

**DETEKSI TINGKAT KEMATANGAN BUAH TOMAT DENGAN METODE
FUZZY LOGIC MENGGUNAKAN MODUL KAMERA RASPBERRY-PI**

(Skripsi)

Oleh

Nadia Muthiati



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDARLAMPUNG
2019**

ABSTRACT

THE DETECTION OF TOMATO RIPENING LEVEL WITH FUZZY-LOGIC METHOD BY USING RASPBERRY- PI CAMERA MODULE

BY

NADIA MUTHIATI

The process of harvesting tomatoes is usually done by the visual method by looking at the color or the size of the fruit. Technological advancements by using computer assistance make harvesting and detecting the ripening process of tomatoes easier. The information of the process of Tomato's ripening can be obtained by the image processing by using Tsukamoto Fuzzy-Logic. In this research some samples of tomatoes' RGB values were taken through image processing in accordance with the ripening level, between unripe, under-ripe, and ripe fruit. After the RGB value is obtained, it will be processed into fuzzy logic to obtain the ripening level information through rules that have been created and integrated by using Raspberry-Pi. In this research the blue value in every ripening level with the condition 100 Lux are in range 14—61 with dark background, so that in creating membership function in fuzzy the blue value becomes irregular. The result of this research indicates that a good condition for detecting tomatoes is in 100 Lux conditions with dark background. In this condition of the ripe fruits the range for red value is 160.53—169.28 and the range for green value is 45.59—61.73. In under-ripe fruits the range for red value is 175.86—201.06 and the range for green value is 70.76—133.06. In unripe fruits the range for red value is 72.84—138.97 and the range for green value is 81.06—142.56. This might be because there is no excessive light reflection, so that the RGB value of the image is not too high and reduces the error of reading the ripening level in the fuzzy logic process.

Kata Kunci: *Tomato, Image Processing, Fuzzy Logic, Raspberry Pi Camera Module.*

ABSTRAK

DETEKSI TINGKAT KEMATANGAN BUAH TOMAT DENGAN METODE FUZZY LOGIC MENGGUNAKAN MODUL KAMERA RASPBERRY-PI

Oleh

NADIA MUTHIATI

Proses pemanenan buah tomat biasa dilakukan dengan metode visual dengan melihat warna atau ukuran dari buah. Kemajuan teknologi menggunakan bantuan komputer membuat pemanenan dan pendeteksian kematangan buah tomat semakin mudah. Informasi kematangan buah tomat dapat diperoleh dengan cara pengolahan citra dengan bantuan *fuzzy logic* menggunakan metode *Tsukamoto*. Pada penelitian ini beberapa sampel buah tomat diambil nilai RGB melalui pengolahan citra sesuai dengan tingkat kematangannya, diantaranya mentah, setengah matang, dan buah matang. Setelah nilai RGB didapat maka akan diproses kedalam *fuzzy logic* untuk mendapatkan informasi kematangan melalui aturan-aturan yang telah dibuat dan diintegrasikan menggunakan Raspberry Pi. Pada penelitian ini nilai *blue* yang didapat disetiap tingkat kematangan dengan kondisi 100 Lux memiliki *range* 14—61 dengan latar belakang gelap, sehingga pada pembuatan grafik nilai *blue* menjadi tidak beraturan. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kondisi yang baik untuk melakukan pendeteksian buah tomat salah satunya yaitu pada kondisi *indoor* 100 Lux berlatar belakang gelap, pada buah matang dengan *range* nilai *red* 160.53—169.28 dan *range* nilai *green* 45.59—61.73, pada buah setengah matang memiliki *range* nilai *red* 201.06—175.86 dan pada *range* nilai *green* sebesar 133.06—70.76, pada buah mentah memiliki *range* nilai *red* 138.97—175.86 dan pada *range* nilai *green* 133.06—70.76 dimana tidak terdapat pantulan cahaya berlebih sehingga citra yang diambil nilai RGBnya tidak terlalu tinggi dan mengurangi terjadinya kesalahan pembacaan informasi kematangan dalam proses *fuzzy logic*.

Kata Kunci: Tomat, *Image Processing*, *Fuzzy Logic*, Modul Kamera Raspberry Pi

**DETEKSI TINGKAT KEMATANGAN BUAH TOMAT DENGAN METODE
FUZZY LOGIC MENGGUNAKAN MODUL KAMERA RASPBERRY-PI**

Oleh

NADIA MUTHIATI

1415031099

Skripsi

Sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar

SARJANA TEKNIK

Jurusan Teknik Elektro

Fakultas Teknik Universitas Lampung



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2019**

Judul Skripsi

: **DETEKSI TINGKAT KEMATANGAN BUAH
TOMAT DENGAN METODE FUZZY LOGIC
MENGUNAKAN MODUL KAMERA
RASPBERRY-PI**

Nama Mahasiswa

: **Nadia Muthiati**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1415031099

Program Studi

: Teknik Elektro

Fakultas

: Teknik



MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Dr. Sri Purwiyanti, S.T., M.T.
NIP 19731004 199803 2 001

Herlinawati, S.T., M.T.
NIP 19710314 199903 2 001

2. Ketua Jurusan Teknik Elektro

14/02-2019

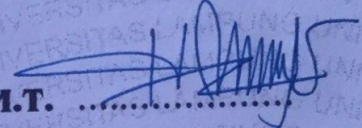
Dr. Ing. Ardian Ulvan, S.T., M.Sc.
NIP 19731128 199903 1 005

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

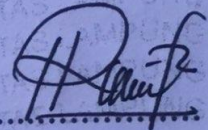
Ketua

: **Dr. Sri Purwiyanti, S.T., M.T.**



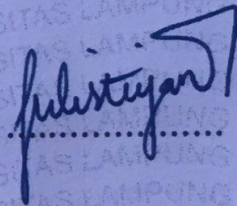
Sekretaris

: **Herlinawati, S.T., M.T.**



Penguji

Bukan Pembimbing : **Dr. Ir. Sri Ratna S., M.T.**



Prof. Suharno, M.Sc., Ph.D.

NIP 19620717 198703 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **21 Januari 2019**

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi yang saya buat tidak terdapat karya orang lain dan diterbitkan orang lain kecuali secara tertulis diacu dalam naskah sebagaimana telah di tuliskan dalam daftar pustaka. Selain dari itu saya menyatakan bahwa skripsi ini saya buat sendiri.

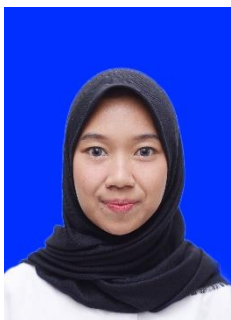
Apabila pernyataan saya tidak benar maka, saya bersedia terkena sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.



Randor Lampung, 21 Januari 2019

Nasia Muthiati
1415031099

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Bandarlampung, Provinsi Lampung pada tanggal 06 September 1996. Penulis merupakan anak kedua dari dua bersaudara dari pasangan Bapak Ir. Baderi dan Ibu Suwati.

Mengenai riwayat pendidikan, penulis lulus Sekolah Dasar di SDN 2 Rawa Laut Bandarlampung pada tahun 2008, lulus Sekolah Menengah Pertama di SMP N 1 Bandarlampung pada tahun 2011, lulus Sekolah Menengah Atas di SMA N 09 Bandarlampung pada tahun 2014, dan diterima di Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung pada tahun 2014 melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN).

Selama masa perkuliahan penulis telah melaksanakan Kerja Praktik di LIPI Bandung, Jawa Barat dan Kuliah Kerja Nyata di Desa Terbaya, Kecamatan Kota Agung, Kabupaten Tanggamus. Penulis merupakan anggota aktif dalam Laboratorium Teknik Kendali, Teknik Elektro, Universitas Lampung. Penulis aktif dalam kegiatan Himpunan Mahasiswa Teknik Elektro (HIMATRO) FT UNILA sebagai anggota Kaderisasi dan Pengembangan Organisasi pada periode 2013—2014 dan periode 2014—2015

PERSEMBAHAN

Bismillaaahirrahmaanirrahiim

Kuucapkan puji syukur kepada Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya serta shalawatku kepada Nabi Muhammad SAW yang telah menjadi pedoman hidupku

Kupersembahkan karyaku ini kepada Abi Baderi dan Ummi Wati sebagai wujud bakti, cinta, kasih sayang dan terimakasihku atas segala yang telah diberikan, untuk kakakku Ajrul atas dukungan, doa dan kasih sayang yang telah diberikan.

Lembaga yang telah mendidik, mendewasakan, dan mencerdaskanku dalam berpikir dan bertindak

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Lampung

Dan untuk

INDONESIA

“Dan Sembahlah Allah, jangan sekutukan Dia dengan apapun juga, dan berbuat baiklah kepada kedua orang tua”

(QS. An-Nisa: 36)

“Allah tidak membebani seseorang itu melainkan sesuai dengan kesanggupannya”

(QS. Al-Baqarah: 286)

“Maka Besabarlah kamu, karena janji Allah itu benar”

(Qs. Al-Ghaafir: 55)

“Maka nikmat Tuhan-mu yang manakan yang kamu dustakan”

(Qs. Ar-Rahman: 13)

“Tidaklah seseorang menempuh jalan dalam rangka mencari ilmu, kecuali Allah akan mempermudah jalan baginya menuju ke surga”

(HR. Abu Daud)

“Selemah-lemah manusia ialah orang yang tak mau mencari sahabat dan orang yang lebih lemah dari itu ialah orang yang menyia-nyiakan sahabat yang telah dicari”

(Ali bin Abi Thalib)

SANWACANA

Bismillaahirrahmaanirrahiim

Allhamdulillah puji syukur penulis ucapkan atas kehadiran Allah SWT atas segala karunia, hidayah, serta nikmat yang diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul “Deteksi Tingkat Kematangan Buah Tomat Dengan Fuzzy Logic Menggunakan Modul Kamera Raspberry Pi” yang merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung.

Selama menjalani pengerjaan Skripsi ini, penulis mendapatkan bantuan pemikiran maupun dorongan moril dari berbagai pihak. Oleh karena itu dalam kesempatan kali ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Ing. Ardian Ulvan, S.T., M.Sc. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung.
2. Bapak Dr. Herman Halomoan S, S.T., M.T. selaku Sekertaris Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung.
3. Bapak Syaiful Alam S.M., M.T. selaku dosen Pembimbing Akademik penulis atas saran yang membangun dan arahan yang telah diberikan kepada penulis.
4. Ibu Dr. Sri Purwiyanti S.T., M.T., selaku pembimbing utama tugas akhir saya terima kasih atas masukan, bimbingan, arahan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.

5. Ibu Herlinawati, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Pendamping, terima kasih atas kesediaan waktunya untuk membimbing dan memberikan ilmu.
6. Ibu Dr. Ir. Sri Ratna S, M.T. selaku Penguji Utama, terima kasih atas masukannya guna membuat skripsi ini menjadi lebih baik lagi.
7. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Elektro, terima kasih atas didikannya, arahan dan bimbingan yang telah diberikan.
8. Mbak Ning dan jajaran staf administrasi Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung.
9. Ummi, Abi, Kanjeng dan semua keluarga yang telah mendukung penuh sehingga saya dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini.
10. Agung Kurnia yang telah mendukung saya secara pribadi sehingga saya dapat mengerjakan tugas akhir dengan semangat.
11. Chintia Leni, Rizka Widya, Ratu Hillia, Anita Effendi, Nugi Nugraha, Aryo Rusyandi, Rifky Wiguna, Efrinaldi A.T, dan Ardhi Istiadi yang telah mendukung saya sehingga saya dapat mengerjakan tugas akhir dengan penuh semangat.
12. Saudara A. Wilson, M. Dickson, M. Rizki A, dan Purma Nailu, Doni P, Anggi S, Kak Yogi, Kak Sivam, Hasty Putri Utami) yang telah banyak mendukung saya.
13. Rekan-rekan selama di kampus Jeshu, Adila, Dian, Shaquille, Haedar, Wisnu, Aim, Yuvi, Firyan, Egy, Desi yang telah mendukung saya dengan penuh semangat.

14. Seluruh teman-teman ELITE 2014 atas waktu, senang dan sedih yang telah dirasakan bersama-sama selama perkuliahan ini.

Semoga Allah SWT membalas kebaikan semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian Skripsi ini.

Bandar Lampung, 21 Januari 2019

Penulis,

Nadia Muthiati

DAFTAR ISI

Halaman

ABSTRAK	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL	viii
I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	2
1.3 Manfaat Penelitian	2
1.4 Rumusan Masalah	3
1.5 Batasan Masalah	3
1.6 Hipotesis	3
1.7 Sistematika Penulisan	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Penelitian Terdahulu	5
2.2 Tomat.....	6
2.3 Pengolahan Citra	7
2.4 RGB	9
2.5 Raspberry Pi	11
2.6 Modul Kamera Raspberry Pi	12
2.7 Metode Fuzzy Logic	12

2.8	Python	14
-----	--------------	----

III. METODE PENELITIAN

3.1	Tempat dan Waktu Penelitian.....	16
3.2	Alat dan Bahan	16
3.3	Prosedur Penelitian	16
3.3.1	Blok Diagram Sistem Keseluruhan	17
3.3.2	Metode yang Diusulkan	18
3.3.3	Garis Besar Metode yang Diusulkan.....	18
3.3.4	Diagram Alir Metode yang Diusulkan.....	19
3.4	Perolehan Citra	23

IV. PEMBAHASAN

4.1	Hasil Perolehan Citra	24
4.2	Hasil Pengolahan Citra.....	25
4.3	Hasil Perolehan Nilai RGB	25
4.3.1	Nilai <i>Blue</i> pada Data Hasil.....	28
4.3.2	Objek Pada Kondisi Outdoor Siang Hari Dengan Latar Belakang Gelap dan Terang	30
4.3.3	Objek Pada Kondisi Outdoor Sore Hari Dengan Latar Belakang Gelap dan Terang	33
4.3.4	Objek Pada Kondisi Indoor 25 Lux Dengan Latar Belakang Gelap dan Terang	35
4.3.5	Objek Pada Kondisi Indoor 100 Lux Dengan Latar	

Belakang Gelap dan Terang	36
4.4 <i>Fuzzy Logic</i>	38

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan.....	52
5.2 Saran.....	53

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1. Model Warna RGB	10
2.2. Raspberry Pi 3.....	13
2.3. Modul Kamera Raspberry Pi	14
3.1. Diagram Alir Prosedur Penelitian	18
3.2. Blok Diagram Sistem Keseluruhan	19
3.2. Diagram Alir Metode yang Diusulkan	21
4.1. Citra Tomat.....	26
4.2 Grafik Keseluruhan Nilai <i>Blue</i> Pada Tiap Tingkat Kematangan Berlatar Belakang (a) Gelap dan (b) Terang Pada Siang Hari	29
4.3. Grafik <i>Fuzzy Logic</i> Pada Kondisi Indoor 100 Lux dengan Latar Belakang Terang (a) <i>Red</i> (b) <i>Green</i>)	38
4.4. Grafik <i>Fuzzy Logic</i> Nilai Kematangan Buah Tomat	39

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
4.1. Sampel Buah Tomat Dengan Kondisi Outdoor Siang Hari.....	26
4.2. Sampel Buah Tomat Dengan Kondisi Outdoor Sore Hari.....	26
4.3. Sampel Buah Tomat Dengan Kondisi Indoor 25 Lux	27
4.4. Sampel Buah Tomat Dengan Kondisi Indoor 100 Lux	28
4.5. Nilai <i>Blue</i> Pada Kondisi Siang Hari Disetiap Tingkat Kematangan dengan Latar Belakang Gelap dan Terang	28
4.6. Nilai RGB Buah Mentah	29
4.7. Nilai RGB Buah Setengah Matang.....	30
4.8. Nilai RGB Buah Matang	31
4.9. Data Hasil Deteksi Kematangan Buah Mentah dengan Kondisi Siang Hari (Gelap).....	39
4.10. Data Hasil Deteksi Kematangan Buah Setengah Matang dengan Kondisi Siang Hari (Gelap).....	40
4.11. Data Hasil Deteksi Kematangan Buah Matang dengan Kondisi Siang Hari (Gelap).....	41

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tomat merupakan tanaman buah yang sangat penting bagi manusia. Secara tradisional pemanenan buah tomat dapat dilakukan petani dengan cara memetik buah tergantung warna permukaan dan bentuk pada buah tomat tersebut. Namun, seiring berjalannya waktu kehidupan manusia tidak terlepas dari teknologi, salah satunya yaitu bidang pertanian. Pada penelitian ini teknologi digunakan untuk pemanenan buah. Beberapa metode sudah digunakan untuk mengembangkan teknologi pemanenan buah yang modern, salah satunya metode pendeteksian objek.

Dengan digunakannya teknologi pemanenan buah, memungkinkan petani mengidentifikasi tingkat kematangan buah tomat menggunakan bantuan komputer dengan perantara kamera sebagai pengolahan citra. Representasi warna kematangan buah tomat ini terdiri dari tiga unsur utama yaitu merah (*red*), hijau (*green*), biru (*blue*). Gabungan tiga warna ini membentuk warna-warna lainnya berdasarkan intensitas dari masing-masing warna.

Bidang ilmu sistem cerdas berguna untuk memudahkan manusia, salah satunya dengan metode perkiraan linguistik atau yang disebut dengan metode *Fuzzy Logic*. Metode ini membantu dalam proses pembuatan keputusan untuk pemanenan dengan nilai acuan

kematangan buah. Pada metode *Fuzzy Logic* ini menggunakan tiga variabel yaitu mentah, setengah matang, matang.

Berdasarkan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Natalia Sitorus tahun 2008 penentuan kematangan buah tomat dilakukan menggunakan metode klasifikasi citra dengan Webcam. Pada penelitian yang telah dilakukan Immanuel Ivan Pradana tahun 2016, penentuan tingkat kematangan menggunakan pengolahan citra dan *Fuzzy Logic* dalam jangka waktu 10 hari untuk mengetahui perubahan warna dan ukuran pada buah tomat.

Dalam proses pengambilan data, kamera mengambil sebuah citra, dari objek yang terdeteksi lalu akan diteruskan sesuai dengan program yang telah dibuat dengan dibantu menggunakan bidang ilmu sistem cerdas yaitu metode *Fuzzy Logic Tsukamoto* untuk menjadikan acuan kisaran kematangan buah tomat.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah membuat sebuah program yang dapat mendeteksi tingkat kematangan buah tomat menggunakan kamera dengan menggunakan pengolahan citra dan metode *Fuzzy Logic Tsukamoto* berbasis Raspberry Pi

1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Dapat mendeteksi tingkat kematangan tomat menggunakan metode *Fuzzy Logic*.

2. Dapat mengaplikasikan pemrograman *Python*.

1.4 Perumusan Masalah

Mengacu pada permasalahan yang ada, maka perumusan penelitian ini berfokus pada aspek berikut:

1. Bagaimana cara mendeteksi tingkat kematangan objek?
2. Apa yang dimaksud dengan metode *Fuzzy Logic Tsukamoto*?
3. Bagaimana cara merancang program berdasarkan metode *Fuzzy Logic Tsukamoto*?

1.5 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini terdapat beberapa batasan masalah, yaitu:

1. Hanya membahas tentang pendeteksian kematangan objek berdasarkan warna.
2. Hanya menggunakan satu metode yaitu metode *Fuzzy Logic Tsukamoto*.
3. Tidak menentukan ukuran objek.

1.6 Hipotesis

Sistem yang dirancang dapat mendeteksi tingkat kematangan objek pada kebun tomat dengan menggunakan sebuah metode dalam pengolahan citra, dengan bantuan sistem cerdas menggunakan metode *Fuzzy Logic Tsukamoto*. Citra yang diambil berupa video. Data yang diperoleh digunakan dalam proses pemanenan buah tomat oleh petani.

1.7 Sistematika Penulisan

Untuk memudahkan penulisan dan pemahaman mengenai materi tugas akhir ini, maka tugas akhir ini dibagi menjadi 5 buah bab, yaitu:

BAB I. PENDAHULUAN

Memuat latar belakang, tujuan, manfaat, perumusan masalah, batasan masalah, hipotesis, dan sistematika penulisan.

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

Berisi tentang teori-teori yang mendukung sistem perancangan deteksi objek serta teori-teori tentang metode yang akan digunakan, yaitu pengolahan citra dengan bantuan metode *Fuzzy Logic Tsukamoto*.

BAB III. METODE PENELITIAN

Berisi rancangan sistem, yang meliputi alat dan bahan yang digunakan, langkah-langkah pengerjaan yang dilakukan, penentuan spesifikasi sistem, perancangan sistem, serta diagram alir sistem.

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Menjelaskan prosedur pengujian, hasil pengujian, dan analisa data.

BAB V. SIMPULAN DAN SARAN

Memuat simpulan yang diperoleh dari hasil pembuatan dan pengujian alat, dan saran-saran untuk pengembangan lebih lanjut.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terdahulu

Berdasarkan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Natalia Sitorus dalam skripsinya yang menjadikan buah tomat sebagai objek penelitiannya dengan judul “Penentuan Kematangan Buah Tomat (*Lycopersicon Esculentum* Mill) Dengan Menggunakan Metode Klasifikasi Citra” pada tahun 2008. Penelitian ini menjelaskan bahwa menentukan tingkat kematangan buah tomat menggunakan metode klasifikasi citra dengan bantuan Webcam dan *Software* Matlab berhasil dengan pengambilan persentase nilai *range* warna merah, kuning, hijau dalam setiap sampel tomat yang diuji sama dengan penilaian visual peneliti. Adapun perbedaan antara penelitian terkait dengan penelitian ini adalah peneliti menggunakan bahasa pemrograman *Python*, menggunakan modul kamera Raspberry Pi dan menggunakan mikrokomputer Raspberry Pi 3.

Penelitian terkait selanjutnya yaitu yang dilakukan oleh Immanuel Ivan Pradana Suhardi dalam skripsinya yang berjudul “Studi Kematangan Buah Tomat Menggunakan *Image Processing* dan *Fuzzy Logic* Yang Diintegrasikan Dengan Raspberry Pi” pada tahun 2016. Pada penelitian ini menjelaskan bahwa terdapat 2 kondisi saat mengidentifikasi buah tomat yaitu dengan latar gelap dan terang, serta pencahayaan yang redup dan terang dan untuk penelitian ini dalam kondisi redup dan latar belakang gelap lebih baik untuk mengidentifikasi kematangan buah tomat dimana keadaan objek diam. Dalam menentukan buah tomat hanya menggunakan

nilai *Red*, dan *Green* sedangkan *Blue* tidak dipakai karena buah tomat tidak memiliki nilai warna *Blue*. Pada penelitian ini peneliti tidak hanya mengidentifikasi kematangan buah tomat tetapi kelunakan dari buah tomat juga yang menggunakan bantuan metode *Fuzzy Logic Tsukamoto*. Adapun perbedaan penelitian terkait dengan penelitian penulis adalah dalam penelitian tingkat kematangan buah tomat yang penulis buat, sistem ini dapat menentukan buah tomat yang matang dalam kondisi siang hari, sore hari, *indoor* dengan 25 Lux dan 100 Lux dengan latar belakang gelap dan terang.

2.2. Tomat

Tomat (*Lycopersium Esculentum Mill*) merupakan tumbuhan dari keluarga *Solanaceae*, tumbuhan ini berasal dari Amerika Tengah dan Amerika Selatan, Meksiko dan Peru. Kata tomat diambil dari Bahasa Nahuatl, dimana kata tomat ini merupakan keluarga terdekat dari kentang. Tomat memiliki kandungan yang baik bagi tubuh manusia sehingga banyak sekali orang-orang yang mengonsumsi tomat untuk berbagai hal terutama tomat yang matang dan siap dipakai. Buah tomat segar mengandung beberapa zat, yang penting bagi tubuh yaitu karbohidrat, terutama *glucose* dan *fructose* serta asam organik terutama asam *citric* dan *malic*. Zat-zat tersebut berinteraksi sehingga memberikan rasa manis dan asam pada buah tomat.

Tanaman tomat merupakan jenis tumbuhan setahun (*annual*) yang berarti tanaman ini hanya untuk satu kali periode, setelah produksi kemudian mati. Tanaman ini berbentuk perdu atau semak dan termasuk kedalam golongan tanaman berbunga (*angiospermae*) dengan panjang bisa mencapai 2 meter [1].

Buah tomat biasanya dapat dipanen antara 70—100 hari setelah masa penanaman. Buah tomat yang dapat dipetik optimalnya dapat dilihat dari warna kulit buah, ukuran buah, keadaan daun tanaman dan batang tanaman. Beberapa metode yang digunakan untuk menentukan saat panen buah tomat, yaitu dengan cara visual dengan melihat warna dan ukuran buah tomat, cara fisik dengan mengukur berat jenis buah, cara analisis kimia dengan mengukur kandungan zat padat dan zat asam buah, cara perhitungan dengan cara menghitung jumlah hari setelah buah mekar, dan cara fisiologi dengan melihat pola respirasinya [2].

2.3. Pengolahan Citra

Citra atau *image* merupakan salah satu komponen multimedia yang memiliki peran penting sebagai informasi dalam bentuk visual. Citra terdiri dari citra diam dan citra bergerak. Citra memiliki banyak informasi yang tidak semua terdapat pada data teks. Citra juga dapat dikatakan fungsi menerus dari intensitas cahaya pada bidang dua dimensi yang akan diteruskan melalui alat-alat optik, contohnya mata, kamera, pemindai dan lain sebagainya. Dengan kata lain, pengolahan citra merupakan kegiatan untuk memperbaiki kualitas citra agar mudah diinterpretasi oleh mesin ataupun manusia[3]. Namun, terdapat beberapa citra yang sering kali kita temui mengalami penurunan mutu. Tentu saja citra semacam ini menjadi lebih sulit diinterpretasi karena informasi yang disampaikan oleh citra tersebut menjadi berkurang. Oleh karena itu, semakin majunya teknologi memperkenalkan kita dengan pengolahan citra [4]. Sebuah citra digital dapat diwakili oleh sebuah matriks dua dimensi $f(x,y)$ yang terdiri dari M kolom dan N baris, dimana perpotongan

antara kolom dan baris disebut piksel (*pixel = picture element*) atau elemen terkecil dari sebuah citra.

$$f(x,y) \approx \begin{bmatrix} f(0,0) & f(0,1) & \dots & f(0,M-1) \\ f(1,0) & f(1,1) & \dots & f(1,M-1) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ f(N-1,0) & f(N-1,1) & \dots & f(N-1,M-1) \end{bmatrix} \quad (1)$$

Suatu citra $f(x,y)$ pada persamaan 1 dalam fungsi matematis dapat dituliskan sebagai berikut [5]:

$$0 \leq x \leq M-1$$

$$0 \leq y \leq N-1$$

$$0 \leq f(x,y) \leq G-1$$

Dimana: M = jumlah piksel baris (*row*) pada *array* citra

N = jumlah piksel kolom (*column*) pada *array* citra

G = nilai skala keabuan (*graylevel*).

Pengolahan citra merupakan proses memperbaiki kualitas citra dengan menggunakan bantuan komputer. Terdapat beberapa proses dalam pengolahan citra untuk menghasilkan keluaran berupa citra yang kualitasnya lebih baik dari sebelumnya.

1. Dalam melakukan proses, *image processing* terdapat 3 langkah dalam prosesnya yaitu: *Input* yang merupakan pengambilan suatu citra menggunakan alat pemindai optik yang hasilnya berupa citra digital.

2. *Process*, setelah proses *Input* maka data tersebut diproses menggunakan suatu teknik yang telah ditentukan.
3. *Output*, data yang telah diproses akan ditampilkan dengan cara tertentu. Output yang dihasilkan dapat berupa *image* atau data.

Umumnya, operasi-operasi pada pengolahan citra diterapkan pada citra bila:

1. Dalam meningkatkan kualitas citra atau untuk menonjolkan beberapa aspek informasi yang terkandung dalam citra diperlukan perbaikan atau modifikasi pada citra tersebut.
2. Diperlukan pengelompokan, pencocokan, atau pengukuran elemen didalam citra.
3. Perlu penggabungan antara sebagian citra dengan bagian citra yang lainnya.

2.4. *Red Green Blue* (RGB)

RGB adalah ruang warna aditif yang berarti semua warna dimulai dari hitam dan dibentuk dengan menambahkan warna dasar R, G dan B. Setiap warna yang tampak merupakan kombinasi dari tiga komponen R, G dan B [6]. Kegunaan utama dalam RGB adalah untuk menampilkan citra pada perangkat elektronik. RGB merupakan model warna yang bergantung dengan piranti, piranti yang berbeda akan menghasilkan nilai warna RGB yang berbeda pula.



Gambar 2.1. Model Warna RGB

Sebuah warna dalam RGB dapat digambarkan dengan seberapa banyak warna yang ditentukan dari campuran masing-masing warna merah, hijau dan biru. Warna ini dituliskan dalam bentuk RGB setiap bagiannya terdapat intensitas warna yang berbeda-beda dari nilai nol sampai dengan nilai maksimum yang ditetapkan. Jangkauan intensitas warna ini dapat digambarkan dalam beberapa cara yaitu [7]:

1. Nilai dari 0—1, dengan sembarang nilai pecahan diantaranya.
2. Nilai 0%—100% dalam persentase.
3. Dalam angka *integer* 0—255, yang ditampung dalam 8 bit, yang dapat dituliskan dalam bilangan desimal maupun heksadesimal

Kombinasi tiga warna cahaya ini memiliki intensitas yang berbeda dari 0—255. Apabila ketiga warna tersebut digabung maka akan menghasilkan warna putih, oleh karena itu RGB disebut juga *additive color* atau warna pencahayaan. Proses *cropping* citra dilakukan untuk mendapatkan ekstraksi ciri untuk mengambil informasi pada citra tersebut [8].

2.5. Raspberry Pi

Raspberry Pi (juga dikenal sebagai RasPi) adalah sebuah SBC (Single Board Computer) komputer seukuran kartu kredit yang dikembangkan oleh Yayasan Raspberry Pi di Inggris (UK) dengan maksud untuk memicu pengajaran ilmu komputer dasar di sekolah-sekolah. Raspberry Pi sendiri terdiri dari beberapa model yaitu, Raspberry Pi Model A, Raspberry Pi Model A+, Raspberry Pi Model B, Raspberry Pi Model B+, dan Raspberry Pi 2 [9].



Gambar 2.2 Raspberry Pi 3

Berikut ini adalah komponen-komponen input output pada Raspberry Pi [10]:

1. *HDMI*, untuk dihubungkan ke monitor *LCD* yang mendukung *port HDMI* atau *converter VGA to HDMI* untuk *LCD* yang tidak mendukung *port HDMI*.
2. Video analog (*RCA port*), dihubungkan ke monitor televisi.
3. *Audio output*, keluaran untuk suara, dihubungkan ke *speaker*.
4. *Port USB 2.0*.
5. Pin *GPIO*, untuk menghubungkan dengan *LED*, sensor, alarm, dll.
6. *Port CSI (Camera Serial Interface)*
7. *Port DSI (Display Serial Interface)*

8. *Ethernet output*, dihubungkan dengan kabel *UTP/STP*.
9. *SD card slot*, untuk keperluan penyimpanan data.

2.6. Modul Kamera Raspberry Pi

Modul kamera Raspberry biasa disebut Picamera atau Raspicam adalah modul kamera yang didesain khusus untuk mikrokomputer Raspberry Pi. Pada Picamera terdapat kabel pita yang dapat dihubungkan ke *CSI Connector* yang berada pada perangkat tersebut. Perangkat ini mempunyai ukuran 25mm x 20mm x 9mm dengan berat sekitar 3 gram. Modul kamera Raspberry Pi dapat bekerja pada semua model Raspberry Pi. Pada pemrograman Python diperlukan *library* picamera untuk dapat menjalankan fungsi modul kamera ini [10].



Gambar 2.3. Picamera

2.7. Metode *Fuzzy Logic*

Secara umum, *Fuzzy Logic* merupakan sebuah metode yang mengubah kata-kata menjadi angka yang dapat diolah. Kata-kata yang digunakan pada *Fuzzy Logic* tidak terlalu akurat namun, metode ini dapat memudahkan manusia. *Fuzzy Logic* merupakan suatu perhitungan probabilitas yang hasilnya tidak hanya bernilai 1 atau 0 [11]. Dalam beberapa penerapan penggunaan *Fuzzy Logic* dapat mengatasi sifat

ketidakpastian dalam sistem kendali. *Fuzzy Logic* merupakan sistem komputasi yang pada dasarnya dapat melakukan pemetaan *vector*, optimasi, identifikasi dan kemampuan lainnya.

Dalam penelitian ini pengendalian *Fuzzy Logic Tsukamoto* menggunakan bentuk aturan-aturan jika-maka (*if-then*). Sehingga, proses pengendalian yang digunakan adalah pendekatan linguistik. Metode *Fuzzy Logic Tsukamoto* memiliki empat langkah diantaranya yaitu, Fuzzifikasi, pembentukan aturan *Fuzzy*, Analisa logika *Fuzzy*, dan Defuzzifikasi. Pada metode *Tsukamoto*, implikasi setiap aturan berbentuk implikasi “sebab-akibat” atau “input-output” dimana dalam implikasi ini antiseden dan konsekuen harus berhubungan. Setiap aturan direpresentasikan dengan himpunan-himpunan *Fuzzy*. Kemudian digunakan defuzzifikasi dengan metode rata-rata terpusat [12].

Terdapat empat tahap dalam menganalisis tingkat kematangan buah menggunakan metode *Tsukamoto* [13], yaitu:

1. Fuzzifikasi

Fuzzifikasi adalah proses mengubah nilai masukan tegas menjadi nilai masukan *fuzzy*. Nilai masukan tegas pada tahap ini dimasukkan ke dalam fungsi pengaburan yang telah dibentuk sehingga menghasilkan nilai masukan *fuzzy*.

2. Pembentukan Aturan *Fuzzy*

Aturan *fuzzy* dibentuk untuk memperoleh hasil keluaran tegas. Aturan *fuzzy* yang digunakan adalah aturan “jika-maka” dengan operator antar variabel masukan

adalah operator “*dan*”. Pernyataan yang mengikuti “*jika*” disebut sebagai antiseden dan pernyataan yang mengikuti “*maka*” disebut sebagai konsekuen.

3. Analisa Logika Fuzzy

Setiap aturan yang dibentuk merupakan suatu pernyataan implikasi. Analisis logika *fuzzy* yang digunakan pada tahap ini adalah fungsi implikasi *min*, karena operator yang digunakan pada aturan “*jika-maka*” adalah operator “*dan*”. Fungsi implikasi *min* yaitu mengambil nilai keanggotaan terkecil antar elemen pada himpunan *fuzzy* yang bersangkutan.

4. Defuzzifikasi

Defuzzifikasi adalah proses mengubah nilai keluaran *fuzzy* menjadi nilai keluaran tegas. Rumus yang digunakan pada tahap ini adalah rata-rata terbobot.

2.8. Python

Python adalah sebuah bahasa pemrograman yang bisa digunakan pada beberapa *platform (multiplatform)*, dan bersifat sumber perangkat bebas terbuka (*open source*). Hal utama yang membedakan *Python* dengan bahasa lain adalah dalam hal aturan penulisan kode program. *Python* memiliki aturan yang berbeda dengan bahasa lain, seperti indentasi, tipe data, *tuple*, dan *dictionary*.

Python adalah bahasa pemrograman dinamis yang mendukung pemrograman berorientasi obyek. *Python* dapat digunakan untuk berbagai keperluan pengembangan perangkat lunak dan dapat berjalan di berbagai sistem operasi seperti Linux, Windows, Unix, Symbian dan masih banyak lagi. *Python* sendiri

memiliki beberapa kelebihan diantaranya, memiliki *library* yang luas, menyediakan berbagai modul untuk berbagai keperluan, mendukung program berorientasi objek, memiliki sistem pengelolaan yang otomatis, memiliki tata bahasa yang mudah dipelajari dan arsitektur yang dapat dikembangkan (*extensible*) dan ditanam (*embeddable*) dalam bahasa lain, misal objek *oriented Python* dapat digabungkan dengan modul yang dibuat dengan C++ [10].

III. METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dan pembuatan tugas akhir ini dimulai pada Maret 2018 hingga Desember 2018 bertempat di Laboratorium Terpadu Teknik Elektro, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Lampung, Lampung.

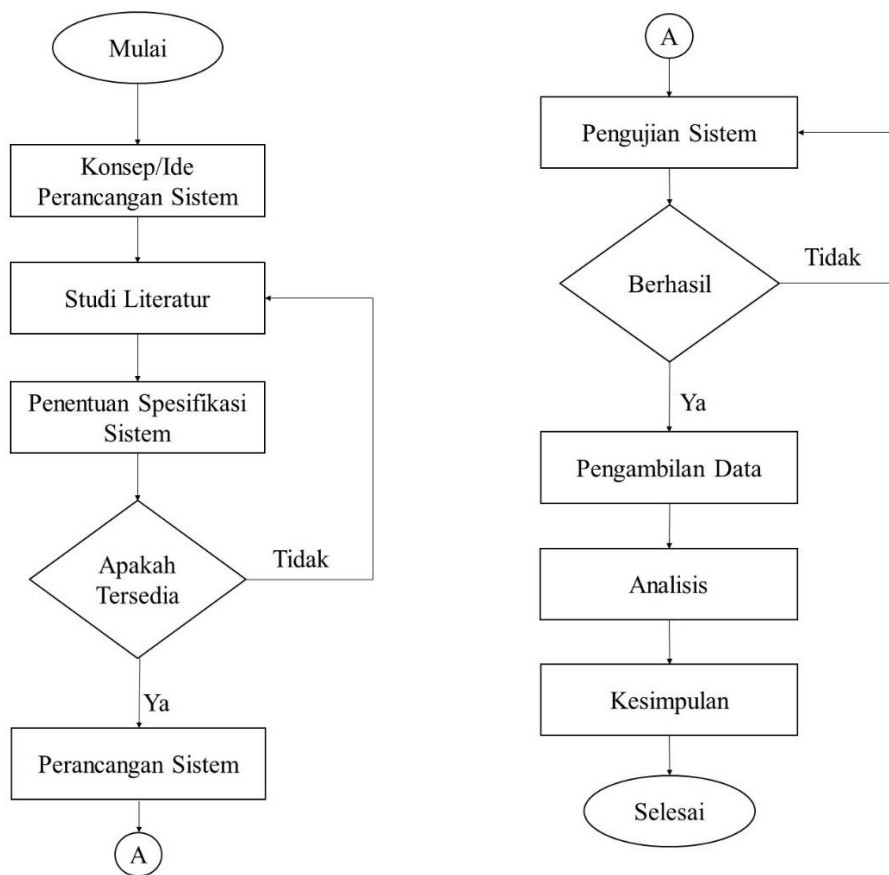
3.2. Alat dan Bahan

Terdapat alat dan bahan yang perlu dipersiapkan dalam melakukan penelitian ini adalah:

- a. Buah Tomat
- b. 1 unit modul kamera Raspberry Pi
- c. 1 unit Raspberry Pi 3
- d. 1 unit laptop Asus A455L
- e. 1 unit microSD 16 gb *class* 10
- f. Perangkat lunak Python

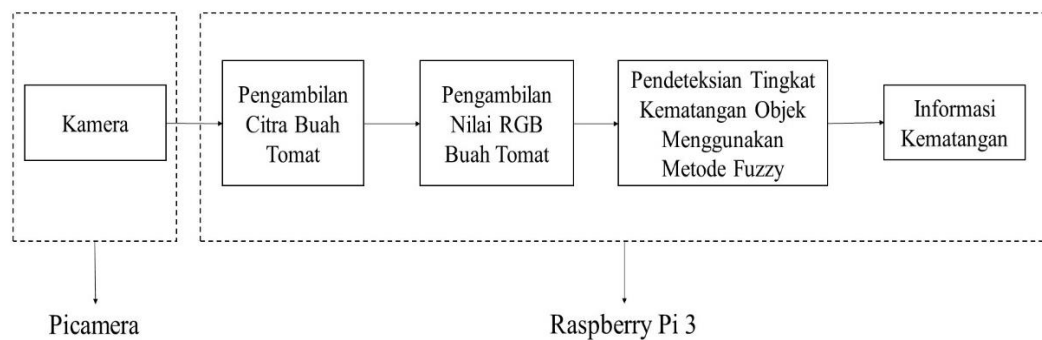
3.3. Prosedur Penelitian

Diagram alir prosedur penelitian ini dibuat untuk memperjelas langkah-langkah kerja yang dilakukan dalam penelitian, diperlihatkan pada gambar 3.1 berikut:



Gambar 3.1 Diagram Alir Prosedur Penelitian

3.3.1 Blok Diagram Sistem Keseluruhan



Gambar 3.2 Blok Diagram Sistem Keseluruhan

Gambar 3.2 menunjukkan blok diagram dari sistem keseluruhan yang dijalankan, dimulai dari mengaktifkan kamera pada *Raspberry Pi Configuration*, ketika kamera sudah aktif selanjutnya kamera akan mengambil citra buah tomat sesuai dengan kondisi yang diperlukan dalam penelitian. Selanjutnya, citra akan di potong hanya pada objeknya saja untuk mendapatkan nilai RGB dengan menggunakan rata-rata piksel. Setelah nilai RGB didapat maka akan masuk kedalam tahapan pendeteksian kematangan menggunakan metode *Fuzzy Logic Tsukamoto*.

3.3.2 Metode yang Digunakan

Dalam penelitian ini citra diambil dengan menggunakan kamera Raspberry Pi yang terhubung dengan mikrokomputer Raspberry Pi model 3. Pengambilan data disesuaikan dengan beberapa kondisi. Data berupa citra yang diambil diolah menggunakan program *Python*. Dalam proses penentuan kematangan buah tomat penulis menggunakan pengolahan citra dan *Fuzzy Logic Tsukamoto*. Acuan nilai RGB yang digunakan pada metode Fuzzy sebagai batasan dari variabel sedikit, sedang dan banyak didapat dari pengumpulan nilai-nilai RGB pada 10 sampel tomat dengan tingkat kematangan mentah, setengah matang, dan matang pada kondisi tertentu.

3.3.3. Garis Besar Metode yang Digunakan

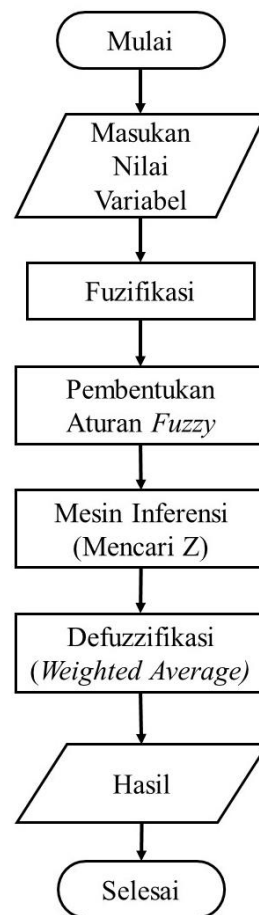
Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *Fuzzy Logic Tsukamoto*. Metode ini merupakan metode yang menggunakan aturan jika-maka "*IF-then*". Pada penelitian menggunakan metode ini terdapat tiga nilai linguistik

yaitu mentah, setengah matang, dan matang. Penggunaan metode *Fuzzy Logic Tsukamoto* memiliki empat langkah yaitu, fuzzifikasi, pembentukan aturan *Fuzzy*, analisa logika *Fuzzy*, dan defuzzifikasi.

3.3.4. Diagram Alir Metode yang Digunakan

Berdasarkan diagram alir pada gambar 3.3, metode yang digunakan memiliki beberapa langkah, diantaranya:

1. Fuzzifikasi, yaitu dengan mengubah variabel non *fuzzy* (variabel numerik) menjadi variabel *fuzzy* (variabel linguistik).
2. Pembentukan basis pengetahuan *fuzzy* (*rule* dalam bentuk “*jika-maka*”).
Operator yang digunakan pada penelitian ini untuk menghubungkan antar variabel adalah operator *and*.
3. Analisis logika *fuzzy* untuk mendapatkan predikat dari tiap-tiap aturan.
Fungsi implikasi yang digunakan adalah fungsi *min*. Kemudian nilai predikat digunakan untuk menghitung keluaran hasil inferensi secara tegas.
4. Defuzzifikasi menggunakan metode rata-rata (*average*).



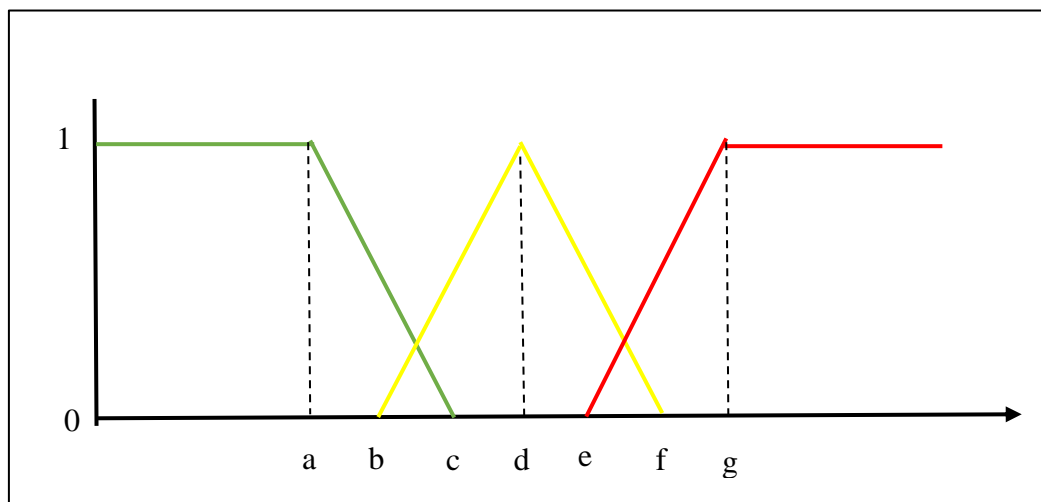
Gambar 3.3 Diagram Alir Metode yang Digunakan

Berikut merupakan aturan-aturan yang dibuat untuk mendapatkan keputusan dalam logika Fuzzy.

1. *IF Red sedikit and Green sedikit then Setengah*
2. *IF Red sedikit and Green sedang then Mentah*
3. *IF Red sedikit and Green banyak then Mentah*
4. *IF Red sedang and Green sedikit then Matang*
5. *IF Red sedang and Green sedang then Setengah*
6. *IF Red sedang and Green banyak then Setengah*

7. *IF Red banyak and Green sedikit then Matang*
8. *IF Red banyak and Green sedang then Setengah*
9. *IF Red banyak and Green banyak then Setengah*

Untuk mendapatkan fungsi keanggotaan maka diperlukan grafik logika fuzzy. Dimana, nilai dari variabel yang digunakan dalam grafik ini didapatkan berdasarkan data referensi dari ekstraksi nilai RGB buah tomat. Seperti pada Gambar 3.4 fungsi keanggotaan bernilai dari 0—1, dan pada garis horizontal terdapat titik garis antara a—g yang merupakan nilai RGB didapat dari 10 buah tomat. Grafik variabel dibedakan antara grafik nilai R dan grafik nilai G.



Gambar 3.4 Grafik Logika Fuzzy

Proses mendapatkan keputusan dari logika fuzzy diperlukan adanya inferensi. Inferensi adalah sebuah proses mengubah variabel fuzzy menjadi angka yang dapat diolah. Pada penelitian ini digunakan inferensi sebagai berikut:

1. $R1 = IF \text{ Red sedikit and Green sedikit then Setengah}$

$$R1 = \min (\mu_R \text{ Sedikit } (xR); \mu_G \text{ Sedikit } (xG)) \quad R1 = \mu_K \text{ Setengah } (x1)$$
2. $R2 = IF \text{ Red sedikit and Green sedang then Mentah}$

$$R2 = \min (\mu_R \text{ Sedikit } (x_R); \mu_G \text{ Sedang } (x_G)) \quad R2 = \mu_K \text{ Mentah } (x_2)$$

3. $R3 = \text{IF Red sedikit and Green banyak then Mentah}$

$$R3 = \min (\mu_R \text{ Sedikit } (x_R); \mu_G \text{ Banyak } (x_G)) \quad R3 = \mu_K \text{ Mentah } (x_3)$$

4. $R4 = \text{IF Red sedang and Green sedikit then Matang}$

$$R4 = \min (\mu_R \text{ Sedang } (x_R); \mu_G \text{ Sedikit } (x_G)) \quad R4 = \mu_K \text{ Matang } (x_4)$$

5. $R5 = \text{IF Red sedang and Green sedang then Setengah}$

$$R5 = \min (\mu_R \text{ Sedang } (x_R); \mu_G \text{ Sedang } (x_G)) \quad R5 = \mu_K \text{ Setengah } (x_5)$$

6. $R6 = \text{IF Red sedang and Green banyak then Mentah}$

$$R6 = \min (\mu_R \text{ Sedang } (x_R); \mu_G \text{ Banyak } (x_G)) \quad R6 = \mu_K \text{ Mentah } (x_6)$$

7. $R7 = \text{IF Red banyak and Green sedikit then Matang}$

$$R7 = \min (\mu_R \text{ Banyak } (x_R); \mu_G \text{ Sedikit } (x_G)) \quad R7 = \mu_K \text{ Matang } (x_7)$$

8. $R8 = \text{IF Red banyak and Green sedang then Matang}$

$$R8 = \min (\mu_R \text{ Banyak } (x_R); \mu_G \text{ Sedang } (x_G)) \quad R8 = \mu_K \text{ Matang } (x_8)$$

9. $R9 = \text{IF Red banyak and Green banyak then Setengah}$

$$R9 = \min (\mu_R \text{ Banyak } (x_R); \mu_G \text{ Banyak } (x_G)) \quad R9 = \mu_K \text{ Setengah } (x_9)$$

Langkah terakhir yaitu defuzzifikasi dengan metode *Tsukamoto*, dengan persamaan sebagai berikut:

$$x = \frac{R1 * x_1 + R2 * x_2 + R3 * x_3 + R4 * x_4 + R5 * x_5 + R6 * x_6 + R7 * x_7 + R8 * x_8 + R9 * x_9}{R1 + R2 + R3 + R4 + R5 + R6 + R7 + R8 + R9} \quad (2)$$

Keterangan:

x_R, x_G = nilai presentase Red atau Green

x_1 s/d x_9 = nilai presentase kematangan pada kasus ke-

- μR = himpunan keanggotaan Red dalam kondisi sedikit, sedang, atau banyak
- μG = himpunan keanggotaan Green dalam kondisi sedikit, sedang, atau banyak
- μK = himpunan keanggotaan Kematangan dalam kondisi mentah, setengah, atau matang
- $R1 \text{ s/d } R9$ = nilai minimum dari himpunan keanggotaan pada kasus ke-

3.4. Perolehan Citra

Citra yang digunakan pada penelitian ini didapatkan dari Picamera. Kamera akan mengambil citra buah tomat dengan latar belakang gelap dan terang, kondisi *outdoor* pada waktu siang dan sore hari, serta *indoor* pada kondisi 25 Lux dan 100 Lux. Citra yang didapat akan diproses dengan mengekstraksi rata-rata nilai RGB dari objek, selanjutnya objek akan masuk ke tahap identifikasi kematangan buah dengan metode *Fuzzy Logic Tsukamoto*.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Penentuan kematangan buah tomat dengan kondisi latar belakang gelap pada siang hari membuat objek terpantul oleh sinar matahari sehingga nilai RGB yang terbaca oleh program tidak sesuai dengan nilai RGB pada referensi yang dipakai (nilai pada *membership function*).
2. Penentuan kematangan buah tomat yang baik dari 10 sampel tiap tingkat kematangan dapat dilakukan dalam kondisi *indoor* dengan pencahayaan 100 Lux.
3. Nilai RGB dengan latar belakang gelap dan tingkat kematangan mentah memiliki banyak ketidaksesuaian antara metode visual dengan metode *Fuzzy Logic*, namun nilai RGB yang didapat dengan *rule* yang dipakai sesuai.
4. Dalam pendeteksian kematangan buah tomat hanya nilai *Red* dan *Green* saja yang dipakai, karena nilai *Blue* tidak mempengaruhi kematangan buah tomat, berdasarkan data yang diambil nilai *blue* pada setiap tingkat kematangan memiliki nilai yang hampir sama.

5.2. Saran

1. Perlu adanya pengaktifan *auto brightness* pada Picamera, agar citra yang diambil nilai RGBnya tidak terlalu tinggi dikarenakan pantulan sinar matahari.
2. Pada penelitian berikutnya dapat dilakukan dengan menggunakan pengambilan data secara *real time* sehingga pendeteksian tingkat kematangan buah tomat dapat diketahui saat itu juga.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sitorus, N. 2008. Penentuan Kematangan Buah Tomat (*Lycopersicum Esculentum Mill*) Dengan Menggunakan Metode Klasifikasi Citra. Universitas Lampung. Lampung.
- [2] Pantastico, E. R. B., 1993, Fisiologi Pasca Panen Penanganan dan Pemanfaatan Buah Buahan, Sayur-Sayuran Tropika dan Sub tropika, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- [3] Kusumaningtyas, dan Rosa Andrie. 2016. Identifikasi Kematangan Buah Tomat Berdasarkan Warna Menggunakan Metode Jaringan Syaraf Tiruan (JST). Politeknik Negeri Malang. Malang.
- [4] Munir, R. 2004. Pengolahan Citra Digital. Bandung.
- [5] Tompunu, A.N. dan Kusumanto. 2011. Pengolahan Citra Digital Untuk Mendeteksi Obyek Menggunakan Pengolahan Warna Model Normalisasi RGB. Politeknik Negeri Sriwijaya. Palembang.
- [6] Astuti, Fajar dan Hermawati. 2013. Pengolahan Citra Digital; Konsep dan Teori. Yogyakarta.
- [7] Andreas, D.H. 2017. Prototipe Pemilah Kematangan Buah Pisang Berdasarkan Warnanya Menggunakan Conveyor. Universitas Sanata Dharma. Yogyakarta.
- [8] Nugraha, I. 2014. Sistem Otomasi Dalam Penyortiran Tomat Dengan *Image Processing* Menggunakan Deteksi RGB. Universitas Telkom. Bandung
- [9] Yolandah, M. 2015. Rancangan Sistem Kendali Lampu Led Berbasis Raspberry Pi Dengan Teknik Web Interface Menggunakan Bootstrap, Politeknik Negeri Sriwijaya, Palembang.

- [10] Samudera, N.A. 2015. Perancangan Sistem Keamanan Ruangan Menggunakan Raspberry Pi. Universitas Telkom. Bandung.

- [11] Adhimantoro, S. 2014. Mengetahui Tingkat Kematangan Buah Dengan Ultrasonik Menggunakan Logika Fuzzy. Universitas Bina Nusantara. Jakarta Barat.

- [12] Setiaji, 2009, Himpunan dan Logika Samar Serta Aplikasinya, Yogyakarta.

- [13] Agustin, V.R. 2015. Aplikasi Pengambilan Keputusan Dengan Metode Tsukamoto Pada Penentuan Tingkat Kepuasan Pelanggan. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim. Malang.