

Diagram alir proses Jaringan Saraf Tiruan sebagai berikut:



Gambar 12. Diagram Alir Proses Jaringan Saraf Tiruan

Dari Gambar 12 prosedur Jaringan Saraf Tiruan (JST) dilakukan menggunakan aplikasi komputer berupa Matlab. Data suhu buah dan warna kulit buah (RGB) yang diperoleh selama pengamatan merupakan data input untuk JST. Jaringan

Saraf Tiruan diinisialisasi berupa: jumlah layer 4, jumlah node 4-10-10-1, pada proses pelatihan data yang digunakan sebanyak 80% dari data harian atau sebanyak 4 data dan pada proses pengujian data yang digunakan sebanyak 20% dari data harian atau sebanyak 2 data, nilai learning rate 0,0001, tipe pelatihan Trainlm, iterasi maksimum 1000, dan fungsi aktivasi. Setelah inisialisasi jaringan, pelatihan dan pengujian model dengan variasi fungsi aktivasi (*logsig*, *tansig*, *purelin*) dilakukan dan didapat nilai RMSE dan nilai R Square. Setelah pelatihan dan pengujian, fungsi aktivasi optimal ditemukan dengan nilai RMSE minimum dan nilai R-kuadrat maksimum. Bobot dan bias disimpan setelah pelatihan dan pengujian. Bobot dan bias digunakan untuk membuktikan dan menyempurnakan model matematika dan selesai.

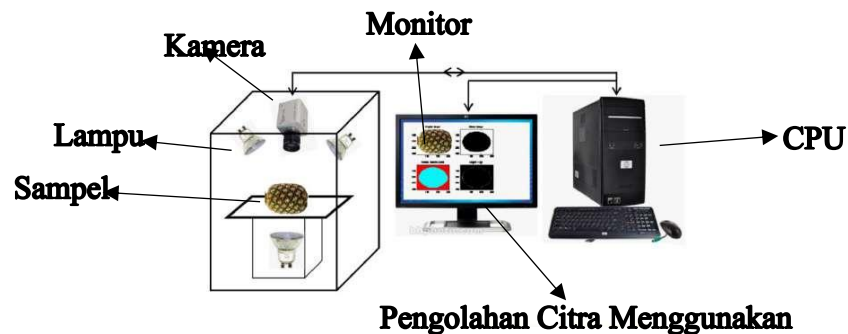
### **3.5 Parameter Penelitian**

#### **3.5.1 Warna Buah (*Visible Image*)**

##### **3.5.1.1 Warna Kulit Buah**

Dalam penelitian ini, buah yang digunakan sama pada setiap pengamatan selama penyimpanan. Perubahan warna kulit buah dapat digunakan sebagai indikator kematangan buah. Jika disimpan dalam waktu lama, warna buah bisa berubah. Salah satu cara untuk memahami perubahan warna buah adalah dengan mengambil *visible image*. Prosedur pengambilan citra *visible* dari sampel buah nanas yaitu dengan cara sampel buah diletakkan di dalam box pengambilan citra (*Chamber*) di bawah kamera Samsung A12 48 Megapixel dengan penyangga dan jarak antara buah dengan kamera yaitu tingginya 35 cm. Cahaya lampu yang digunakan yaitu dengan tingkat kecerahan 30 watt, agar pengambilan citra buah tidak ada bayangan karena nantinya akan mempersulit hasil citra yang akan diolah lebih lanjut menggunakan aplikasi Matlab. Pengambilan citra menggunakan 2 kali ulangan dengan sisi berlawanan. Pada pengolahan menggunakan aplikasi Matlab nilai citra akan di tampilkan dalam *red*, *green*, dan *blue* dengan range nilai 0

sampai 255 atau gelap ke terang. Ilustrasi proses pengambilan citra dapat dilihat pada Gambar 13.



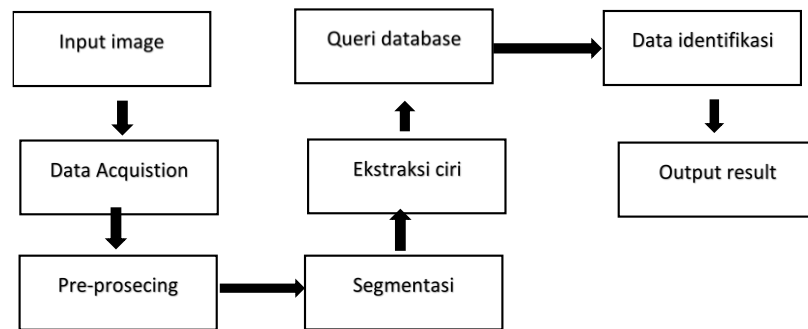
Gambar 13. Ilustrasi Pengambilan Citra

### 3.5.1.2 Warna Daging Buah

Pengambilan data warna daging yaitu dengan cara buah nanas dibelah menjadi dua bagian, buah nanas yang digunakan buah berbeda di setiap pengamatan selama penyimpanan. Selanjutnya, pengambilan citra *visible* sampel buah diletakkan di dalam box atau kotak pengambilan citra di bawah kamera Samsung A12 48 Megapixel dengan penyangga dan jarak antara buah dengan kamera yaitu tingginya 35 cm. Cahaya lampu yang digunakan yaitu dengan daya 30 watt, pengambilan citra buah tidak ada bayangan karena nantinya akan mempersulit hasil citra yang akan diolah lebih lanjut menggunakan aplikasi Matlab seperti yang terlihat pada Gambar 13 dan diambil intensitas *RGB* daging buah nanas. Pengambilan data dilakukan pada hari ke-1 sampai hari ke-10 selama masa penyimpanan.

### 3.5.1.3 Pengolahan Citra Visible Image

Citra kemudian diekstrak informasi warnanya menggunakan aplikasi Matlab dengan tahapan prosedur pengolahan sebagai berikut:



Gambar 14. Tahapan Prosedur Pengolahan Citra *Visible* Dengan Matlab

Keterangan:

1. Data Acquisition, yaitu dengan menggunakan perangkat digital untuk mendapatkan gambar nanas MD2 dan gambar disimpan dalam format "jpg".
2. Pre-processing, yaitu proses menghilangkan noise pada objek gambar dari latar belakang sehingga diperoleh bingkai gambar objek berwarna merah, hijau, dan biru.
3. Segmentasi, pemisahan antara objek yang diinginkan dan tidak diinginkan.
4. Ekstraksi ciri, Proses memperoleh nilai intensitas warna merah, hijau, dan biru dari setiap gambar yang diambil.
5. *Query* Database, Tahap penyiapan basis data gambar nanas didasarkan pada kelompok perlakuan untuk membantu memulai klasifikasi data.

### 3.5.2 Suhu Buah

Sebelum dilakukan pengambilan gambar untuk pengukuran suhu buah, perlu dilakukan proses aklimasi atau membiarkan buah beradaptasi dengan lingkungan pengukuran selama satu hari. Suhu buah nanas diukur dengan kamera infra merah (Flir F5-XT) dan ditampilkan dalam bentuk foto dua dimensi.

### 3.5.2.1 Prosedur Pengambilan Citra *Thermal*

Nanas dimasukkan ke dalam satu set kotak pengambilan gambar dan ditutup dengan kotak yang berisi nanas. Kamera infra merah dipasang di bagian atas dan terdapat lubang untuk mengambil gambar. Kamera pencitraan termal kemudian dihubungkan ke laptop, gambar diambil, dan gambar secara otomatis disimpan ke laptop.

### 3.5.2.2 Pengolahan Citra *Thermal*

Prosedur pengolahan data dilakukan sebagai berikut:

1. Setelah pengambilan citra menggunakan *thermal camera* Flir E5-XT, citra disimpan dengan file berekstensi “JPG”.
2. Memasukkan informasi dan mengubah nilai suhu maksimum dan minimum sesuai skala bar pada *Thermal Image*.
3. Membaca citra dan *color map* dari sampel.
4. Melakukan langkah *flip up/down* jika baris bawah menunjukkan suhu tertinggi bukan suhu terendah.
5. Mengambil dan menampilkan area sampel *Thermal Image* untuk analisis serta menghitung rerata dan standar deviasi area sampel *Thermal Image*.

### 3.5.3 Massa Jenis

Massa jenis adalah massa suatu bahan dibagi dengan volume bahan tersebut. Massa jenis dinyatakan dalam gram per sentimeter kubik ( $\text{g/cm}^3$ ) atau kilogram per meter kubik ( $\text{kg/m}^3$ ). Pengukuran diawali dengan menimbang buah menggunakan timbangan digital *Camry*. Selanjutnya ukur volume buah dengan menyiapkan wadah berisi air dan mencatat volume awalnya, selanjutnya tambahkan nanas dan periksa jumlah air setelah menambahkan buah untuk menentukan jumlah akhir. Selanjutnya, kurangi volume akhir dari volume awal untuk mencari volume buah. Metode pengukuran bahan ini dikenal dengan *water displacement method* atau metode perpindahan air dimana volume suatu objek

setara dengan volume air. Cara ini sering digunakan untuk mengukur volume benda padat yang bentuknya tidak beraturan. Massa jenis dihitung menggunakan rumus massa jenis.

$$\rho = \frac{\text{Massa (kg)}}{\text{Volume (m}^3\text{)}} \dots\dots\dots(3.1)$$

Keterangan:

$\rho$  : Massa jenis ( $\text{kg/m}^3$ )

Massa : Massa benda (kg)

Volume : Volume benda ( $\text{m}^3$ )

### 3.5.4 Susut Bobot

Susut bobot diukur untuk mengetahui perubahan bobot akibat perubahan air atau gas dari dalam buah selama masa simpan. Pengukuran bobot buah dapat dilakukan dengan menggunakan timbangan digital *Camry*. Data bobot hasil penimbangan dihitung dalam persen bobot dengan rumus sebagai berikut:

$$SB = \frac{Ba - Bn}{Ba} \times 100\% \dots\dots\dots(3.2)$$

keterangan:

(SB) : Susut Bobot (%)

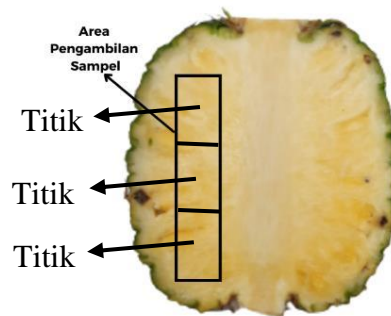
(Ba) : Massa awal buah (gram)

(Bn) : Massa buah pada hari ke-(n) selama penyimpanan (gram)

### 3.5.5 Kekerasan

Kekerasan buah nanas diukur selama penyimpanan. Pengukuran kekerasan nanas dilakukan menggunakan penetrometer dengan menggunakan probe ujung bulat sebagai jenis probe. Kekerasan buah nanas diukur pada pangkal, tengah, dan ujungnya. Alat yang digunakan yaitu penetrometer dengan cara meletakkan bagian tengah di bawah mata penetrometer GY-4 digital dan ditusuk dengan

kedalaman kurang lebih 1 cm selama 5 detik maka akan terlihat di layar penetrometer besarnya kekerasan pada buah nanas ini. Data diambil pada pada hari ke-1 sampai hari ke-10 dan 3 kali ulangan di setiap sampel buah nanas (Gambar 15).



Gambar 15. Titik Pengambilan Sampel Kekerasan Daging Buah

### 3.5.6 Asam Tertitrasi (*Titrateable Acid*)

Titration digunakan untuk menguji keasaman. Memeras sampel daging buah nanas untuk mendapatkan sarinya adalah langkah pertama. Kemudian, larutan sari buah sebanyak 5 mililiter diambil dan dimasukkan ke dalam labu Erlenmeyer.

Selanjutnya, tiga tetes indikator PP 1% ditambahkan. Titration sampel dengan larutan NaOH 0,1N hingga warna menjadi merah dan tidak hilang. Rumus untuk menghitung keasaman sebagai berikut:

$$\text{Asam Bebas (\%)} = \frac{((\text{ml NaOH yang terpakai}) \times 0.064 \times \text{molaritas NaOH} \times 100)}{\text{volume sampel}} \dots\dots (3.3)$$

Keterangan:

0,064 : *milliequivalent factor* pada asam *predominant (citric acid)*

### 3.5.7 Kadar Air

Kadar air buah nanas diukur dengan gravimetri. Sebelum ini, gambar visual digunakan untuk mengekstrak informasi warna dari daging buah nanas.

Kemudian, nanas dipotong menjadi dadu berukuran tiga kali tiga kali tiga dan digunakan sebagai sampel untuk mengukur kadar airnya. Setelah dimasukkan ke dalam oven selama 24 jam. Kadar air dihitung dengan menggunakan rumus basis basah:

$$\text{Kadar Air (\%)} = \frac{(B - C)}{(B - A)} \times 100\% \dots\dots\dots(3.4)$$

Keterangan:

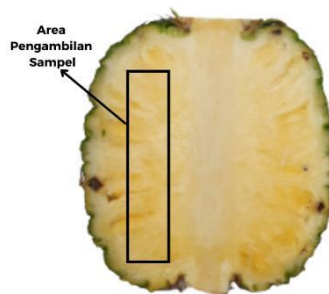
A: Massa cawan kosong (gram)

B: Massa cawan + sampel basah (gram)

C: Massa cawan + sampel kering (gram)

### 3.5.8 Total Padatan Terlarut (Brix)

Kandungan total padatan terlarut pada nanas dapat diukur dengan menggunakan alat refraktometer (ATAGO). Total padatan terlarut merupakan akumulasi padatan dalam suspensi dan juga menunjukkan kandungan gula dalam produk. Brix adalah satuan derajat yang digunakan untuk menyatakan jumlah atau kandungan gula (zat padat) yang dilarutkan dalam larutan air. Nilai brix diukur untuk seluruh sampel menggunakan refraktometer. Bagian yang diukur berada dalam area pengambilan sampel (Gambar 16). Hal ini dilakukan untuk mewakili seluruh bagian nanas.



Gambar 16. Area Pengambilan Sampel TPT



## **3.6 Analisis Data**

### **3.6.1 Analisis Deskriptif**

Analisis deskriptif digunakan untuk menggambarkan karakteristik suatu populasi atau sampel. Data yang diperoleh ditabulasikan dalam bentuk tabel kemudian dinyatakan dalam bentuk grafis. Dari tabulasi dan tampilan grafis tersebut, selanjutnya hasil dibahas secara deskriptif. Pembahasan mengenai bagaimana trend grafis yang dihasilkan untuk setiap parameter diuraikan secara deskriptif, seperti besaran pola distribusi data.

### **3.6.2 Uji ANOVA**

Dalam penelitian ini, terdapat dua faktor perlakuan, yaitu tingkat kematangan nanas dan informasi warna kulit dan suhu buah. Kematangan nanas memiliki tiga kelompok perlakuan, yaitu SC0, SC1, dan SC2. Informasi warna kulit dan suhu buah memiliki dua kelompok perlakuan, yaitu warna kulit dan suhu buah. Rancang acak yang cocok digunakan adalah rancangan acak lengkap (RAL). Pengujian ANOVA dilakukan menggunakan komputer yang telah terinstal aplikasi Minitab dan Excel. Minitab digunakan untuk menganalisis uji ANOVA pada taraf 0,05 untuk setiap perlakuan dan parameter. Buat tabel dan grafik yang mudah dipahami menggunakan Microsoft Excel.

### **3.6.3 Pengembangan Arsitektur Jaringan Saraf Tiruan**

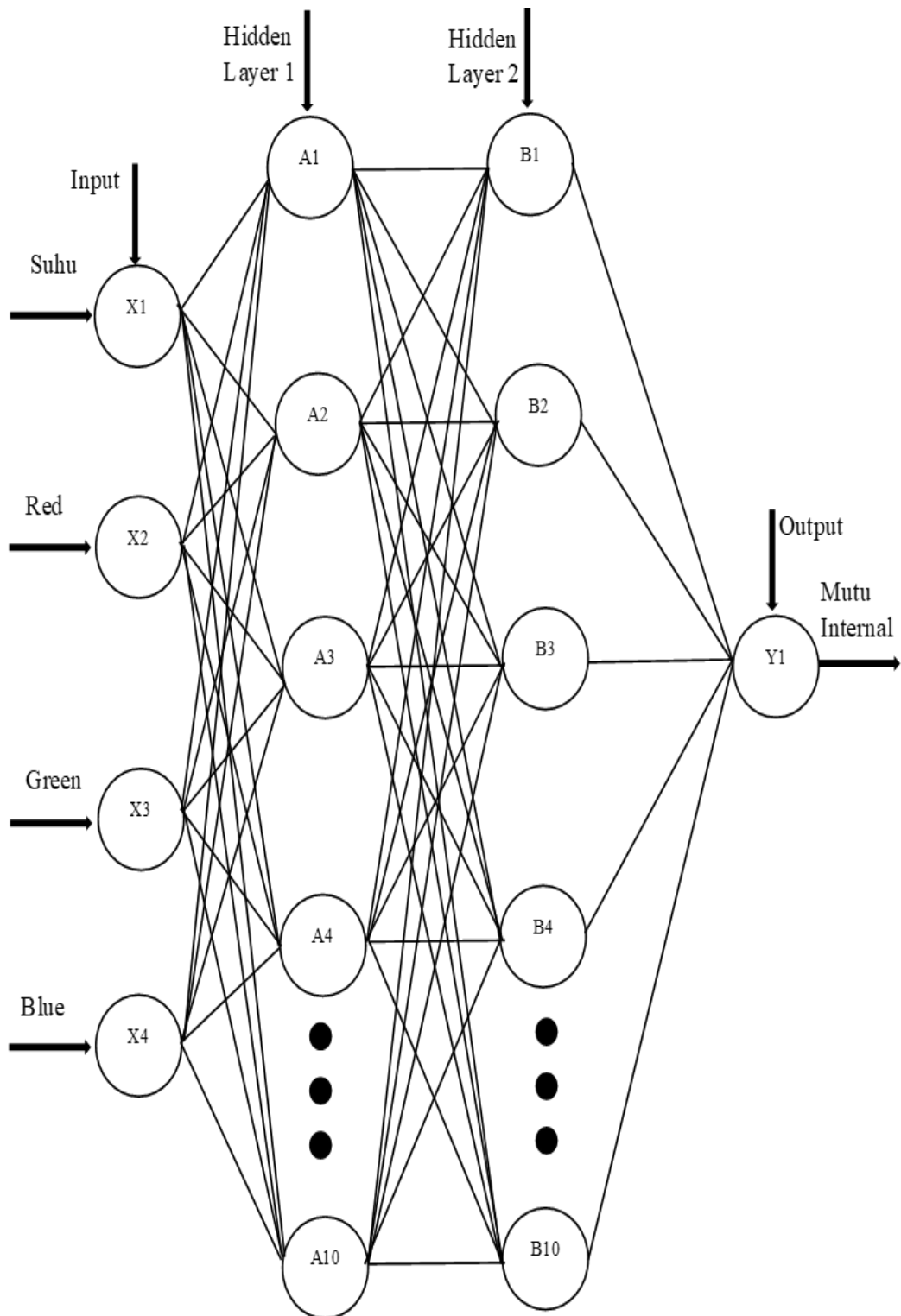
Model jaringan saraf tiruan terdiri dari tiga lapisan utama: lapisan masukan, lapisan tersembunyi, dan lapisan keluaran. Pada penelitian ini, jaringan saraf tiruan yang digunakan adalah jaringan backpropagation yang mengontrol atau memberikan informasi tertentu kepada proses pembelajaran. Hasilnya ditentukan oleh algoritma yang dibuat dalam jaringan ini.

Selama pengembangan model JST, pelatihan dilakukan. Langkah pelatihan ini dilakukan untuk menghasilkan parameter dan bobot jaringan saraf tiruan yang paling sesuai untuk setiap lapisan, yang kemudian akan digunakan pada saat pengujian. Siklus pelatihan mencakup suhu dan warna kulit merah, hijau dan biru.

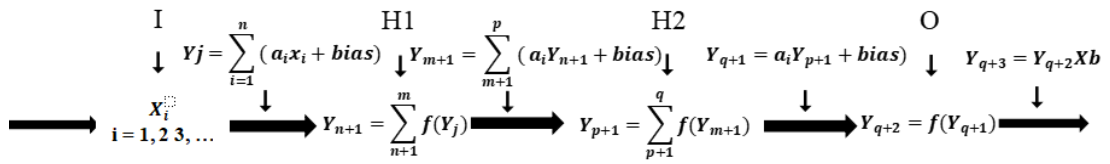
Aplikasi Matlab digunakan untuk melakukan proses inisialisasi jaringan ini; ini adalah tahap awal dalam arsitektur jaringan, dan memungkinkan untuk melakukan proses pelatihan jaringan dalam siklus pelatihan yang dikenal sebagai iterasi. Dengan batas error 0,0001, jumlah iterasi yang digunakan sebanyak 1000, diperoleh R squared dan root mean square error (RMSE). Nilai repeatability dan presisi berkorelasi positif dengan nilai target error.

Gambar 17 menunjukkan model arsitektur jaringan saraf tiruan. Tujuan pembuatan model ini adalah untuk menemukan persamaan nonlinier antara variabel suhu dan warna kulit buah sebagai variabel bebas dan kualitas buah sebagai variabel terikat. Model backpropagation JST dengan pelatihan yang diawasi dikembangkan, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 17. Arsitektur jaringan yang digunakan adalah 4-10-10-1, yang berarti 4 node masukan, 10 node lapisan tersembunyi 1, 10 node lapisan tersembunyi 2 dan 1 node keluaran.

Proses pelatihan menggunakan 80% dari data harian atau 4 data dan proses pengujian menggunakan 20% dari data harian atau 2 data, yang kemudian dikalikan dengan jumlah faktor dan lama penyimpanan jadi sekitar 120 data untuk pelatihan dan 60 data untuk proses pengujian. Setelah melakukan proses pelatihan dan pengujian, model JST akan memperoleh variasi fungsi aktivasi terbaik dengan *R Square* tertinggi dan RMSE terendah. Selain memperoleh nilai-nilai tersebut, pada proses pelatihan dan pengujian model juga akan diperoleh bobot dan bias yang otomatis tersimpan di komputer. Bobot dan bias dapat digunakan untuk membuktikan model matematika.



Gambar 17. Model Arsitektur Jaringan Saraf Tiruan



Gambar 18. Algoritma Model Prediksi dengan JST

Gambar 18 merupakan algoritma yang terjadi pada JST. Pada layer input dengan variabel disimbolkan  $X_i$  secara struktur berhubungan dan menuju *hidden layer 1*. Pada setiap garis jaringan tersebut terdapat nilai bobot dan bias, dengan persamaan umum dapat dituliskan sebagai:

$$Y_j = \sum_{i=1}^n (a_i x_i + bias) \dots\dots\dots(3.6)$$

Hasil dari persamaan tersebut digunakan untuk persamaan *hidden layer 1* (H1) yang diturunkan ke dalam persamaan dari fungsi aktivasi terbaik:

$$Y_{n+1} = \sum_{j=1}^m f(Y_j) \dots\dots\dots(3.7)$$

Dimana,  $f$  merupakan fungsi aktivasi terbaik. Setelah itu  $Y_{n+1}$  didapatkan digunakan untuk persamaan pada jaringan *hidden layer 1* ke *hidden layer 2* dengan persamaan:

$$Y_{m+1} = \sum_{m+1}^p (a_i Y_{n+1} + bias) \dots\dots\dots(3.8)$$

Hasil dari persamaan di atas digunakan untuk persamaan *hidden layer 2*, persamaan yang digunakan adalah persamaan dari fungsi aktivasi terbaik:

$$Y_{p+1} = \sum_{p+1}^q f(Y_{m+1}) \dots\dots\dots(3.9)$$

Hasil dari persamaan yang digunakan pada *hidden layer 2* digunakan pada jaringan *hidden layer 2* ke *layer output* dengan persamaan:

$$Y_{q+1} = a_i Y_{p+1} + bias) \dots\dots\dots(3.10)$$

Hasil dari persamaan sebelumnya digunakan pada *layer output* persamaan fungsi aktivasi terbaik:

$$Y_{q+2} = f(Y_{q+1}) \dots\dots\dots(3.11)$$

Setelah itu, dilakukan verifikasi hasil prediksi dengan model JST dengan hasil observasi menggunakan persamaan dari *layer output* dikali dengan nilai maksimal data *output*:

$$Y_{q+3} = Y_{q+2} X b \dots\dots\dots(3.12)$$

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Intensitas *red* dan *green* kulit buah nanas secara signifikan mampu membedakan tingkat kematangan SC2 dengan tingkat kematangan SC0, sedangkan pada intensitas *blue* tidak signifikan mampu membedakan tingkat kematangan buah nanas.
2. Suhu buah tidak secara kuat dapat digunakan untuk menjelaskan parameter mutu internal buah seperti total padatan terlarut, kekerasan daging buah, dan asam tertitrasi buah nanas. Hal ini dikarenakan hubungan suhu buah dengan mutu internal buah memiliki  $R^2$  yang lemah.
3. Pengembangan model prediksi menggunakan metode jaringan saraf tiruan (JST) dengan arsitektur jaringan meliputi 4 node input, 10 node tersembunyi layer 1, 10 node tersembunyi layer 2 dan 1 node output untuk mendapatkan model optimal dengan terbaik fungsi aktivasi dalam proses pelatihan dan pengujian model untuk parameter total padatan terlarut yaitu *Logsig-Tansig-Logsig* dengan  $R^2 = 1$  dan RMSE 4,58E-04 pada pelatihan dan  $R^2 = 0,027$  dan RMSE = 6,4228 pada pengujian. Sedangkan untuk kekerasan daging buah adalah *Purelin-Tansig-Purelin*, berturut-turut untuk pelatihan dan pengujian, adalah sebesar  $R^2 = 0,8858$  dan RMSE = 4,81E-02 dan  $R^2 = 0,2801$  dan RMSE = 0,1755. Selanjutnya, untuk asam tertitrasi fungsi aktivasi terbaik adalah *Purelin-Tansig-Logsig* dengan  $R^2$  dan RMSE berturut-turut sebesar 1 dan 4,82E-06 untuk pelatihan dan  $R^2$  sebesar 0,0609 dan RMSE sebesar 0,3805 untuk pengujian.

## 5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini penulis menyarankan agar adanya parameter pengamatan tambahan untuk penelitian lanjutan seperti parameter respirasi dan parameter vitamin C. Selain ditambahkannya parameter pengamatan, perlu juga ditambahkan jumlah sampel pengamatan agar hasil dari prediksi mutu internal menggunakan Jaringan Saraf Tiruan mendapatkan nilai *R Square* dan *Root Mean Square Error* (RMSE) yang semakin baik dan akurat.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adhamatika, A. & Putri, D. A. 2023. Pengaruh Perbedaan Jenis Pemanis dan Bahan Baku Terhadap Karakteristik dari Sirup Nanas. *FOOD SCIENTIA*, 3(2), pp. 193-212.
- Ardiansyah, R. 2010. *BUDIDAYA NANAS*. Surabaya: JP BOOKS.
- Arsatrian, T. Munadi, K. & Arnia, F. 2020. Pengolahan Citra Termal untuk Identifikasi Region Of Interest (ROI) dan Deteksi Kesegaran Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*). *Jurnal Online Teknik Elektro*, Volume 5.
- Arti, I. M. & Manurung, A. N. H. 2018. Pengaruh Etilen Apel dan Daun Mangga pada Pematangan Buah Pisang Kepok (*Musa paradisiaca formatypica*). *Jurnal Pertanian Presisi*, 2(2), pp. 77-88.
- Bait, y. et al. 2022. Analisis Mutu Irisan Buah Nanas Beku Selama Penyimpanan. *Prosiding Seminar Nasional Mini Riset Mahasiswa*, Volume 1, pp. 43-53.
- Bangun, P. Nurhayati & Sihombing, M. 2021. Pengolahan Citra untuk Identifikasi Kematangan Buah Jeruk dengan Menggunakan Metode Backpropagation Berdasarkan Nilai HSV. *JTIK*, Volume 5, pp. 85-91.
- Chen, C. C. & Paull, R. E. 2000. Sugar Metabolism and Pineapple Flesh Translucency. *J. Amer. Soc. Hort. Sci*, Volume 5, pp. 558-562.
- Condro, N. & Stefanie, S. Y. 2022. Kandungan Gula Buah nanas Madu (*Ananas comosus* L.merr) Pada Tingkat Kematangan Yang Berbeda. *DINAMIS*, Volume 19, pp. 123-128.

- Effendi, A. M. W. & Sumarni, W. 2010. Optimalisasi Penggunaan Enzim Bromelin Dari Saribonggol Nanas Dalam Pembuatan Minyak Kelapa. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 1(1), pp. 1-6.
- Fharadila, B. & Chandra, f. 2019. Identifikasi Kematangan Buah Nanas Menggunakan Metode Jaringan Syaraf Tiruan. *JOM FTEKNIK*, Volume 6, pp. 1-7.
- Fidyasari, A. Maslukah, W. & Lestari, F. E. 2022. Pengaruh Waktu Fermentasi Nanas (*Ananas comosus* L) terhadap Mutu Fisik Es Krim Sinbiotik Tempe. *Amerta Nutrition*, 6(1), pp. 165-170.
- Fransiska, A. Hartanto, R. Lanya, B. & Tamrin, 2013. Karakteristik Fisiologis Manggis (*Gracinia Mangostana* L.) Dalam Penyimpanan Atmosfer Termodifikasi. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, Volume 2, pp. 1-6.
- Hardiansyah, F. N. 2017. Prediksi Harga Cabai dengan Pemodelan Time Series ARIMA. *INDO-JC*, Volume 2, pp. 71-78.
- Harianto, Anggriaini, D. & Adinegoro, H. 2020. Uji Metode Pengkelasan Tingkat Kematangan Buah Mangga Berdasarkan Posisi Buah di Dalam Air. *Warta IHP*, 37(1), pp. 41-47.
- Haryanto, 2020. Analisis Parameter Jaringan Saraf Tiruan Menggunakan Metode Backpropagation pada Pengenalan Pola Angka. *METIK*, Volume 4, pp. 26-34.
- Hawa, M. S. et al. 2023. Effect of Ethrel as a Flower Induction Agent on the Growth and Quality of Fresh Golden Pineapple (MD2) in Malaysia. *Journal of Applied Science & Process Engineering*, 2(10), pp. 143-161.
- Hossain, M. F. Akhtar, S. & Anwar, M. 2015. Nutritional Value and Medicinal Benefits of Pineapple. *International Journal of Nutrition and Food Sciences*, 4(1), pp. 84-88.
- Jaya, H. et al. 2018. *Kecerdasan Buatan*. Makassar: Fakultas MIPA Universitas Negeri Makassar.



- Johan, T. M. & Rifna, I. 2022. Identifikasi Kematangan Buah Tomat Berdasarkan Warna menggunakan Metode Jaringan Syaraf tiruan (JST) Backpropagation. *jurnal TIKa*, Volume 7, pp. 309-315.
- Jumarwanto, A. Hartanto, R. & Prastiyanto, D. 2009. Aplikasi Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation untuk memprediksi Penyakit THT di Rumah Sakit Mardi Rahayu Kudus. *Jurnal Teknik Elektro*, Volume 1, pp. 11-21.
- Kumara, M. S. & Hettige, K. 2020. Ripening Stage Affects the Quality of Fresh and Dehydrated Pineapples (*Ananas comosus* (L.) Merr.) cv. Mauritius in Sri Lanka. *Sustainable Food Production*, Volume 8, pp. 29-37.
- Kusumiyati, Putri, I. E. Hadiwijaya, Y. & Mubarak, S. 2019. Respon Nilai Kekerasan, Kadar Air dan Total Padatan Terlarut Buah Jambu Kristal pada Berbagai Jenis Kemasan Dan Masa Simpan. *Jurnal Agro*, 6(1), pp. 49-56.
- Lestari, A. N. 2023. *Metode Thermal Image Sebagai Pendeteksi Translucency pada Buah Nanas (Ananas Comosus L.)*, Universitas Lampung: Skripsi.
- Lestario, L. N. Lukito, D. & Timotus, K. H. 2009. Kandungan Antosianin dan Antosianidin dari jantung Pisang Klutuk (*Musa Brachycarpa Back*) dan Pisang Ambon (*Musa acuminata Colla*). *J.Teknologi dan Industri Pangan*, 20(2), pp. 143-148.
- Luketsi, W. p. Budiastara, I. W. & Ahmad, U. 2017. Karakteristik Gelombang Ultrasonik pada Nanas (*Ananas comosus* (L.) Merr.) dengan Tiga Tingkat Kematangan. *Jurnal Teknik Pertanian*, 5(1), pp. 59-64.
- Lustini, A. S. & Primanita, A. 2019. Klasifikasi Tingkat Kematangan Buah Nanas Menggunakan Ruang Warna Red–Green–Blue dan Hue–Saturation–Intensity. *Jurnal Digital Teknologi Informasi*, 2(1), pp. 1-8.
- Lu, W. Luo, Y. Chan, G. & Sun, X. 2011. Synthesis of functional SiO<sub>2</sub>-coated graphene oxide nanosheets decorated with Ag nanoparticles for H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> and glucose detection. *Biosensors and Bioelectronics*, 26(12), pp. 4791-4797.

- Mafruddin, Dharma, U. S. & Nuryanto, A. 2017. Pengaruh geometri Pipa Kondensor Terhadap Perpindahan Panas pada Destilasi Minyak Plastik. *TURBO*, Volume 6, pp. 193-197.
- Maulida, L. Ratna & Khatir, R. 2017. Pengaruh Bentuk Irisan Terhadap Mutu Simpan Nanas Segar Terolah Minimal. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, Volume 2, pp. 266-275.
- Mubarak, M. Z. et al. 2021. Pengaruh Cara Pemeraman terhadap Pematangan Buah Pisang dan Nanas. *SEMNAS BIO*, pp. 541-552.
- Mufidah, N. N. Sunarko, B. & Kriswandana, F. 2022. Pengaruh Penambahan Konsentrasi CMC dan Gliserol pada Larutan Edible Coating Gel Lidah Buaya (*Aloe vera* L.) Terhadap Mutu Buah Nanas (*Ananas comosus*). *Jurnal Penelitian Kesehatan Suara Forikes*, 13(2), pp. 372-387.
- Muflih, G. Z. 2021. Penentuan Parameter Pembelajaran Jaringan Saraf Tiruan Backpropagation dan Pengaruhnya Terhadap Proses Pelatihan. *JURISTIK*, Volume 1, pp. 12-17.
- Muhandika, M. Asta, H. & Johan, J. 2023. Effect of duration of cooking and level of maturity on the quality of nanas (*Ananas comosus* (L.) Merr) fruit in sugar sirop with glass bottle packaging. *Journal of Food Security and Agroindustry*, 1(3), pp. 118-128.
- Munir, R. 2004. *Pengolahan citra digital dengan Pendekatan Algoritmik*. Bandung: Informatika.
- Ningsih, I. S. Chatri, M. Advinda, L. & Violita, 2023. Senyawa Aktif Flavonoid yang Terdapat pada Tumbuhan. *SERAMBI BIOLOGI*, 8(2), pp. 126-132.
- Nofriati, D. & Asni, N. 2015. Pengaruh Jenis Kemasan dan Tingkat Kematangan Terhadap Kualitas Buah Jeruk Selama Penyimpanan. *Jurnal Penelitian Pascapanen Pertanian*, Volume 12, pp. 37-42.
- Novita, D. D. Sugianti, C. & Wulandari, k. p. 2016. Pengaruh Konsentrasi Karagen dan Gliserol Terhadap Perubahan Fisik dan Kandungan Kimia

- Buah Jambu Biji Varietas "Kristal" Selama Penyimpanan. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, 5(1), pp. 49-56.
- Novitasari, R. 2017. *Proses Respirasi Seluler pada Tumbuhan*, Yogyakarta: universitas Negeri Yogyakarta.
- Nurjanah, S. 2002. Kajian Laju Respirasi dan Produksi Etilen Sebagai Dasar Penentuan Waktu Simpan Sayuran dan Buah-Buahan. *Jurnal Bionatura*, Volume 4, pp. 148-156.
- Prasetyo, H. I. Wijana, G. & Darmawati, I. A. P. 2023. Inventarisasi dan Karakterisasi Morfologi dan Agronomi Tanaman Nanas (*Ananas comosus* (L.) Merr) pada Beberapa Sentra Produksi di Pulau Jawa, Indonesia. *Agricultural Journal*, 6(2), pp. 405-412.
- Restian, A. Tamrin, Waluyo, S. & kuncoro, S. 2022. Pengaruh Tingkat Kedalaman Penyimpanan dengan Menggunakan Media Simpan Pasir terhadap Umur Simpan Buah Tomat (*Solanum lycopersicum*). *Jurnal Agricultural Biosystem Engineering*, 1(4), pp. 534-544.
- Saputra, T. W. Waluyo, S. Septiawan, A. & Ristiyana, S. 2020. Pengembangan Model Prediksi Laju Pengeringan pada Irisan Wortel (*Daucus carota*) Berbasis Regresi Linier Berganda (RLB) dan Jaringan Syaraf Tiruan (JST). *JRPB*, Volume 8, pp. 209-218.
- Selvaraj, A. Nidhyananthan, S. Shebiah, N. & Ganesan, L. 2010. Fruit Recognition using Color and Texture Features. *CIS Journal*, Volume 1, pp. 90-94.
- Seriyanti, S. 2023. Verifikasi Penentuan Tingkat Kematangan Buah Nanas. In: Universitas Lampung: Skripsi.
- Sidi, N. C. Widowati, E. & Nursiwi, A. 2014. Pengaruh Penambahan Karagenan pada Karakteristik Fisikokimia dan Sensoris Fruit Leather Nanas (*Ananas Comosus* L. Merr.) dan Wortel (*Daucus Carota*). *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 3(4), pp. 122-127.

- Silaen, S. 2021. Pengaruh Transpirasi tumbuhan dan Komponen didalamnya. *Agroprimatch*, Volume 5, pp. 14-20.
- Suketi, K. Poerwanto, R. Sujiprihati, S. & Widodo, W. D. 2010. Karakter Fisik dan Kimia Buah Pepaya pada Stadia Kematangan Berbeda. *J. Agron. Indonesia*, 38(1), pp. 60-66.
- Susilowati, E. 2018. Konversi Citra RGB Ke Citra HSV Dan HCL Pada Citra Jeruk Medan. *Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Komunikasi*, Volume 2, pp. 67-71.
- Sutisna & Chairulloh, F. 2022. Klasifikasi Tingkat Kematangan Buah Berdasarkan Tekstur Gray Level Co-occurrence Matrix Dengan metode support Vector Machine. *Jurnal Informatika Teknologi dan Sains*, 4(4), pp. 296-301.
- Syahrudin, Fatmawati & Suprajitno, H. 2022. The Formula Study in Determining the Best Number of Neurons in Neural Network Backpropagation Architecture with Three Hidden Layers. *Jurnal RESTI*, Volume 6, pp. 397-402.
- Tumbel, N. & Manurung, S. 2017. Pengaruh Suhu dan Waktu Penggorengan Terhadap Mutu Keripik Nanas Menggunakan Penggoreng Vakum. *Jurnal Penelitian Teknologi Industri*, Volume 9, pp. 9-22.
- Vinolina, N. S. 2009. Biosintesis Senyawa Karotenoid. *Jurnal Penelitian Bidang Ilmu Pertanian*, Volume 7, pp. 148-154.
- Wibowo, R. A. Nurainy, F. & Sugiharto, R. 2014. Pengaruh Penambahan Sari Buah Tertentu Terhadap Karakteristik Fisik, Kimia, dan Sensori Sari Tomat. *Jurnal Teknologi dan Industri Hasil Pertanian*, 19(1), pp. 11-27.
- Widodo, S. E. et al. 2023. Pendeteksian Thermal Image untuk Tingkat Kematangan Buah Pisang dan Apokat. *Jurnal Agrotek Tropika*, 11(2), pp. 165-172.

- Windarto, A. P. 2020. *Jaringan Saraf Tiruan: Algoritma Prediksi dan Implementasi*. Medan: Yayasan Kita Menulis.
- Yanto, B. Lubis, A. Hayadi, B. H. & Nst, E. A. 2021. Klarifikasi Kematangan Buah Nanas dengan Ruang Warna Hue Saturation Intensity. *INOVTEK POLBENG*, 6(1), pp. 135-146.
- Yusrina, I. H. Purwasih, R. & Fathurohman, F. 2019. Pemanfaatan Limbah Keju Mozzarella sebagai Minuman Fungsional dengan Penambahan Rasa Nanas dan Jeruk Siam. *BAAR*, 1(1), pp. 1-7.