

VERIFIKASI PENENTUAN TINGKAT KEMATANGAN BUAH NANAS

(SKRIPSI)

Oleh

SEFRIYANTI SIMANJUNTAK



**JURUSAN TEKNIK PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

ABSTRAK

VERIFIKASI PENENTUAN TINGKAT KEMATANGAN BUAH NANAS

By

SEFRIYANTI SIMANJUNTAK

Indonesia merupakan eksportir nanas terbesar keempat di dunia, dengan sekitar 27% pasokan produksinya dipasok oleh PT. GGP yang berkedudukan di Provinsi Lampung. Permasalahan yang dihadapi dalam ekspor buah nanas adalah penentuan tingkat kematangan buah, yang mesti disesuaikan dengan permintaan pasar dan mempertimbangkan perubahan mutu selama penanganan dan transportasi. Metode penentuan tingkat kematangan berdasarkan visual pekerja yang dilakukan selama ini mengandung beberapa masalah. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan verifikasi tingkat kematangan buah nanas yang dilakukan oleh tim panen dari berbagai umur (masa kerja) dibandingkan dengan metode penetapan warna kulit buah menggunakan kamera digital dan diekstrak informasi warna RGB-nya. Penelitian dirancang dengan menggunakan dua faktor, yaitu tingkat kematangan buah nanas (SC0, SC1, SC2 dan SC3) serta tiga kelompok kategori usia tim panen. Parameter untuk verifikasi yang diamati adalah warna kulit buah nanas yang diakuisisi dengan metode *digital image system*. Hasil ekstrak informasi citra adalah intensitas warna pada channel red, green, dan blue (RGB) menggunakan program Matlab yang dikembangkan. Data dari hasil pengolahan citra digital dibuat grafis dan tabel serta dianalisis secara statistik dengan menggunakan analisis ANOVA dan jika terdapat pengaruh perlakuan, analisis statistika selanjutnya dilakukan menggunakan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf nyata 5%. Model prediksi tingkat kematangan buah nanas dikembangkan dengan analisis metode *K-Means Clustering* dan Jaringan Saraf Tiruan.

Hasil pengujian ANOVA didapatkan hasil bahwa klasifikasi tingkat kematangan buah nanas hasil pemanenan tim panen tidak dipengaruhi oleh perbedaan umur pekerja, namun tim panen mampu mengelompokkan dengan baik tingkat kematangan buah yang memiliki perbedaan tingkat kematangan. Clusterisasi tingkat kematangan buah nanas dapat dilakukan dengan informasi intensitas warna RGB-nya, namun metode ini kurang dapat menjejak akurasi tiap sampel buah apakah terkelompok pada tingkat kematangan yang sesuai. Selanjutnya, dari pengembangan model Jaringan Saraf Tiruan, akurasi prediksi tingkat kematangan buah nanas dicapai pada struktur fungsi aktivasi *logsig-logsig-logsig*. Nilai yang didapatkan pada koefisien determinasi (R^2), RMSE, dan RRMSE berturut-turut adalah sebesar 0.8782, 0.3703, dan 1.43. Dari hasil yang diperoleh bahwa dapat dikatakan bahwa model JST yang dikembangkan dapat digunakan untuk memprediksi nilai tingkat kematangan.

Kata Kunci: Jaringan Saraf Tiruan, Nanas, Tingkat Kematangan

ABSTRACT
VERIFICATION OF PINEAPPLE MATURITY

By
SEFRIYANTI SIMANJUNTAK

Indonesia is the fourth largest exporter of pineapple in the world, with about 27% of its production supplied by PT. GGP is based in Lampung Province. The problem faced in exporting pineapples is the determination of the maturity level of the fruit, which must be adjusted to market demand and consider changes in quality during handling and transportation. The method of determining the level of maturity based on visual worker's performance over the years has several problems. This study aimed to verify the maturity level of pineapples performed by harvesting teams of various ages compared to the method of determining fruit skin color using a digital camera and extracted its RGB color information. The study was designed using two factors, namely the maturity level of the pineapple fruit (SC0, SC1, SC2, and SC3) and three age group of the harvest team. The parameters for verification observed are the color of the pineapple skin which was acquired by the digital image system method. The results of extracting image information are the color intensity on the red, green, and blue (RGB) channels using the developed Matlab program. Data from the results of digital image processing are combined with graphics and tables and analyzed statistically using ANOVA analysis and if there is a treatment effect, further statistical analysis is carried out using the Least Significant Difference (LSD) test at a 5% level of significance. A prediction model for the maturity level of pineapples was developed by analyzing the K-Means Clustering and Neural Network methods.

The results of the ANOVA test showed that the classification of maturity levels of pineapples harvested by the harvesting team was not affected by differences in the age

of the workers, but the harvesting team was able to properly classify fruit maturity levels that had different levels of maturity. Clustering the maturity level of pineapple fruit can be done with the information on the intensity of the RGB color, but this method is not able to trace the accuracy of each fruit sample whether it is grouped at the appropriate maturity level. Furthermore, from the development of the Artificial Neural Network model, the accuracy of predicting the maturity level of pineapple is achieved on the logsig-logsig-logsig activation function structure. The values obtained on the coefficient of determination (R^2), RMSE, and RRMSE were 0.8782, 0.3703, and 1.43, respectively. From the results obtained, it can be said that the developed ANN model can be used to predict the value of the maturity level.

Keywords: Artificial Neural Network, Maturity, Pineapple

VERIFIKASI PENENTUAN TINGKAT KEMATANGAN BUAH NANAS

Oleh

SEFRIYANTI SIMANJUNTAK

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar

SARJANA TEKNIK

Pada

Jurusan Teknik Pertanian

Fakultas Pertanian Universitas Lampung



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

Judul Skripsi : **VERIFIKASI PENENTUAN TINGKAT KEMATANGAN
BUAH NANAS**

Nama Mahasiswa : **Sefriyanti Simanjuntak**


Nomor Pokok Mahasiswa : **1854071013**


Jurusan : **Teknik Pertanian**

Fakultas : **Pertanian**




1. Komisi Pembimbing


Ir. Sri Waluyo, S.T.P., M.Si., Ph.D., IPU.
NIP 19720311 199703 1 002


Febryan Kusuma Wisnu, S.T.P., M.Sc.
NIP. 19900226 201903 1 012

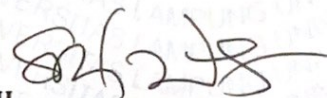
2. Ketua Jurusan Teknik Pertanian


Dr. Ir. Sandi Asmara, M.Si.
NIP 19621010 198902 1 002

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

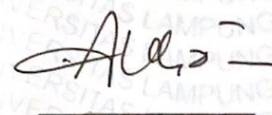
Ketua : Ir. Sri Waluyo, S.T.P., M.Si., Ph.D., IPU.



Sekretaris : Febryan Kusuma Wisnu, S.T.P., M.Sc.



Penguji : Dr. Siti Suharyatun, S.T.P., M.Si.



2. Dekan Fakultas Pertanian

Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si.
NIP 19611020 198603 1 002

Prof. Dr. Ir. Purnomo, M.S.
NIP. 196406131987031002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 30 Mei 2023

PERNYATAAN HASIL KARYA

Bersama dengan pernyataan ini saya **Sefriyanti Simanjuntak**, NPM **1854071013**, menyatakan yang saya tuangkan dalam karya ilmiah ini merupakan tulisan saya dalam pembuatan karya ilmiah sebagai syarat kelulusan saya yang dibimbing oleh Komisi Pembimbing, Pembimbing 1 saya **Ir. Sri Waluyo, S.T.P., M.Si., Ph.D., IPU.** dan **Febryan Kusuma Wisnu, S.T.P., M.Sc.** selaku Pembimbing 2. Karya tulis ini saya susun berdasarkan pada pengetahuan dan informasi yang telah saya dapatkan. Karya ilmiah ini berisi material yang dibuat sendiri dan hasil rujukan beberapa sumber terpercaya lain seperti buku literatur, jurnal, dan buku laporan yang telah dipublikasikan maupun yang tidak dipublikasikan.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dan dapat dipertanggungjawabkan. Apabila di kemudian hari terdapat kecurangan dalam karya ini, maka saya siap mempertanggungjawabkannya.

Bandar Lampung, 30 Mei 2023

Yang membuat pernyataan,


Sefriyanti Simanjuntak
NPM 1854071013

RIWAYAT HIDUP

Penulis bertempat lahir di Batam, Provinsi Kepulauan Riau pada tanggal 19 September 1999. Penulis merupakan anak kedua dari empat bersaudara, dari pasangan Bapak Surahman Simanjuntak dan Ibu Danni Sihotang. Penulis menempuh pendidikan Taman Kanak-kanak (TK) di TK GKOI pada tahun 2005, kemudian dilanjutkan pendidikan Sekolah Dasar (SD) di SD Negeri 008 Batam dan selesai studi pada tahun 2012, kemudian penulis melanjutkan pendidikan Sekolah Menengah Pertama (SMP) di SMP Negeri 31 Batam dan selesai studi pada tahun 2015, kemudian penulis melanjutkan pendidikan Sekolah Menengah Atas (SMA) di SMA Negeri 15 Batam selesai studi pada tahun 2018.

Penulis menjadi salah satu mahasiswa Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung melalui jalur seleksi mandiri pada tahun 2018. Pada awal perkuliahan penulis aktif dalam organisasi kemahasiswaan yaitu Persatuan Teknik Pertanian (PERMATEP) sebagai anggota biasa. Penulis ikut serta dalam kegiatan tahunan IMATETANI (Ikatan Mahasiswa Teknik Pertanian) sebagai bidang K4 dalam kongres IMATETANI yang dilaksanakan pada tahun 2019.

Penulis telah menyelesaikan Kuliah Kerja Nyata (KKN) pada periode 1, tahun 2021 di Desa Bogorejo, Kecamatan Gedong Tataan, Pesawaran selama 40 hari pada tanggal 01 Februari sampai 10 Maret 2021, kemudian pada tanggal 02 Agustus sampai 10 September 2021, penulis melakukan kegiatan Praktik Umum (PU) di Balai Pelatihan Pertanian (BPP) Lampung dengan judul “Mempelajari Penanganan Proses Pascapanen Kakao (*Theobroma Cacao* L.) Di Balai Pertanian Pelatihan (BPP) Lampung”.

LEMBAR PERSEMBAHAN

Tuhan Allahmu ada di antaramu sebagai pahlawan yang memberi kemenangan. Ia bergirang karena engkau dengan sukacita, Ia membaharui engkau dalam kasih-Nya, Ia bersorak-sorak karena engkau bersorak-sorai, “seperti pada hari pertemuan raya.” “Aku akan mengangkat malapetaka dari padamu, sehingga oleh karenanya engkau tidak lagi menanggung cela (Zefanya 3:17-18).

Penulis persembahkan karya ilmiah ini kepada *Bapak Surahman Simanjuntak, Ibu Danni Sihotang*, kakak dan adik-adikku yang penulis cintai *Surizani Octavia Simanjuntak, S.Pd., Imelda Ruth Romaito Simanjuntak, dan Christiana Deasy Simanjuntak.*

UCAPAN TERIMAKASIH

Dengan telah selesainya penelitian ini, dengan rasa hormat dan kerendahan hati saya, saya sampaikan kepada Bapak/Ibu Pimpinan dan Staf di PT. Great Giant Foods yang telah memberikan bantuan penelitian, baik dari segi akomodasi, sampel, dan tempat penelitian. Saya menyampaikan penghargaan setinggi-tingginya dan ucapan terimakasih atas kesediaan Bapak/Ibu menerima dan sekaligus membimbing saya selama menjalankan penelitian saya. Dalam kesempatan ini, saya berharap semoga kerjasama kita akan terus berlanjut pada masa-masa mendatang.

SANWACANA

Puji syukur kepada Tuhan Yesus Kristus atas berkat dan karunia-Nya yang senantiasa selalu tercurah kepada Penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **“VERIFIKASI PENENTUAN TINGKAT KEMATANGAN BUAH NANAS”** yang merupakan salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik (S.T.) di Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung.

Dalam menyelesaikan skripsi ini, penulis banyak mendapatkan masukan, bantuan, dorongan, bimbingan, kritik dan saran dari berbagai pihak. Maka, dengan segala kerendahan penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A., IPM., selaku Rektor Universitas Lampung.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
3. Bapak Dr. Ir. Sandi Asmara, M.Si., selaku Ketua Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
4. Bapak Ir. Sri Waluyo, S.T.P., M.Si., Ph.D., IPU., selaku dosen pembimbing akademik sekaligus pembimbing pertama penulis yang meluangkan waktunya untuk memberikan masukan, arahan, dan motivasi selama penelitian hingga penyusunan skripsi.
5. Bapak Febryan Kusuma Wisnu, S.T.P., M.Sc., selaku dosen pembimbing kedua skripsi yang telah memberikan masukan, saran serta arahan dalam menyelesaikan skripsi ini.

6. Ibu Dr. Siti Suharyatun, S.T.P., M.Si., selaku dosen penguji yang telah memberikan masukan, saran serta arahan dalam menyelesaikan skripsi ini.
7. Seluruh Dosen dan Karyawan Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung atas segala ilmu, pengalaman serta bantuannya yang telah diberikan baik dalam perkuliahan ataupun yang lainnya.
8. Bapak Surahman Simanjuntak, Ibu Danni Sihotang, kakak saya Surizani Octavia Simanjuntak, S.Pd., kedua adik saya Imelda Ruth Romaito Simanjuntak, dan Cristiana Deasy Simanjuntak serta seluruh anggota keluarga besar atas semua doa, dukungan, kasih sayang, dan nasihat yang telah diberikan.
9. Bapak Ahmad Ziaurrahman, Bapak Cahyo, Bapak Suradi, Bapak Rachmat, serta semua tenaga kerja yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu yang telah memberikan bantuan, motivasi, masukan, dan semangat dalam melaksanakan penelitian.
10. Teman seperjuangan dalam penelitian dan pembimbing pengerjaan skripsi yaitu Bekti Dinasari, Rizky Kurniawan.
11. Teman-teman seperjuangan penulis, Amiratu Syifa, S.T., Cantika Rizky Asti, S.T., Ayu Amelia, S.T., Rena Novelia, Annisa Suci Ramadhanti, Septhy Kartika Dewi, Adela Fiona Amadani, Tirana Dewi, dan Lorina yang telah memberikan bantuan, doa, semangat, dan motivasi selama perkuliahan;
12. Sahabat SMA penulis Julia Ramadhani, Clara Natsya Novie Agatha, Adinda Sukma Ramadhani, dan Ardita Hardi yang telah memberikan doa, motivasi, semangat, waktu, canda, dan tawa kepada penulis.
13. Sahabat tercinta penulis yang sudah hampir 10 tahun bersama Renata Prastika Saragih, Wiwin Duma Simanullang, Siti Muliana Putri, dan Melanisa yang selalu ada bersama penulis dan memberikan doa, motivasi, dan semangat ketika penulis sedang *down*.
14. Terimakasih kepada BTS. RM, JIN, J-HOPE, JIMIN, V, dan JUNGKOOK yang selalu memberikan semangat, hiburan dan motivasi disaat penulis lelah, serta menjadi moodbooster dikala penulis jenuh.

15. Keluarga besar Teknik Pertanian 18 yang senantiasa memberikan dukungan selama dikampus maupun diluar kampus, semangat selama perkuliahan, dan penelitian hingga proses penyusunan skripsi ini;
16. Serta semua pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu yang telah memberikan bantuan dalam penulisan skripsi ini.

Dalam penyusunan skripsi ini penulis menyadari skripsi ini masih memiliki banyak kekurangan dan jauh dari kata sempurna. Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih, semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat dan pengetahuan baru kepada setiap orang yang membacanya.

Bandar Lampung, 30 Mei 2023

Sefriyanti Simanjuntak
1854071013

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI.....	ii
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR TABEL.....	vii
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	4
1.3. Tujuan Penelitian.....	4
1.4. Manfaat Penelitian.....	4
1.5. Hipotesis	5
1.9. Batasan Masalah.....	5
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1. Buah Nanas.....	6
2.2. Mutu Buah Nanas	9
2.3. Citra.....	10
2.4. Digital Image Processing.....	11
2.5. Warna Dasar RGB (<i>Red, Green, Blue</i>).....	11
2.6. Algoritma <i>K-Means Clustering</i>	12

2.7. Jaringan Saraf Tiruan	13
2.8. Aplikasi Matlab	17
III. METODOLOGI PENELITIAN.....	19
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian	19
3.2. Alat dan Bahan Penelitian	19
3.2.1. Alat.....	19
3.2.2. Bahan	20
3.3. Rancangan Penelitian	20
3.4. Pelaksanaan Penelitian	21
3.4.1. Pengambilan Citra Buah Nanas	21
3.4.2. Pengolahan Citra Buah	22
3.4.3. Metode K-Means Clustering.....	23
3.4.4. Pengembangan Arsitektur Jaringan Saraf Tiruan	24
3.5. Diagram Alir.....	28
3.6. Parameter Pengamatan	31
3.7. Analisis Data	31
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	33
4.1. Algoritma Pengolahan Citra.....	33
4.2. Warna Kulit Buah Nanas Berdasarkan Nilai Intensitas RGB	36
4.2.1. Perubahan nilai intensitas warna merah (I_{red}).....	38
4.2.2. Perubahan nilai intensitas warna hijau (I_{green})	40
4.2.3. Perubahan nilai intensitas warna biru (I_{blue})	42
4.3. Analisis K-Means Clustering	44
4.4. Analisis Jaringan Saraf Tiruan	45

4.4.1 Perancangan Arsitektur Jaringan Saraf Tiruan.....	45
4.4.2. Pelatihan dan pengujian model JST.....	47
DAFTAR PUSTAKA	56

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Struktur Morfologi Nanas	8
Gambar 2. Ilustrasi perangkat pengambilan citra digital	22
Gambar 3. Blok diagram pengolahan citra	23
Gambar 4. Model arsitektur JST	26
Gambar 5. Diagram alir penelitian.....	28
Gambar 6. Diagram alir metode K-Means Clustering	29
Gambar 7. Diagram alir metode JST.....	30
Gambar 8. Proses segmentasi citra	34
Gambar 9. Histogram intensitas warna merah pada setiap tingkat kematangan.....	35
Gambar 10. Histogram intensitas warna hijau pada setiap tingkat kematangan.....	35
Gambar 11. Histogram intensitas warna biru pada setiap tingkat kematangan	36
Gambar 12. Nilai intensitas warna merah (I_{red}) buah nanas yang ditera oleh pemanen dengan usia yang berbeda.....	39
Gambar 13. Nilai intensitas warna hijau (I_{green}) buah nanas yang ditera oleh pemanen dengan usia yang berbeda.....	41
Gambar 14. Nilai intensitas warna biru (I_{blue}) buah nanas yang ditera oleh pemanen dengan usia yang berbeda.....	43
Gambar 15. Penampilan cluster buah nanas berdasarkan tingkat kematangan.....	45

Gambar 16. Arsitektur JST penelitian.....	47
Gambar 17. Tampilan window software MATLAB	48
Gambar 18. Hasil JST plot perform pada pelatihan	49
Gambar 19. Hasil JST plot regression pada hasil pelatihan dan pengujian data.....	49
Gambar 20. Grafik pelatihan model Jaringan Saraf Tiruan	51
Gambar 21. Grafik pengujian model jaringan saraf tiruan	52
Gambar 22. Chamber	69
Gambar 23. Hasil pengambilan citra.....	69
Gambar 24. Proses pemanenan secara manual	70
Gambar 25. Pemanenan setiap pekerja	70
Gambar 26. Sampel nanas.....	71
Gambar 27. Proses segmentasi citra.....	71
Gambar 28. Proses ekstraksi ciri.....	72
Gambar 29. Histogram warna kulit buah	72

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Tingkat Kematangan Buah Nanas.....	10
Tabel 2. Matriks rancangan penelitian dan jumlah buah sampel untuk setiap perlakuan	21
Tabel 3. Nilai rerata dan standar deviasi intensitas warna RGB buah nanas pada tingkat kematangan K0 sampai K3	37
Tabel 4. Hasil ANOVA pengaruh usia pemanen dan tingkat kematangan buah terhadap intensitas warna merah (I_{red}).....	39
Tabel 5. Uji BNT faktor tunggal kematangan buah nanas terhadap intensitas warna merah (I_{red})	40
Tabel 6. Hasil ANOVA pengaruh usia pemanen dan tingkat kematangan buah terhadap intensitas warna hijau (I_{green})	41
Tabel 7. Uji BNT faktor tunggal kematangan buah nanas terhadap intensitas warna hijau (I_{green}).....	42
Tabel 8. Hasil ANOVA pengaruh usia pemanen dan tingkat kematangan terhadap intensitas warna biru (I_{blue}).....	43
Tabel 9. Hasil pelatihan dan pengujian model JST pada variasi fungsi aktivasi	50
Tabel 10. Hasil prediksi JST dari model terbaik.....	56

Tabel 11. Intensitas warna.....	57
Tabel 12. Hasil ANOVA pengaruh tingkat kematangan buah terhadap intensitas warna merah (Ired).....	61
Tabel 13. Hasil ANOVA pengaruh tingkat kematangan buah terhadap intensitas warna hijau (Igreen).....	61
Tabel 14. Hasil ANOVA pengaruh tingkat kematangan buah terhadap intensitas warna biru (Iblue).....	62

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Buah merupakan salah satu makanan yang bisa dikatakan tidak terlepas dari kehidupan manusia. Buah memiliki vitamin dan antioksidan yang dapat bermanfaat dalam memperbaiki sel regenerasi dan mencegah penyakit tertentu. Manfaat buah secara umum dapat diperoleh dari daging buah dengan kualitas baik. Tingkat kematangan yang tepat menjadi aspek penting dalam menentukan kualitas buah dan menjadi pertimbangan penting dalam proses produksi, salah satunya adalah buah nanas.

Buah nanas (*Ananas comosus*) merupakan salah satu buah yang banyak dibudidayakan di Indonesia. Hampir seluruh wilayah di Indonesia memiliki iklim yang sesuai untuk membudidayakan nanas. Provinsi dengan hasil produksi nanas terbesar adalah Lampung dengan total produksi mencapai 662.588 ton, diikuti oleh Jawa Tengah sebesar 252.221 ton, Jawa Barat sebesar 250.942 ton, Jawa Timur sebesar 220.552 ton, Riau sebesar 214.277 ton, Kalimantan Barat sebesar 208.463 ton, dan provinsi-provinsi lainnya menghasilkan 638.250 ton nanas (BPS, 2021). Produksi nanas pada tahun 2020 menempati posisi ke-4 untuk produksi tanaman buah-buahan nasional dengan total produksi mencapai 2.447.234 ton.

Hasil produksi nanas yang melimpah menjadikan nanas sebagai salah satu buah favorit untuk dikonsumsi masyarakat, baik dikonsumsi dalam bentuk buah maupun dalam bentuk olahan. Untuk tujuan industri olahan, industri pengolahan nanas harus dapat menjaga kualitas dan higienitas produk. Pada dunia industri, faktor kualitas

buah sangat diperhatikan dengan tetap memperhatikan biaya-biaya yang dikeluarkan. Pihak industri olahan buah juga menghendaki adanya keseragaman dalam bentuk ukuran, kematangan, dan sebagainya dalam kemudahan pada penanganan dan pengolahannya.

Indikator yang digunakan untuk menentukan tingkat kematangan buah nanas salah satunya adalah warna kulit. Masa petik berdasarkan tingkat kematangan buah nanas juga ditentukan oleh kebutuhan pasar. Konsumen di Indonesia umumnya lebih menyukai mengkonsumsi buah nanas pada tingkat kemanisan yang lebih tinggi (tingkat kematangan tinggi). Sedangkan konsumen di wilayah Asia Tengah, Eropa dan Amerika Utara umumnya lebih menyukai rasa buah nanas yang lebih masam (tingkat kematangan rendah). Oleh karena itu, untuk perusahaan nanas dengan pasar domestik dan internasional, pemanenan buah nanas sangat sensitif dengan kelas tingkat kematangan buah.

Saat ini, proses pemilahan tingkat kematangan buah nanas dikerjakan secara manual. Salah satu perusahaan agroindustri yang bergerak dalam budidaya dan perdagangan buah nanas adalah PT. Great Giant Food (PT. GGF), yang berada di provinsi Lampung. Berdasarkan pengamatan lapang saat peneliti melakukan Praktek Kerja (Juli – Agustus 2022) dan informasi dari staf PT. GGF. Pada PT. Great Giant Food, tingkat kematangan buah nanas diberikan skala dari 0 sampai dengan 6 berdasarkan warna kulit buah. Rentang tingkat kematangan hingga 7 kelompok ini sangat rentan terjadi kesalahan. Penilaian skala kematangan juga dapat berbeda antara satu pekerja panen dengan pekerja panen yang lainnya akibat perbedaan kemampuan visualnya. Selain itu, kemampuan manusia juga memiliki keterbatasan dan juga dipengaruhi oleh tingkat emosionalnya. Sementara tahapan penentuan tingkat kematangan buah nanas ini sangat menentukan tingkat kepuasan konsumen/pembeli. Hal itulah yang menjadi permasalahan dalam menjaga kualitas hasil olahan buah nanas perlu menjadi perhatian agar kesalahan-kesalahan (*human error*) dapat diminimalisasi. Pada penelitian ini tingkat kematangan yang digunakan hanya sampai pada indeks ke-3,

dikarenakan pemanenan buah nanas umumnya hanya dilakukan pada rentang indeks 0 sampai indeks 3. Pada rentang indeks 4 sampai dengan indeks 6 buah nanas sudah dikategorikan matang, sehingga apabila pemanenan dilakukan sampai pada indeks tersebut maka akan memperpendek masa layak buah nanas segar karena lama dan panjangnya rantai distribusi dan perdagangan buah.

Selama ini pemanenan dan grading tingkat kematangan buah nanas masih dilakukan dengan tenaga kerja manusia. Kemampuan *visible* pekerja panen sangat menentukan kesesuaian skala warna (*shell color*) buah dengan tingkat kematangan buah nanas. Kelemahan pemanenan dan grading berbasis warna kulit buah di antaranya adalah subyektif pekerja sehingga rawan salah klas grade, *inconsistent* karena kemampuan visual pekerja yang dapat mengalami kelelahan sehingga kapasitas kerja juga terbatas. Untuk menyelesaikan permasalahan ketidak-konsistenan penentuan tingkat *shell color* (SC) maka diperlukan suatu metode yang dapat memastikan tingkat kematangan buah nanas yang lebih akurat, konsisten, dan sesuai dengan standar yang diinginkan konsumen. Dengan demikian keluhan dari konsumen dapat diminimalisasi. Salah satu solusi untuk menjawab permasalahan ini, penulis di bawah Grup Peneliti “Non Destructive Evolution” Jurusan Teknik Pertanian Universitas Lampung menawarkan metode baru dengan pendekatan citra termal objek buah.

Berdasarkan uraian di atas, penentuan kematangan berdasarkan penyortiran tingkat kematangan nanas dengan otomatisasi sangat diperlukan sehingga memudahkan dan mempercepat proses pemanenan. Penelitian ini diharapkan mampu memberikan informasi yang dapat dijadikan sebagai acuan pengambilan keputusan tentang penanganan yang dapat dilakukan terhadap buah-buahan pada saat proses panen dan pascapanen.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana cara memverifikasi tingkat kematangan buah nanas hasil penilaian tim panen dengan nilai intensitas RGB pada shell color/tingkat kematangan buah nanas?
2. Bagaimana konsistensi dan keseragaman penilaian pekerja dengan umur yang berbeda dalam menentukan tingkat kematangan buah (*fruit maturities*) nanas?
3. Bagaimana menentukan akurasi metode *digital image processing* dapat digunakan sebagai pendeteksi berbagai tingkat kematangan buah (*fruit maturities*) nanas?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memverifikasi tingkat kematangan buah nanas hasil penilaian tim panen dengan intensitas RGB pada shell color buah nanas.
2. Mengetahui konsistensi dan keseragaman penilaian pekerja dengan umur berbeda dalam menentukan tingkat kematangan buah (*fruit maturities*) nanas.
3. Menentukan akurasi metode *digital image processing* dapat digunakan sebagai pendeteksi berbagai tingkat kematangan buah (*fruit maturities*) nanas.

1.4. Manfaat Penelitian

Hasil verifikasi tingkat kematangan buah nanas yang didasarkan atas warna kulit yang ditentukan dengan metode RGB dapat digunakan untuk memperbaiki metode penentuan tingkat kematangan buah nanas secara manual yang saat ini masih berlangsung di PT. Great Giant Food, Lampung.

1.5. Hipotesis

Adapun hipotesis dari penelitian ini adalah metode pengolahan citra digital memiliki akurasi dan konsistensi yang lebih baik dalam menentukan tingkat kematangan buah nanas.

1.9. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang didapatkan pada penelitian adalah sebagai berikut:

1. Kematangan buah yang diuji pada tingkat kematangan (shell color) 0, 1, 2 dan 3 pada nanas MD2.
2. Penentuan tingkat kematangan buah nanas dievaluasi oleh pekerja panen di PT GGF berdasarkan pengalaman (lama) kerja dan usia serta berbasis warna kulit buah nanas yang diterapkan di PT GGF.
3. Format citra adalah file citra bertipe .jpg dan bahasa pemrograman yang digunakan untuk mengolah citra dalam penelitian ini adalah Matlab R2015a.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Buah Nanas

Nanas merupakan tanaman yang diperkirakan berasal dari Amerika Selatan yang ditemukan oleh orang Eropa pada tahun 1493 di pulau Caribbean. Akhir abad ke-16 Portugis dan Spanyol memperkenalkan nanas ke benua Asia, Afrika, dan Pasifik Selatan, sehingga pada abad ke-18, buah ini dibudidayakan di Hawaii, Thailand, Filipina, China, Brasil, dan Meksiko (Lawal, 2013).

(Prihatman, 2000) mengatakan bahwa penyebaran buah nanas di Indonesia dibawa oleh bangsa Spanyol pada abad ke-15. Kondisi lahan dan iklim Indonesia yang memungkinkan dalam pertumbuhan nanas, menyebabkan nanas banyak dibudidayakan baik sebagai tanaman pekarangan maupun budidaya perkebunan dalam skala yang besar. Menurut (Sunarjono, 2008), daerah penghasil nanas yang terkenal di Indonesia yaitu Subang, Bogor, Riau, Palembang, dan Blitar. Nanas mempunyai nama lain seperti henas, kenas, honas (Batak), manas (Bali), danas (Sunda), dan pandang (Makassar) (Sunarjono, 2008). Tanaman ini digolongkan dalam kelas monokotil yang bersifat tahunan yang mempunyai rangkaian bunga yang terdapat di ujung batang, tumbuhnya meluas dengan menggunakan tunas samping yang berkembang menjadi cabang-cabang vegetatif, pada cabang tersebut kelak dihasilkan buah (Sari, 2002).

Tanaman nanas dalam sistematika diklasifikasikan sebagai berikut:

Regnum : Plantae (tumbuh-tumbuhan),

Divisi : Spermatophyta (tumbuhan berbiji),

Classis : Angiosperma (berbiji tertutup),
Ordo : Farinosae (Bromeliales),
Familia : Bromeliaceae,
Genus : Ananas,
Species : *Ananas comosus* (L.) Merr. (Surtiningsih, 2008).

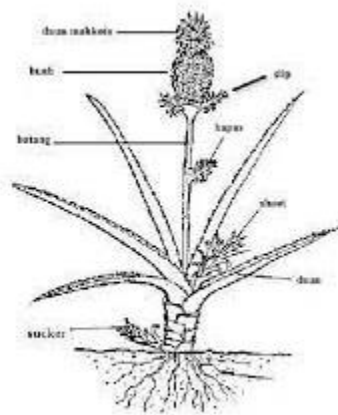
Struktur morfologi tanaman nanas terdiri dari akar, batang, daun, bunga dan buah. Akar melekat pada pangkal batang dan termasuk akar serabut, kedalaman perakaran pada media tanah yang baik antara 30-50 cm. Berdasarkan pertumbuhannya, akar nanas dibedakan menjadi akar primer dan sekunder. Akar primer hanya dapat ditemukan pada kecambah biji, dan setelah itu digantikan oleh akar adventif yang muncul dari pangkal batang dan berjumlah banyak. Pada pertumbuhan selanjutnya, akar-akar tersebut akan bercabang membentuk akar sekunder untuk memperluas bidang penyerapan dan membentuk sistem perakaran yang kuat (Irfandi, 2005).

Batang merupakan tempat melekatnya akar, daun, bunga, tunas dan buah, sehingga secara visual batang tersebut tidak nampak karena di sekelilingnya tertutup oleh daun. Tangkai bunga atau buah merupakan perpanjangan batang (Oktaviani, 2009). Batang tanaman nanas dapat dilihat apabila daun-daun dihilangkan. Hal ini disebabkan batang nanas sangat pendek yaitu 20-25 cm dengan diameter bawah 2-3,5 cm, sedangkan diameter bagian tengah 5,5-6,5 cm dan mengecil pada bagian puncak 2,0-3,5 cm. Batang tanaman nanas beruas-ruas dengan panjang masing-masing ruas bervariasi antara 1-10 cm.

Daun nanas memiliki panjang 130-150 cm, lebar antara 3-5 cm, daun berduri tajam meskipun ada yang tidak berduri dan tidak memiliki tulang daun. Jumlah daun tiap batang sangat bervariasi antara 70-80 helai. Daun nanas berbentuk pedang dengan ujung daun berbentuk lancip dan tepi daun memiliki duri dan berwarna hijau atau hijau kemerahan. Daun nanas berkumpul dalam roset akar, dimana bagian pangkalnya melebar menjadi pelepah. Pada mulanya daun nanas akan tumbuh

melambat setelah beberapa lama dan menjadi cepat seiring dengan pertambahan umur tanaman (Dalimartha, 2001).

Nanas memiliki rangkaian bunga majemuk pada ujung batang. Bunga bersifat hemaprodit, kedudukan diketiak daun pelindung yang mempunyai tiga kelopak, tiga mahkota, enam benang sari dan sebuah putik dengan kepala putik bercabang tiga. Penyerbukan tanaman nanas bersifat *Self Incompatible* atau *cross pollinated* dengan perantara burung dan lebah. Bunga akan membuka setiap hari dan jumlahnya sekitar antara 5-10 kuntum. Masa pertumbuhan bunga dari bagian dasar menuju bagian atas membutuhkan sekitar 10-20 hari. Waktu dari menanam sampai terbentuk bunga antara 6-16 bulan (Suprianto, 2016).



Gambar 1. Struktur Morfologi Nanas

Varietas-varietas nanas yang dapat ditanam dan dikembangkan terdapat 4 jenis golongan nanas, yaitu Cayenne (daun halus, tidak berduri, buah besar), Queen (daun pendek berduri tajam, buah lonjong mirip kerucut), Red Spanish (daun panjang kecil, berduri halus sampai kasar, buah bulat dengan mata datar), dan Abacaxi (daun panjang berduri kasar, buah silindris atau seperti piramida). Buah nanas yang dikembangkan di Indonesia menurut Nugraheni (2016) sendiri di golongan menjadi dua antara lain:

1. Golongan Cayenne

Buah nanas golongan cayenne umumnya tidak berduri atau permukaan daun halus pada ujungnya. Buah nanas berukuran besar silindris, mata buah sedikit datar atau tidak menonjol, berwarna hijau kekuning-kuningan, rasa sedikit asam. Buah nanas Subang memiliki ukuran buah besar dan bentuk menggelembung, dengan mahkota buah kecil, berair banyak, aroma kuat dan memiliki rasa yang manis.

2. Golongan Queen

Buah nanas golongan queen memiliki permukaan daun pendek dan berduri tajam. Buah nanas berukuran sedang sampai dengan besar. Bentuk dari buah lonjong mirip dengan kerucut sampai silindris, mata buah menonjol, buah yang matang berwarna kuning kemerah-merahan dan memiliki aroma rasa buah yang manis. Tanaman buah nanas golongan queen dapat ditemukan di daerah Palembang dan Bogor. Buah nanas Palembang memiliki ukuran buah kecil, mahkota buah besar dan rasa manis, sedangkan nanas Bogor memiliki ukuran buah kecil, kulit kuning, daging buah berserat halus, dan rasa manis.

2.2. Mutu Buah Nanas

Tingkat kematangan panen yang didasarkan pada tingkat perkembangan warna kulit buah nanas Subang telah dilakukan Soedibyo (1992). Buah nanas mengalami perubahan-perubahan selama pemasakan dan pematangan, buah nanas yang belum memiliki kulit buah berwarna kuning belum cukup tua untuk menghasilkan mutu optimum. Klasifikasi buah biasanya berdasarkan bentuk dan ukuran yang seragam, jenis maupun tingkat kematangannya. Tingkat kematangan nanas berdasarkan warna kulit buah di PT. GGF dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Tingkat Kematangan Buah Nanas

Tingkat kematangan	Standarisasi (Shell Color)	Warna kulit buah
0	0	Hijau
1	>0-10%	Mata jelas, hijau
2	>10%-20%	Mata jelas, mulai kuning
3	>20%-35%	Matanya jelas berwarna kuning
4	>35%-50%	Matanya berwarna kuning penuh
5	>50%-75%	Matanya berwarna kuning penuh
6	>75%-100%	Matanya jingga kemerah-merahan

Sumber: Great Giant Food

2.3. Citra

Citra adalah suatu representasi, kemiripan, atau imitasi dari suatu objek atau benda. Selain itu juga di dalam sebuah citra juga terdapat kompresi citra yaitu aplikasi kompresi data yang dilakukan terhadap citra digital dengan tujuan untuk mengurangi redundansi dari data - data yang terdapat dalam citra sehingga dapat disimpan dan ditransmisikan secara efisien. Citra dapat dikelompokkan menjadi citra tampak dan citra tak tampak. Contoh citra tampak dalam kehidupan sehari - hari adalah foto keluarga, gambar yang nampak pada layar monitor dan televisi, serta hologram (citra optis). Sedangkan contoh citra tak tampak adalah data gambar dalam file (citra digital) dan citra yang merepresentasikan menjadi fungsi matematis. Di samping itu ada juga citra fisik tak tampak, misalnya citra distribusi panas di kulit manusia serta peta densitas dalam suatu material. Untuk dapat dilihat mata manusia, citra tak tampak harus diubah menjadi citra tampak, misalnya menampilkannya di monitor, dicetak di atas kertas, dan sebagainya.

Citra merupakan istilah lain untuk gambar sebagai salah satu komponen multimedia yang memegang peranan yang sangat penting sebagai bentuk informasi visual. Citra mempunyai karakteristik yang tidak dimiliki oleh data teks, yaitu citra kaya dengan informasi. Secara harfiah, citra (*image*) adalah gambar pada bidang dwimatra (dua

dimensi). Ditinjau dari sudut pandang matematis, citra merupakan fungsi menerus (*continue*) dari intensitas cahaya pada bidang dwimatra. Sumber cahaya menerangi objek, objek memantulkan kembali sebagai dari berkas cahaya tersebut. Pantulan cahaya ini ditangkap oleh alat-alat optik, misalnya mata pada manusia, kamera, pemindai (*scanner*), dan sebagainya. Sehingga bayangan objek yang disebut citra tersebut terakam (Munir, 2004).

2.4. Digital Image Processing

Digital Image Processing atau pengolahan citra digital merupakan teknik pengolahan gambar atau citra dengan menggunakan berbagai algoritma. Gambar tersebut bisa berupa gambar yang didapatkan dari kamera, webcam, atau gambar yang terdata secara online. Citra berupa foto yang tampak sedikit gelap dapat diolah menjadi lebih terang adalah contoh proses yang dapat dilakukan melalui pengolahan citra digital (Widyaningsih, 2017). Pengolahan citra digital telah diterapkan di banyak aplikasi dan di berbagai bidang, tidak hanya sebatas mengatur revolusi spasial suatu gambar dan meningkatkan kecerahan foto tetapi juga mampu menganalisis hal-hal yang hanya bisa dilihat oleh kamera namun tidak dapat dilihat secara kasat mata oleh manusia seperti spektrum warna yang ditampilkan oleh gelombang elektromagnetik (Ravikumar & Arulmozhi, 2019).

2.5. Warna Dasar RGB (*Red, Green, Blue*)

Red, Green, Blue (RGB) merupakan ruang warna yang sudah sangat populer dan banyak digunakan dalam menghasilkan citra. Model warna RGB adalah aditif model warna yang merah, hijau dan biru ditambahkan bersama dalam berbagai cara untuk mereproduksi array yang lebih luas dari warna. Tujuan utama RGB adalah untuk sensing, representasi, dan menampilkan gambar dalam sistem elektronik. Perangkat elektronik seperti kamera, perangkat penampil televisi memang menggunakan ruang warna ini karena bisa menghasilkan warna-warna dasar dan kombinasi yang bagus.

Hal ini dikarenakan mata memang mampu memberikan persepsi warna yang kuat terhadap ruang warna ini. Namun menjadi kendala ketika ingin menginterpretasikan warna yang nyata dan tidak termasuk ke dalam ruang warna RGB. Jika melihat warna cyan atau magenta atau warna lainnya yang bukan warna dasar RGB maka akan kesulitan dalam menjelaskan warna-warna apa saja yang menyusun warna tersebut. Jika anda mengatakan 10% hijau, 30% biru dan 60% merah. Tentu hal itu sangat tidak praktis, dan belum tentu akurat. Lebih lagi, mata lebih mudah untuk mempersepsikan warna itu dalam istilah kecerahannya. Untuk itu dibutuhkan ruang warna lain yang bisa membantu kita dalam menjelaskan ciri warna ini yaitu HSI.

2.6. Algoritma *K-Means Clustering*

K-means merupakan metode *unsupervised classification* yang membagi item data ke dalam satu atau beberapa cluster. Pada *unsupervised classification*, dimana pembelajaran pola tentang pembagian class tidak diberikan, sehingga lebih banyak fokus untuk memahami pola dalam cluster yang dapat dimengerti untuk menemukan persamaan dan perbedaan antar pola dan untuk memperoleh kesimpulan bermanfaat (Wakhidah, 2010). *K-means* merupakan algoritma untuk cluster n objek berdasarkan atribut menjadi k partisi, dimana $k < n$. *K-Means Clustering* dalam tindakan (2 dimensi).

Pusat awal yang dihasilkan secara acak untuk menunjukkan tahapan lebih rinci. Background ruang partisi hanya untuk ilustrasi dan tidak dihasilkan oleh algoritma *K-Means Clustering*. Tujuan dari *K-means* adalah untuk mengurangi penjumlahan kuadrat jarak antara titik data dan pusat cluster masing-masing (Naeem & Wumaier, 2018). Penjelasan tahapan proses algoritma *K-Means Clustering*, yaitu:

Algoritma pengelompokan *K-Means Clustering*

Langkah-langkah dalam algoritma pengelompokan *K-Means Clustering* adalah:

1. Vektor pelatihan dikelompokkan menjadi M cluster berdasarkan jarak antara

vektor kode dan vektor pelatihan menggunakan persamaan di bawah ini (1) dan (2).

$$dy = \sum_{j=1}^k |xi - yi| \dots \dots \dots (1)$$

Dimana dy adalah jarak antara vektor pelatihan Xi dan vektor kode Yi.

$$Sum_{ij} = X_{ij} \dots \dots \dots (2)$$

Dimana, c adalah kekuatan cluster

2. Hitung vektor jumlah untuk setiap cluster dengan menambahkan komponen yang sesuai dari semua vektor pelatihan yang termasuk dalam cluster yang sama menggunakan persamaan (3).

$$Centroid = Sum_{ij} / n_i \dots \dots \dots (3)$$

3. Hitung centroid untuk setiap cluster dengan membagi komponen individu dari penjumlahan vektor dengan kekuatan cluster menggunakan persamaan (3).
4. Ganti vektor kode yang ada dengan centroid baru untuk membentuk buku kode yang direvisi.
5. Ulangi langkah 1 sampai 4 sampai codebook dari iterasi berturut-turut bertemu (Ms. Chinki et al., 2012).

2.7. Jaringan Saraf Tiruan

Berdasarkan sejarah perkembangannya, Jaringan Saraf Tiruan (JST) diakui sebagai salah satu cabang ilmu pengetahuan sejak McCulloch-Pitts (1943) memperkenalkan teorinya dalam *A Logical Calculus of The Ideas Immanent in Nervous Activity*, Donald Hebb (1949) tentang *Organization of Behavior* dan Rosenblatt (1958) tentang Perceptron (Rizki, 2018). JST mampu mewakili setiap ciri yang dimiliki oleh *input* dan *output*, karena kemampuannya untuk memecahkan beberapa masalah relatif mudah digunakan, ketahanan untuk mengimput data kecepatan untuk eksekusi, dan menginisialisasikan sistem yang rumit. JST memiliki kemampuan yang hampir serupa dengan karakteristik jaringan syaraf biologis (JSB). Jaringan Saraf Tiruan tercipta sebagai suatu generalisasi model matematis dari pemahaman manusia (*human cognition*) (Studi, Di, & Bengkulu, 2016).

Jaringan saraf tiruan adalah sistem komputasi yang arsitektur dan operasinya diilhami dari pengetahuan tentang sel saraf biologis di dalam otak yang dapat digambarkan sebagai model matematis dan komputasi untuk fungsi klasifikasi data *cluster*, aproksimasi non-linear, dan regresi non-parametrik atau sebuah simulasi hasil dari jaringan biologis (Lestari & Fc, 2017). Secara singkat JST merupakan representasi dari jaringan biologis dalam bentuk matematika, dengan asumsi bahwa : 1) Pemrosesan informasi terjadi pada banyak elemen sederhana (neuron); 2) Sinyal dikirimkan diantara neuron; 3) Setiap penghubung antar neuron memiliki bobot yang unik untuk mengaktifkan neuron; 4) Fungsi aktivasi merupakan komponen yang digunakan untuk menentukan keluaran jaringan dari hasil perhitungan antara input dengan bobot jaringan, yang kemudian keluaran jaringan akan dibandingkan dengan nilai ambang batas (Armansyah, 2019).

JST ditentukan oleh tiga hal, yaitu:

- (1) Pola hubungan antar-neuron (disebut arsitektur jaringan).
- (2) Metode untuk menentukan bobot penghubung (disebut metode *training/ learning/ algoritma*).
- (3) Fungsi aktivasi (fungsi *transfer*).

Pada umumnya JST memiliki dua lapisan, yaitu *input layer* dan *output layer*. Tetapi pada perkembangannya, ada pula JST yang memiliki satu lapisan lagi yang terletak di antara *input layer* dan *output layer*. Lapisan ini disebut lapisan *hidden layer*. Menurut Halim et all. (2004: 12), berikut penjelasan mengenai komponen JST. *Input layer* berisi node-node yang masing-masing menyimpan sebuah nilai masukan yang tidak berubah pada fase latih dan hanya bisa berubah jika diberikan nilai masukan baru. Node pada lapisan ini tergantung pada banyaknya *input* dari suatu pola. Lapisan ini tidak pernah muncul sehingga dinamakan *hidden layer*. Akan tetapi semua proses pada fase pelatihan dan fase pengenalan dijalankan di lapisan ini. Jumlah lapisan ini tergantung dari arsitektur yang akan dirancang, tetapi pada umumnya terdiri dari satu

lapisan *hidden layer*. *Output layer* berfungsi untuk menampilkan hasil perhitungan sistem oleh fungsi aktivasi pada lapisan *hidden layer* berdasarkan *input* yang diterima.

Menurut (Wahyu, 2021) menyatakan bahwa salah satu metode Jaringan Saraf Tiruan adalah *backpropagation*. *JST backpropagation* merupakan algoritma yang digunakan untuk melatih jaringan. Pembentukan algoritma digunakan untuk mendapatkan keseimbangan antara kemampuan jaringan untuk mengenali pola yang digunakan selama pelatihan, serta membuat jaringan mampu memberikan respon yang benar terhadap pola masukan (*input*) yang serupa dengan pola yang dipakai selama pelatihan. *JST backpropagation* digunakan untuk meniru ide dan cara kerja dari otak manusia, yang memiliki kemampuan untuk belajar memahami hal baru dan beradaptasi. Model *Backpropagation* merupakan salah satu metode JST yang menggunakan pelatihan terawasi dan memiliki sifat komputasi yang baik sehingga metode ini dapat digunakan untuk menyelesaikan masalah yang kompleks (Hermawan, 2006).

Arsitektur paling dasar dari JST adalah JST satu lapisan terdiri dari beberapa unit *input* dan satu unit *output*. Biasanya di dalam unit *input* ditambah suatu variabel yaitu bobot dan bias. Dimana:

1. Pembentukan persamaan matematis dari file bobot-bias yang terekam
 - a. Jika nilai ada e-01 berarti 10^{-1} atau nilai dikali 0,1
 - b. Jika nilai ada e+00 berarti 10^0 atau nilainya dikali 1 (tetap)
 - c. Jika nilai ada e+01 berarti 10^1 atau nilai dikali 10
2. Persamaan fungsi aktivasi logsig adalah : $y = \frac{1}{(1+\exp(-x))}$
3. Persamaan fungsi aktivasi tansig adalah : $y = \frac{1-\exp(-2x)}{1+\exp(-2x)}$
4. Persamaan fungsi aktivasi purelin adalah : $y = x$

a. Fungsi Aktivasi

Dalam *backpropagation*, fungsi aktivasi yang dipakai harus memenuhi beberapa syarat, yaitu kontinu, terdiferensial dengan mudah, dan merupakan fungsi yang tidak turun (Siang, 2009). Fungsi aktivasi diharapkan jenuh (mendekati nilai-nilai maksimum dan minimum secara asimtot). Beberapa fungsi aktivasi dalam JST adalah sebagai berikut (Puspitaningrum, 2006).

1. Fungsi Sigmoid Biner

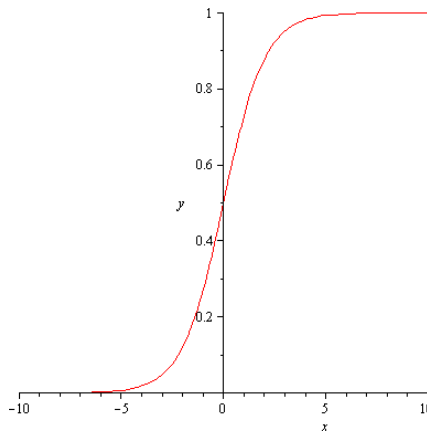
Fungsi ini merupakan fungsi yang umum digunakan. Range-nya adalah (0,1) dan didefinisikan sebagai berikut.

$$f_1(x) = \frac{1}{1+e^{-x}} \dots\dots\dots(4)$$

Dengan turunan

$$f_1'(x) = f_1(x)(1 - f_1(x)) \dots\dots\dots(5)$$

Fungsi sigmoid biner diilustrasikan sebagai berikut



2. Fungsi Sigmoid Bipolar

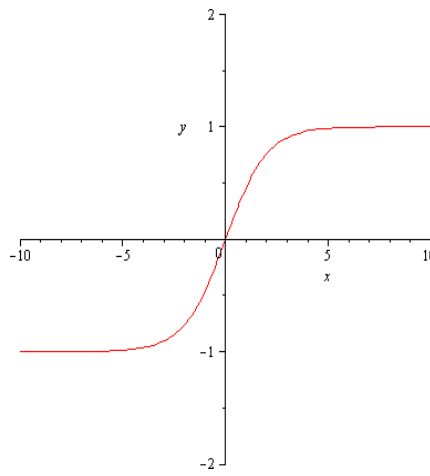
Fungsi sigmoid bipolar merupakan fungsi yang umum digunakan dan memiliki *range* (-1,1) yang didefinisikan sebagai

$$f_2(x) = 2f_1(x) - 1 \dots\dots\dots(6)$$

Dengan turunan

$$f_2'(x) = \frac{1}{2}(1 + f_2(x))(1 - f_1(x)) \dots\dots\dots(7)$$

Fungsi sigmoid bipolar diilustrasikan sebagai berikut.



3. Fungsi Tangen Hiperbolik

Fungsi tangen hiperbolik didefinisikan sebagai

$$\tanh(x) = \frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}} \dots\dots\dots(8)$$

dengan turunan

$$\tanh'(x) = (1 + \tanh(x))(1 - \tanh(x)) \dots\dots\dots(9)$$

2.8. Aplikasi Matlab

Nama Matlab merupakan akronim dari kata *Matrix Laboratory*. Versi pertama Matlab ditulis pada tahun 1970. Saat itu, Matlab digunakan untuk pelatihan dalam teori matrik, aljabar linier dan analisis numerik. Pada tahun sebelumnya, Matlab telah direvisi. Fungsi-fungsi Matlab ini digunakan untuk menyelesaikan masalah bagian khusus, yang disebut *toolboxes*. *Toolboxes* dapat digunakan untuk bidang pengolahan sinyal, sistem pengaturan, fuzzy logic, numeral network, optimasi, pengolahan citra, dan simulasi yang lain.

Matlab merupakan sistem interaktif dan sebuah program bahasa. Elemen data dasar merupakan sebuah matrik yang tidak membutuhkan deklarasi ukuran atau jenis data.

Oleh karena itu, banyak masalah perhitungan dapat diselesaikan pada waktu singkat dan perhitungan diambil untuk dituliskan ke dalam bahasa Fortran atau C.

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juli – Agustus 2022 di Laboratorium Bioproses dan Pascapanen, Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Selain itu penelitian ini juga dilaksanakan di PT. Great Giant Food *Plantation Group 4* yang berlokasi Jl. Taman Nasional Way Kambas, Raja Basa Lama 1, Kecamatan Labuhan Ratu, Lampung Timur.

3.2. Alat dan Bahan Penelitian

3.2.1. Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini sebagai berikut:

- a) Kamera digital *smartphone* (realme, resolusi 12 MP), digunakan sebagai alat untuk pengambilan gambar pada objek penelitian.
- b) Lampu (12 Watt), digunakan sebagai sumber iluminasi pada objek penelitian.
- c) *Chamber* (60cmx40cm), digunakan sebagai tempat untuk melakukan pengambilan gambar.
- d) Komputer/laptop yang sudah terinstal *software* Matlab R2015a yang digunakan untuk mengolah gambar dan menentukan nilai intensitas warna kulit buah yang dikaitkan dalam penentuan tingkat kematangan objek penelitian.

3.2.2. Bahan

Bahan yang digunakan terdiri atas buah nanas segar yang diperoleh dari PT. Great Giant Food, Labuhan Ratu, Lampung Timur. Buah nanas tersebut dikelompokkan berdasarkan tingkat kematangan buah dari tingkat kematangan 0 hingga 3. Penentuan tingkat kematangan buah nanas ini ditentukan oleh 9 orang pekerja dari tim panen dan 9 orang pekerja dari tim riset di PT. Great Giant Food yang memiliki rentang usia yang berbeda.

3.3. Rancangan Penelitian

Rancangan ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap Faktorial (RALF) 3 x 4, dengan lima ulangan pada masing-masing tingkat kematangan di setiap pemanen. Penelitian ini menggunakan analisis ANOVA, selanjutnya dilakukan analisis statistika lanjut menggunakan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf nyata 5%. Selain itu, penelitian ini juga menggunakan analisis *K-Means Clustering* dan analisis Jaringan Saraf Tiruan. Pada analisis Jaringan Saraf Tiruan menggunakan data latih sebanyak 144 dari 180 data dan data uji sebanyak 36 dari 180 data.

Ada dua faktor yang dilakukan pada penelitian ini, yaitu (i) faktor tingkat ketuaan atau kematangan (*maturity*) buah nanas yang didasarkan pada shell color (K), dan (ii) Usia pemanen atau staf peneliti. Tingkat kematangan buah nanas yang digunakan adalah shell color: 0 (K0), 1 (K1), 2 (K2), dan 3 (K3) dengan persentase kematangan berkisar 0-35%. Buah nanas dipanen oleh pekerja yang dibagi menjadi 3 kelompok usia yaitu pekerja muda [(M), usia 20-30 tahun], pekerja paruh baya [(S), usia 30-40 tahun], dan pekerja tua [(T), usia 40-50 tahun]. Setiap pekerja yang berasal dari tim panen memetik 5 buah nanas pada setiap tingkat kematangan yang digunakan dalam penelitian, sehingga total sampel setiap pekerja yaitu 20 data yang berupa buah nanas sehingga total semua sampel yang digunakan sebanyak 180 data.

Tabel 2. Matriks rancangan penelitian dan jumlah buah sampel untuk setiap perlakuan

Expert	Tingkat kematangan buah nanas (K)				Jumlah
	0 (0%)	1 (0-10%)	2 (10-20%)	3 (20-35%)	
M1	5	5	5	5	180
M2	5	5	5	5	
M3	5	5	5	5	
S1	5	5	5	5	
S2	5	5	5	5	
S3	5	5	5	5	
T1	5	5	5	5	
T2	5	5	5	5	
T3	5	5	5	5	

Keterangan:

M : Pekerja yang berusia 20-30 tahun

S : Pekerja yang berusia 30-40 tahun

T : Pekerja yang berusia 40-50 tahun

Angka 1, 2 dan 3 adalah label pekerja sebagai ulangan.

3.4. Pelaksanaan Penelitian

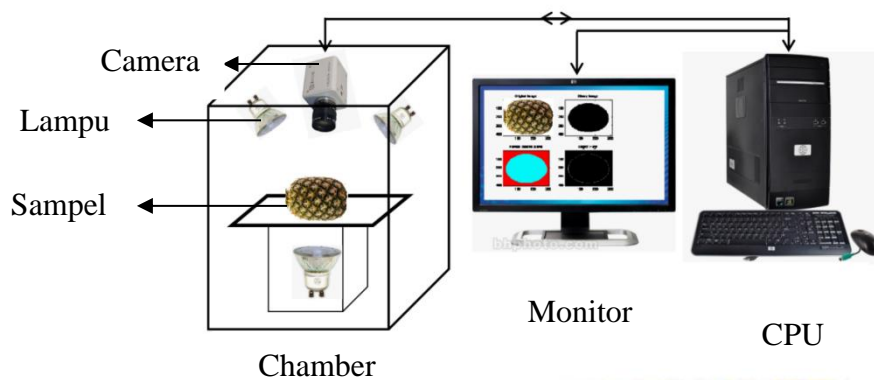
Langkah-langkah pelaksanaan penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

3.4.1. Pengambilan Citra Buah Nanas

- Perangkat untuk pengambilan citra buah sampel disiapkan, dicek keandalan fungsi-fungsi kerjanya dengan cermat.
- Kamera digital diletakkan pada posisinya dengan jarak 35 cm dari dasar peletakan sampel buah.

- Lampu sebagai sumber iluminasi diset sedemikian agar dapat menyala dengan stabil dan tidak menimbulkan bayangan citra objek.
- Untuk meyakini keandalan kerja dari set peralatan unit pengambilan citra buah, maka dilakukan uji coba untuk menetapkan kondisi pengambilan citra digitalnya.

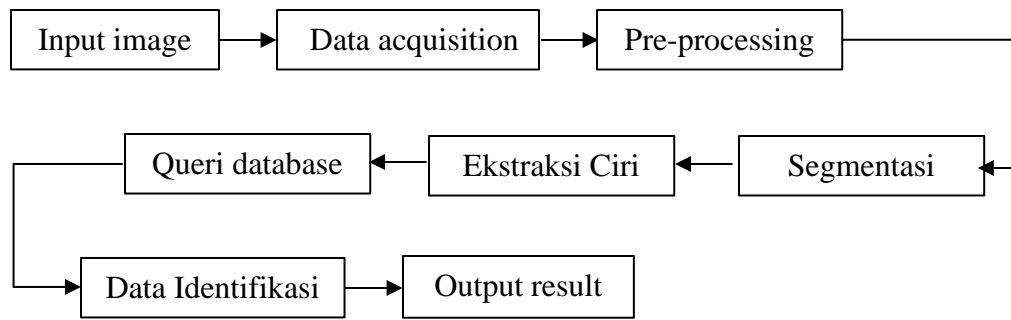
Selanjutnya, buah nanas segar sampel diberikan kode sesuai dengan tingkat kematangan dan informasi pemetiknya serta diatur sedemikian untuk diambil citra digitalnya. Sampel buah nanas satu persatu diletakkan persis di bawah kamera. Jarak yang digunakan pada sampel sebesar 35 cm. jarak tersebut diukur antara dasar buah dengan letak kamera yang dipertahankan tetap untuk memperoleh skala proyeksi citra yang sama untuk semua sampel buah. Untuk setiap sampel buah diambil gambarnya sebanyak satu kali, diberi nama file sesuai kode sampel dan disimpan dalam ruang penyimpanan pada PC. Gambar 2 merupakan ilustrasi perangkat dan mekanisme pengambilan data citra buah nanas.



Gambar 2. Ilustrasi perangkat pengambilan citra digital

3.4.2. Pengolahan Citra Buah

Dalam pengolahan citra, tahapan-tahapan yang dilakukan dirangkum dengan ilustrasi sebagaimana diagram pada Gambar 3.



Gambar 3. Blok diagram pengolahan citra

Penjelasan mengenai blok diagram pada Gambar 3 dapat diuraikan sebagai berikut:

1. *Data Acquisition*, pada tahap ini dilakukan pengambilan beberapa citra buah nanas dengan peralatan digital. Citra disimpan dengan file berekstensi “jpg”.
2. *Pre-processing*, merupakan proses awal pengolahan citra. Pada tahap ini dilakukan penghapusan noise citra objek terhadap *background* sehingga diperoleh *frame* citra obyek warna (RGB) yang sempurna.
3. Segmentasi, pada tahap ini dilakukan pemisahan antara objek yang dikehendaki dengan objek lain yang tidak dikehendaki.
4. Ekstraksi ciri, tahap ini merupakan tahap untuk mendapatkan nilai ciri masing-masing citra yaitu nilai intersitas warna RGB untuk setiap sampel yang dianalisis.
5. *Queri Database*, pada tahap ini dilakukan pengaturan database citra buah nanas didasarkan pada kelompok perlakuannya untuk memudahkan pengenalan pada klasifikasi data.

3.4.3. Metode K-Means Clustering

Metode *K-Means Clustering* adalah metode segmentasi citra berbasis warna. Ini digunakan untuk mengetahui pengelompokan alami piksel dalam suatu gambar. K-means segmentasi memperlakukan setiap piksel gambar (dengan nilai RGB) sebagai titik fitur yang memiliki lokasi jarak.

Algoritma: K-mean clustering

Input: Gambar dan cluster yang dibutuhkan

Biarkan $I = \{I_1, I_2, \dots, I_n\}$ adalah titik data dalam gambar dan $C = \{C_1, C_2, \dots, C_n\}$ menjadi pusat awal cluster

1. Gambar input
2. Hitung jarak antara setiap data titik di pusat citra dan cluster.
3. Menetapkan titik data ke pusat cluster yang jaraknya dari pusat cluster adalah minimum dari semua pusat cluster.
4. Hitung pusat cluster baru $C_i = \text{jumlah semua titik data dalam cluster} / \text{jumlah titik data}$
5. Hitung jarak antara setiap titik data dan pusat cluster baru yang diperoleh.
6. Jika tidak ada titik data yang dipindahkan maka Keluar, jika tidak ulangi dari langkah 3.
7. Keluar

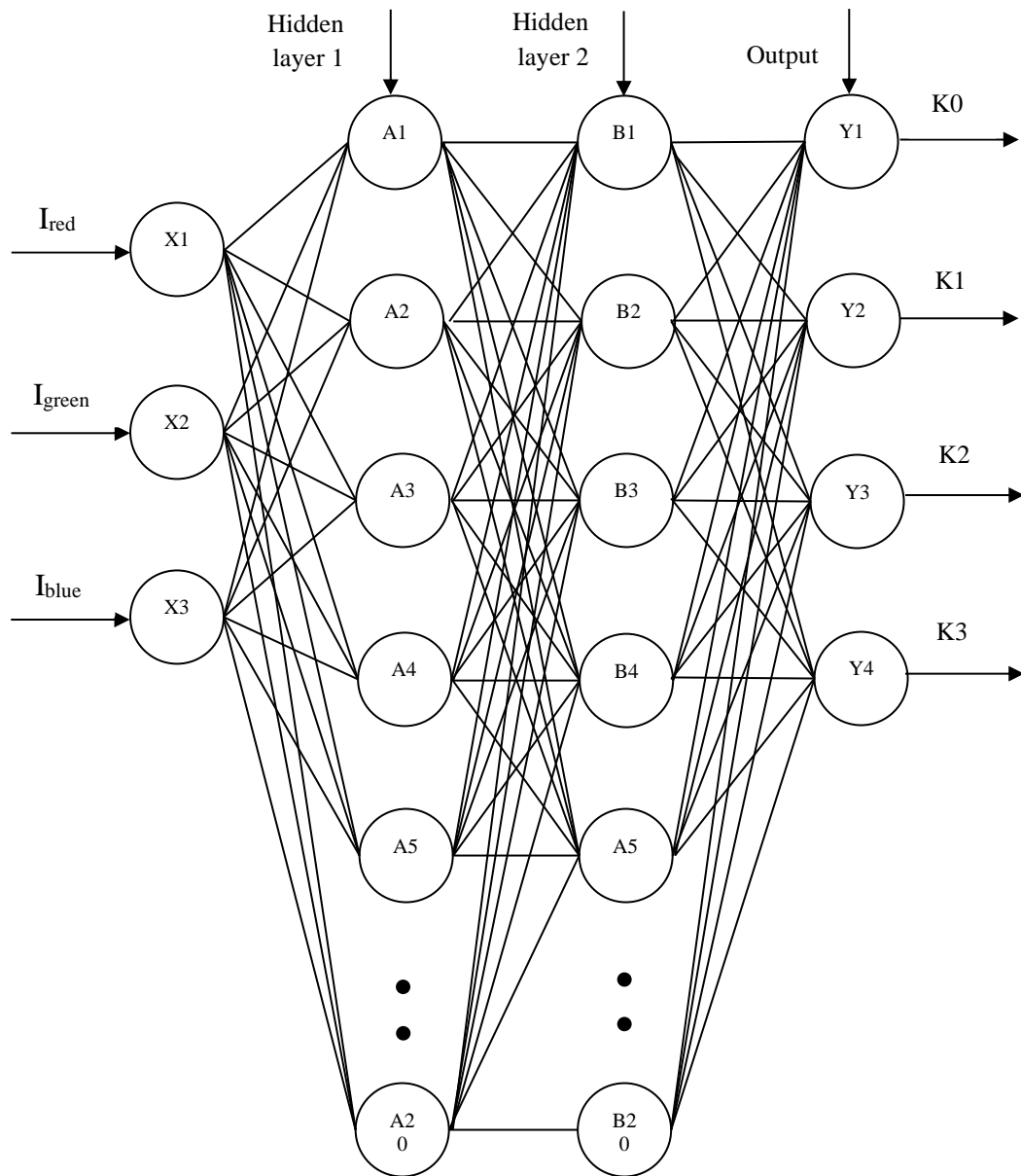
3.4.4. Pengembangan Arsitektur Jaringan Saraf Tiruan

Pengembangan model Jaringan Saraf Tiruan dilakukan dengan mensimulasikan berbagai variasi arsitektur jaringan dan mengujinya sehingga diperoleh nilai RMSE terkecil dan nilai R^2 terbesar. Secara umum prinsip kerja JST yaitu merambatkan sinyal informasi dari node satu ke node lainnya melalui jalur penghubung yang berada di lapisan yang saling berdekatan. Jaringan Saraf Tiruan yang digunakan pada penelitian ini ialah tipe *backpropagation* dengan metode pelatihan terawasi (*supervised learning*). Metode ini berupa jaringan yang proses belajarnya harus dibimbing atau dengan diberi suatu *input* tertentu dan *output*-nya ditentukan oleh algoritma yang telah dibuat.

Tahap pertama dalam proses pengembangan model Jaringan Saraf Tiruan adalah melakukan pelatihan terlebih dahulu. Tahap pelatihan memiliki tujuan untuk menghasilkan parameter-parameter JST dan bobot masing-masing lapisan yang paling sesuai yang nantinya digunakan dalam proses pengujian. Satu siklus pelatihan terdiri dari intensitas warna merah (*red*), hijau (*green*), dan biru (*blue*) yang terjadi.

Tahap ini dimulai dengan membuka aplikasi Matlab (R2015a) lalu dilanjutkan dengan tahap inisialisasi jaringan. Inisialisasi jaringan merupakan penetapan arsitektur jaringan awal agar proses pelatihan jaringan dapat dilakukan. Satu siklus pelatihan yang dilakukan disebut iterasi. Jumlah iterasi yang digunakan ialah sebesar dengan *Mean Square Error* (MSE) terkecil. Nilai target *error* yang semakin kecil mengindikasikan nilai iterasinya akan semakin besar dan keakurasiannya juga semakin tinggi. Model arsitektur Jaringan Saraf Tiruan dapat dilihat pada Gambar 4.

Pembuatan model JST dilakukan untuk mendapatkan persamaan non-linier antara variabel nilai RGB sebagai variabel bebas dan tingkat kematangan sebagai variabel terikat. Model JST yang dikembangkan seperti pada Gambar 4 merupakan JST tipe *backpropagation* dengan metode pelatihan terawasi (*supervised learning*). Arsitektur jaringan yang digunakan adalah 3-20-20-4 yang berarti 3 node input, 20 node *hidden layer* 1, 20 node *hidden layer* 2, dan 4 node output. Tipe pelatihan jaringan yang digunakan adalah *trainlm* (Levenberg Marquardt) dengan learning rate jaringan sebesar 0,01 dan iterasi sebesar 1.000 kali. Variasi fungsi aktivasi merupakan kombinasi dari fungsi aktivasi *logsig*, *tansig*, dan *purelin* pada arsitektur JST (Haryanto et al., 2020). Fungsi aktivasi yang dilatih dan diuji berjumlah delapan variasi yaitu *logsig-logsig-logsig*, *logsig-tansig-logsig*, *tansig-tansig-logsig*, *tansig-logsig-logsig*, *tansig-logsig-tansig*, *tansig-tansig-tansig*, *logsig-tansig-tansig* dan *logsig-logsig-tansig* (wijaya et al., 2020)



Gambar 4. Model arsitektur JST

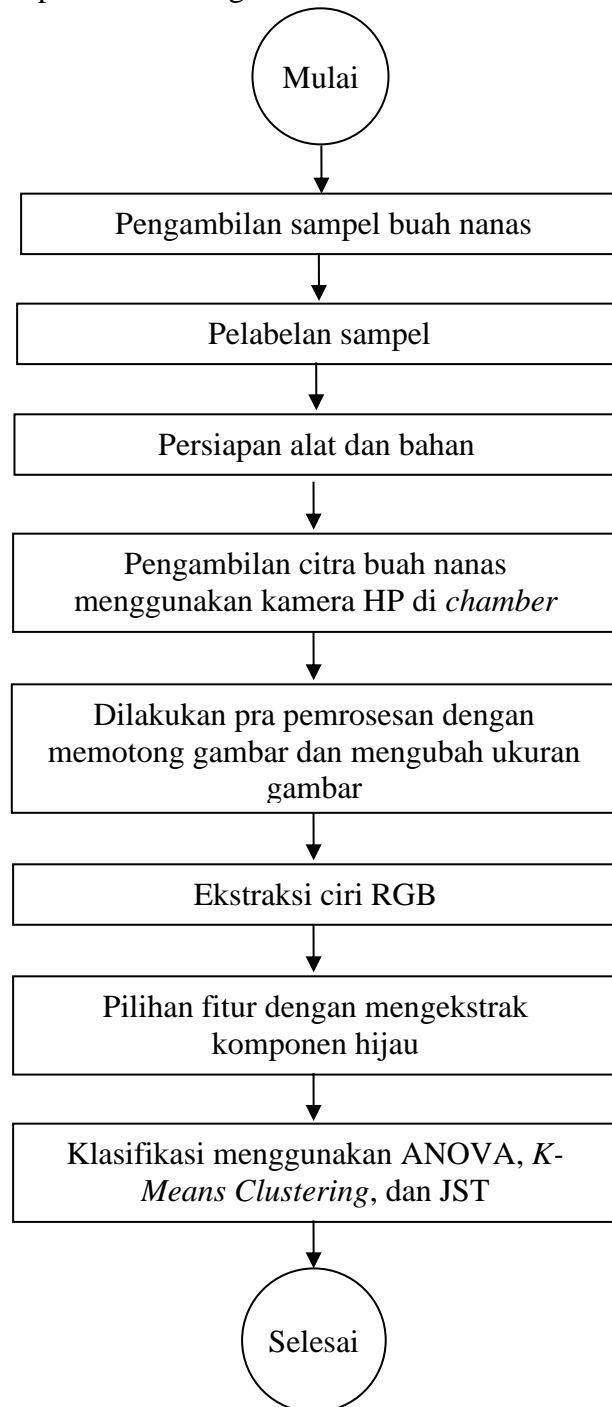
3.4.5. Persamaan Model Matematika Jaringan Saraf Tiruan

Pembentukan persamaan matematika dilakukan dengan cara menghitung ulang bobot dan bias yang telah didapatkan dari fungsi aktivasi terbaik dengan ketentuan perhitungan sebagai berikut:

1. Pembentukan persamaan matematis dari file-file bobot dan bias yang sudah terekam dalam folder
2. Jika nilai dibelakang bobot terdapat e-01 berarti nilai dikali 0,1
3. Jika nilai dibelakang bobot terdapat e+001 berarti nilai dikali 1 (tetap)
4. Jika nilai dibelakang bobot terdapat e+01 berarti nilai dikali 10
5. Persamaan fungsi aktivasi logsig adalah : $y = 1/(1+\exp(-x))$
6. Persamaan fungsi aktivasi tansig adalah : $y = (1-\exp(-2x))/(1+\exp(-2x))$
7. Persamaan fungsi aktivasi purelin adalah : $y = x$

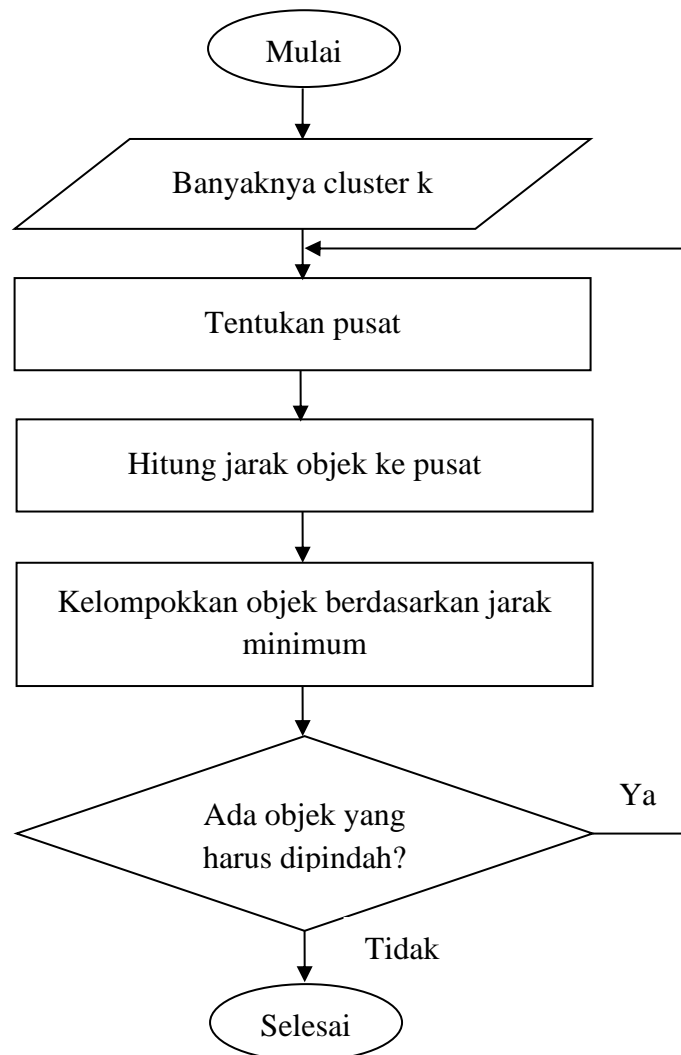
3.5. Diagram Alir

Adapun diagram alir penelitian sebagai berikut.

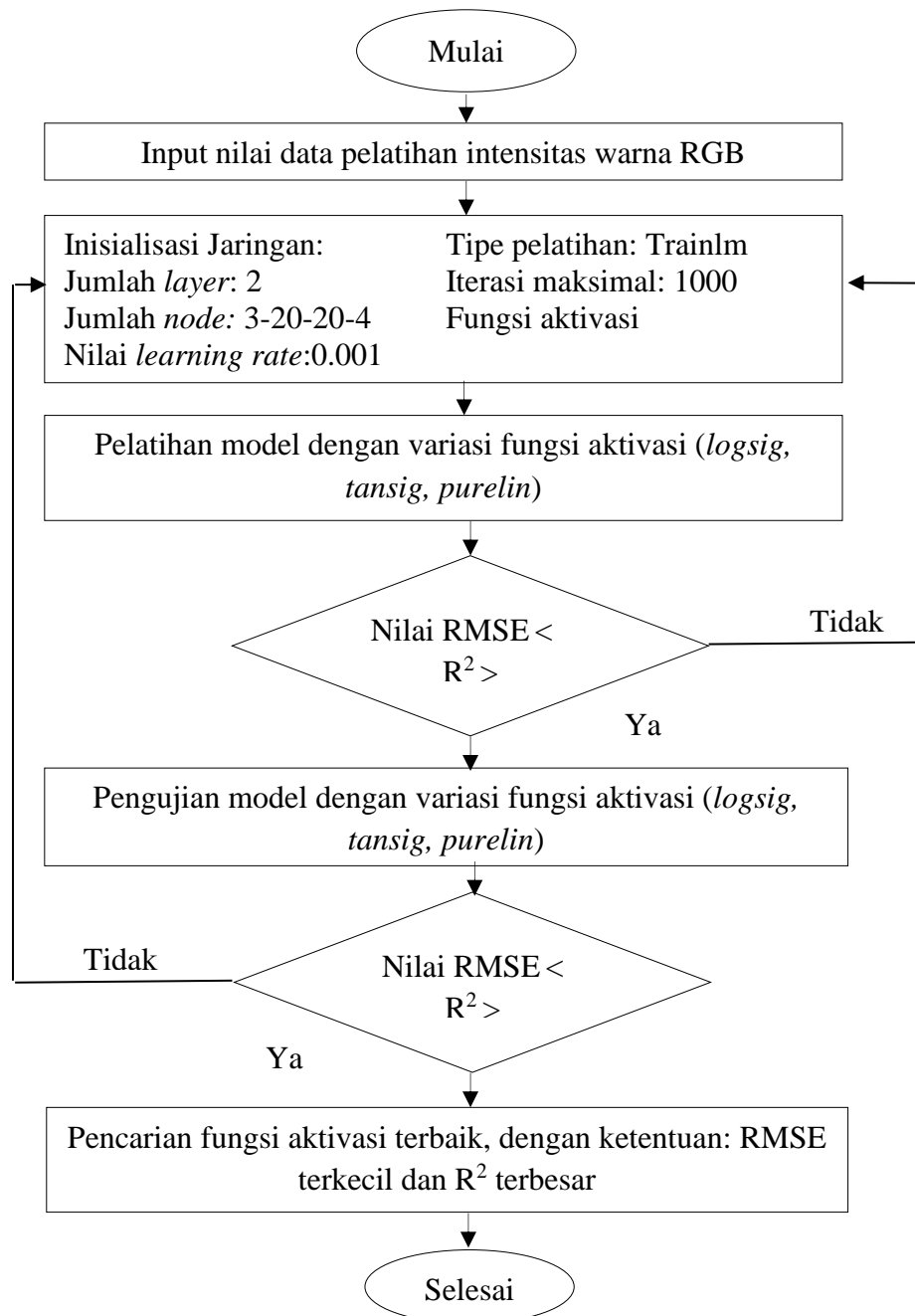


Gambar 5. Diagram alir penelitian

Sedangkan diagram alir dari metode *K-Means Clustering* dan metode JST sebagai berikut.



Gambar 6. Diagram alir metode *K-Means Clustering*



Gambar 7. Diagram alir metode JST

3.6. Parameter Pengamatan

Parameter yang digunakan pada penelitian ini yaitu pengukuran warna buah dengan berbagai tingkat kematangan dengan menggunakan kamera digital.

a. Warna Buah

Ada beberapa hal untuk menentukan tingkat kematangan buah nanas salah satunya adalah warna kulit buah. Tingkat kematangan buah nanas yang digunakan pada penelitian ini adalah tingkat kematangan 0 (hijau), 1 ($\leq 10\%$ kuning), 2 ($\leq 20\%$ berwarna kuning), dan tingkat kematangan 3 ($\leq 35\%$ berwarna kuning). Buah nanas akan dipetik oleh 9 pekerja (*expert*) sesuai dengan tingkat kematangan yang ditentukan. Hal ini dilakukan untuk mengetahui keseragaman dalam menentukan tingkat kematangan buah nanas secara langsung. Buah nanas yang menjadi sampel akan diamati dalam bentuk foto dengan mengambil gambar menggunakan kamera HP. Setelah sampel sudah dalam bentuk foto maka akan dilanjutkan di dalam aplikasi Matlab yang bertujuan untuk menghitung nilai RGB.

3.7. Analisis Data

Analisis data pada penelitian ini akan menggunakan aplikasi Matlab dengan analisis *K-Means Clustering* dan dengan Jaringan Saraf Tiruan. Selain itu, aplikasi Matlab digunakan untuk menganalisis citra digital seperti mengekstraksi citra RGB. Penggunaan aplikasi ini adalah untuk mendapatkan nilai secara numerik terhadap nilai intensitas pada setiap tingkat kematangan yang digunakan. Data citra nanas pada berbagai tingkat kematangan yang diambil menggunakan kamera kemudian dipindahkan dan disimpan dalam hardisk komputer (PC) untuk dianalisis. Data dari hasil pengolahan citra digital akan dianalisis secara statistik dengan menggunakan analisis ANOVA dan selanjutnya dilakukan analisis statistika lanjut menggunakan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf nyata 5%. Selanjutnya analisis yang digunakan adalah *K-Means Clustering* dan Jaringan Saraf Tiruan menggunakan aplikasi Matlab menggunakan program yang dapat mendeteksi warna pada citra

digital. *K-Means Clustering* merupakan algoritma yang mengelompokkan data ke dalam sejumlah *cluster* yang telah ditentukan sebelumnya. Analisis selanjutnya yang digunakan pada penelitian ini adalah analisis Jaringan Saraf Tiruan untuk keakuratan pada saat memverifikasi citra uji yang didapatkan dari tim panen. Proses ini mengklasifikasi vektor fitur buah menjadi 4 kelas atau kategori tingkat kematangan 0, 1, 2, dan 3.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berasarkan penelitian yang telah dilakukan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil dari penentuan tingkat kematangan buah nanas yang dilakukan pekerja secara manual dengan menggunakan image processing yaitu sesuai dengan tabel standar kriteria klasifikasi fisiologis buah nanas. pada intensitas warna merah didapatkan kenaikan dari tingkat kematangan K0-K3 yaitu 70.799, 75.878, 80.326, dan 88.362. Kenaikan nilai intensitas warna merah dengan naiknya tingkat kematangan sejalan dengan penilaian umum bahwa kulit buah nanas akan berubah menjadi cerah (kuning kemerahan) dengan semakin matangnya buah.
2. Uji Anova menunjukkan bahwa tidak terdapat pengaruh signifikan pada faktor umur pekerja, hal ini mengindikasikan bahwa klasifikasi tingkat kematangan buah nanas yang dinilai oleh pekerja tidak berbeda untuk setiap M, S, dan T. Sedangkan tingkat kematangan buah nanas sangat berpengaruh nyata pada waktu pemanenan.
3. Akurasi penentuan tingkat kematangan buah nanas dengan metode *digital image processing* menggunakan algoritma Jaringan Saraf Tiruan dengan fungsi aktivasi *logsig-logsig-logsig*. Nilai yang didapatkan pada koefisien determinasi (R^2), RMSE, dan RRMSE yaitu berturut-turut sebesar 0.8782, 0.3703, dan 1.43. Dari hasil yang diperoleh dapat dikatakan bahwa pengembangan model yang digunakan cukup layak untuk memprediksi nilai tingkat kematangan buah nanas.

5.2. Saran

Adanya saran pada penelitian ini adalah:

1. Menambahkan jumlah fitur ciri tingkat kematangan untuk mengidentifikasi potensi yang dimiliki oleh pemanen dan memperbaiki akurasi yang didapatkan.
2. Perlunya penelitian di bidang jaringan saraf tiruan terkait dengan deteksi dini lebih lanjut, mengingat di Indonesia masih jarang penerapan jaringan saraf tiruan dalam pemodelan proses produksi buah-buahan.

DAFTAR PUSTAKA

- Armansyah. (2019). Model Jaringan Syaraf Mcculloch-Pitts Diimplementasikan Pada Editor Octave-4.4.1 Untuk Mengenal Fungsi Logika And dan Or. *Academia Edu.*
- BPS. (2021). Produksi Tanaman Buah-Buahan 2020. *Badan Pusat Statistik.*
<https://www.bps.go.id/indicator/55/62/1/produksi-tanaman-buah-buahan.html>
- Dalimartha, S. (2001). *Atlas Tumbuhan Obat Indonesia Jilid 2 Nanas.* Trubus Agriwidya.
- Haryanto, A., Saputra, T. W., Telaumbanua, M., & Gita, A. C. (2020). Application of Artificial Neural Network to Predict Biodiesel Yield from Waste Frying Oil Transesterification. *Indonesian Journal of Science & Technology*, 5(1), 62–74.
- Hermawan, A. (2006). Jaringan Syaraf Tiruan, Teori, dan Aplikasi. *Yogyakarta: ANDI.*
- Irfandi. (2005). *Karakterisasi morfologi lima populasi nanas (Ananas comosus (L.) Merr).* Program Studi Hortikultura Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor.
- Lawal, D. (2013). Medicinal, Pharmacological and Phytochemical Potentials of Annona Comsus Linn. Peel—A Review. *Bayero Journal of Pure and Applied Sciences*, 6(1), 101–104.

- Lestari, N., & Fe, L. L. V. (2017). *Implementasi Jaringan Syaraf Tiruan Untuk Menilai Kelayakan Tugas Akhir Mahasiswa (Studi Kasus Di Amik Bukittinggi)*. X(X), 10–24.
- Ms. Chinki, C., Mrs. Soni, C., & Dr. A, A. K. (2012). An Approach to Image Segmentation using K-Means Clustering Algorithm. *International Journal of Information Technology (IJIT)*, 1(1).
- Munir, R. (2004). *Pengolahan Citra Digital dengan pendekatan Algoritmik*. Informatika.
- Naeem, S., & Wumaier, A. (2018). Study and Implementing K-mean Clustering Algorithm on English Text and Techniques to Find the Optimal Value of K. *Int. J. Comput. Appl*, 182(31), 7–14. <https://doi.org/10.5120/ijca2018918234>
- Nugraheni. (2016). *Sehat Tanpa Obat dengan Nanas-Seri Apotek Dapur*. Rapha Publishing, penerbit Andi.
- Oktaviani, D. (2009). *Pengaruh Media Tanam Dan Asal Bahan Stek Terhadap Keberhasilan Stek Basal Daun Mahkota Nanas (Ananas comosus (L.) Merr.)* (Skripsi). Fakultas Pertanian.
- Prihatman, K. (2000). *Nanas (Ananas Comosus)*. TTG Budidaya Pertanian.
- Puspitaningrum, D. (2006). *Pengantar Jaringan Syaraf Tiruan*. Yogyakarta: ANDI.
- Ravikumar, R., & Arulmozhi, D. V. (2019). Digital Image Processing-A Quick Review. *Int. J. Intell. Comput. Technol*, 2(2), 16–24.
- Rizki, A. H. (2018). *Analisa Produktivitas Padi Di Kabupaten Ponorogo Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan* (Skripsi). Ponorogo.

- Sari, N. R. (2002). *Analisis Keragaan Morfologi dan Kualitas Buah Populasi Nenas (Ananas comosus (L.) Merr) Queen di Empat Desa Kabupaten Bogor* (Skripsi). Fakultas pertanian.
- Siang, J. J. (2009). Jaringan Syaraf Tiruan dan Pemrogramannya Menggunakan MATLAB. *Yogyakarta: ANDI*.
- Soedibyo, M. (1992). Pengaruh umur petik buah nenas Subang (*Ananas comosus Merr*) terhadap mutu. *J. Hort*, 3(3), 17–25.
- Sunarjono, H. (2008). *Berkebun 21 Jenis Tanaman Buah*. Penebar Swadaya.
- Suprianto, C. (2016). *Grow your own fruits- panduan praktis menanam 28 tanaman buah populer di perkarangan*. Yogyakarta: Lily Publisher, Penerbit Andi.
- Surtiningsih, P. (2008). *Keragaman Genetik Nenas (Ananas Comosus (L.) Merr.) Berdasarkan Penanda Morfologi Dan Amplified Fragment Length Polymorphism (Aflp)*. Institut Pertanian Bogor.
- Wahyu, D. A. (2021). Rancang Bangun Alat Ukur Kelengasan Tanah Berbasis Jaringan Syaraf Tiruan Pada Beberapa Jenis Tanah. *Universitas Lampung*.
- Wakhidah, N. (2010). K-Means Algorithm Clustering. *J. Transform*, 8(1), 33–39.
- Widyaningsih, M. (2017). *Kematangan Buah Apel Dengan Gray Level Co-Occurrence Matrix (GLCM)*. 6(1), 71.
<https://doi.org/10.33020/saintekom.v6i1.7>.
- wijaya, R., Hariono, B., Saputra, T. W., & Rukmi, D. L. (2020). *Development of Plant Monitoring Systems based on Multi-Camera Image Processing Techniques on Hydroponic System*. 411(1), 1–9.