

**PEMANTAUAN HOMOGENITAS DEKOMPOSISI
PUPUK KOMPOS MENGGUNAKAN KAMERA
TERMAL BERBASIS *COMPUTER VISION***

(Skripsi)

Oleh
FADILA AMELIA FUTRI



**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2019**

ABSTRAK

PEMANTAUAN HOMOGENITAS DEKOMPOSISI PUPUK KOMPOS MENGUNAKAN KAMERA TERMAL BERBASIS *COMPUTER VISION*

Oleh

FADILA AMELIA FUTRI

Penggunaan pupuk mampu menunjang produktivitas dan kualitas suatu tanaman. Pupuk yang beredar di pasaran merupakan pupuk buatan berbahan kimia namun, oleh petani terkadang digunakan melebihi takaran yang dianjurkan sehingga menyebabkan kerusakan lingkungan. Upaya menanggulangi masalah ini salah satunya adalah penggunaan pupuk kompos. Proses dekomposisi pupuk kompos berlangsung sebagaimana apabila proses dekomposisi perlu dipantau dari segi suhu dan kelembapan ideal untuk menghasilkan pupuk kualitas baik sesuai dengan standar SNI 19-7030-2004. Proses dekomposisi anaerob dilakukan pada kotak tertutup sehingga tidak dapat dilakukan pemantauan langsung oleh karena itu pada penelitian ini digunakan kamera termal berbasis *computer vision* untuk memantau homogenitas dekomposisi pupuk kompos jarak jauh. Citra termal dianalisis dengan menghitung persentase rerata intensitas warna RGB dan analisis histogram citra. Selain itu, sensor DS18B20 digunakan sebagai referensi nilai suhu. Berdasarkan hasil pemantauan dekomposisi pupuk kompos, aktivitas mikroba mulai bekerja pada rentang hari pertama hingga kedua ditandai dengan kenaikan suhu udara di dalam kotak komposter dan sebaran warna RGB yang inkonsisten. Persentase warna biru turun hingga di bawah 10% sedangkan warna hijau kemerahan yang menandakan akan menuju panas naik hingga 70% dan warna merah naik hingga 30%.

Kata kunci : *Kompos, Dekomposisi, Citra termal, Suhu, Computer Vision, RGB, Histogram*

ABSTRACT

MONITORING OF COMPOST FERTILIZER HOMOGENITY DECOMPOSITION USING THERMAL CAMERA COMPUTER VISION BASED

By

FADILA AMELIA FUTRI

The use of fertilizers can support the productivity and quality of a plant. Fertilizers on the market are chemical-based fertilizers, however, farmers are sometimes used more than the recommended amount so that it causes environmental damage. One of the efforts to overcome this problem is the use of compost. The compost decomposition process takes place as if the decomposition process needs to be monitored in terms of ideal temperature and humidity to produce good quality fertilizers following SNI 19-7030-2004 standards. The anaerobic decomposition process is carried out in a closed box so that direct monitoring cannot be carried out, therefore in this study, a computer vision-based thermal camera is used to monitor the homogeneity of long-distance compost fertilizer decomposition. Thermal images were analyzed by calculating the average percentage of RGB color intensity and image histogram analysis. Also, the DS18B20 sensor is used as a reference temperature value. Based on the results of the monitoring of compost decomposition, microbial activity begins to work in the range of the first day to the second marked by an increase in air temperature in the composter box and inconsistent color distribution of RGB. The percentage of the blue color drops to below 10% while the reddish-green which indicates going to heat up to 70% and the red color rises to 30%.

Keywords : Compost, Decomposition, Thermal Image, Temperature, Computer Vision, RGB, Histogram

**PEMANTAUAN HOMOGENITAS DEKOMPOSISI PUPUK KOMPOS
MENGUNAKAN KAMERA TERMAL BERBASIS *COMPUTER VISION***

Oleh

FADILA AMELIA FUTRI

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar

SARJANA TEKNIK

Pada

Program Studi Teknik Informatika

Jurusan Teknik Elektro

Fakultas Teknik Universitas Lampung



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2019**

Judul Skripsi : **PEMANTAUAN HOMOGENITAS
DEKOMPOSISI PUPUK KOMPOS
MENGUNAKAN KAMERA TERMAL
BERBASIS *COMPUTER VISION***


Nama Mahasiswa : **Fadila Amelia Putri**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1515061024

Jurusan : Teknik Elektro

Fakultas : Teknik

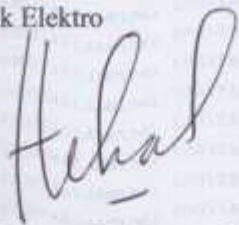



M. Komarudin, S.T., M.T.
NIP. 196812071997031006

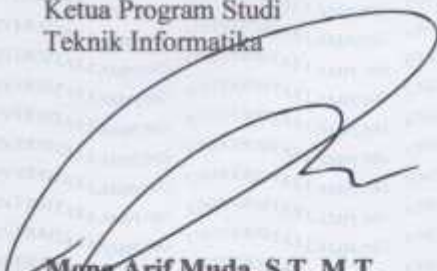

Titin Yulianti Z, S.T., M.Eng.
NIP. 198807092019032015

2. Mengetahui

Ketua Jurusan
Teknik Elektro


Dr. Herman Halomoan S, S.T., M.T.
NIP. 197111301999031003

Ketua Program Studi
Teknik Informatika


Mona Arif Muda, S.T., M.T.
NIP. 197111122000031002

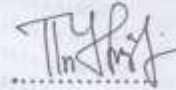
MENGESAHKAN

I. Tim Penguji

Ketua : M. Komarudin, S.T., M.T.



Sekretaris : Titin Yulianti Z, S.T., M.Eng.



**Penguji
Bukan Pembimbing : Yessi Mulyani, S.T., M.T.**



Dekan Fakultas Teknik



Prof. Drs. Suharno, M.Sc., Ph. D.
NIP 196207171987031002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 11 September 2019

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan dibawah ini, menyatakan bahwa skripsi yang saya yang berjudul "Pemantauan Homogenitas Dekomposisi Pupuk Kompos Menggunakan Kamera Termal Berbasis *Computer Vision*" merupakan hasil karya sendiri dan bukan hasil karya orang lain. Semua hasil yang tertuang dalam skripsi ini telah mengikuti kaidah penulisan karya ilmiah Universitas Lampung. Apabila di kemudian hari terbukti bahwa skripsi ini merupakan salinan atau dibuat oleh orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan akademik yang berlaku.

Bandar Lampung, 17 Oktober 2019
Yang membuat pernyataan,



Fadila Amelia Putri
NPM. 1515061024

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan Bandar Lampung pada tanggal 08 Agustus 1997. Penulis merupakan anak dari pasangan Bapak H. Ansori Hariyanto dan Ibu Hj. Elyati. Penulis merupakan anak pertama dari 2 bersaudara.

Penulis memulai Pendidikan sekolah dasar di SDN 1 Beringin Raya, Bandar Lampung dan lulus pada tahun 2009, kemudian melanjutkan Pendidikan ke SMP Negeri 14 Bandar Lampung dan lulus pada tahun 2012, kemudian melanjutkan Pendidikan ke Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 9 Bandar Lampung jurusan IPA dan lulus pada tahun 2015.

Penulis melanjutkan Pendidikan di Teknik Informatika Universitas Lampung pada tahun 2015. Selama menjadi mahasiswa, penulis pernah menjadi anggota divisi humas pada Himpunan Mahasiswa Teknik Elektro (HIMATRO) fakultas Teknik Universitas Lampung. Penulis pernah menjadi asisten beberapa praktikum yaitu, Praktikum Struktur Data dan Praktikum Sistem Basis Data. Penulis pernah melakukan kerja praktik di PT. PGAS Telekomunikasi Nusantara, yang merupakan anak perusahaan dari sama dengan PT. Perusahaan Gas Negara (Persero) Tbk di Regional Lampung, Bandar Lampung sebagai *Web Developer* dengan karya “Pengembangan Sistem Inventaris Barang Sebagai *Web Back-End Developer* (Studi Kasus: PT. PGAS Telekomunikasi Nusantara Regional

Lampung)”. Penulis juga pernah menjadi Finalis pada Lomba *IoT Development Competition* yang diselenggarakan oleh BLESS-U *Project*.

SANWACANA

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pemantauan Homogenitas Dekomposisi Pupuk Kompos Menggunakan Kamera Termal Berbasis *Computer Vision*”. Selama menjalani pengerjaan skripsi ini, penulis mendapatkan banyak bantuan dan dorongan dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada :

1. Allah SWT Tuhan yang maha kuasa berkat rahmat dan karunia-Nya di dalam kehidupan.
2. Jajaran dan staff di Universitas Lampung tempat penulis menimba ilmu.
3. Bapak Prof. Drs. Suharno, M.Sc., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
4. Bapak Dr. Herman Halomoan S, S.T.,M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung.
5. Bapak Mona Arif Muda, S.T.,M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Informatika Universitas Lampung.
6. Bapak M. Komarudin, S.T., M.T., dan Ibu Titin Yulianti Z, S.T., M.Eng., selaku pembimbing utama dan pendamping atas bimbingan, saran, motivasi dan kesabaran kepada penulis selama penyelesaian skripsi.

7. Ibu Yessi Mulyani, S.T.,M.T.,_selaku penguji utama atas bimbingan serta masukan dalam penyelesaian skripsi.
8. Bapak Gigih Forda Nama, S.T., M.T.I., selaku pembimbing akademik yang membimbing penulis dari awal perkuliahan hingga dinyatakan sebagai sarjana Teknik.
9. Seluruh dosen dan staff Teknik Elektro dan Informatika atas ilmu, motivasi dan kesabarannya dalam mendidik penulis juga membantu mengurus administrasi.
10. Ayah, Ibu, Adek Anti serta keluarga tercinta yang selalu mendukung dan memberikan semangat dalam menjalani hidup.
11. Seluruh anggota geng bicisku yaitu, Fitri, Uli, Nadiya, Fia, Anggita, Aprily, dan Leady juga semua teman *gossip girl* yaitu, Ayus, Alam, dan Empel teman sedari SMA yang selalu mendengarkan kegilaan keluh kesah, membantu dalam kesulitan, dan memberikan kekuatan dalam setiap senang juga sedih di dalam drama perkuliahan dan kehidupan.
12. Seluruh teman – teman Teknik Elektro dan Informatika seperjuangan 2015 atas kebersamaan yang diberikan selama masa perkuliahan.
13. Semua stakeholder yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu serta memberikan dukungan dalam penyelesaian skripsi ini.

Bandar Lampung,
Penulis,

Fadila Amelia Putri

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	i
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Perumusan Masalah.....	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	4
1.4. Batasan Masalah.....	4
1.5. Hipotesis Penelitian.....	4
1.6. Manfaat Penelitian.....	5
1.7. Sistematika Penulisan Skripsi.....	5
II. TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1. Penelitian Terkait.....	7
2.2. Landasan Teori.....	9
2.2.1. Dekomposisi Pupuk Kompos.....	9
2.2.2. Suhu pada Pupuk Kompos.....	10
2.2.3. Kelembapan pada Pupuk Kompos.....	11
2.2.4. <i>Aktivator EM4</i>	12
2.2.5. <i>Computer Vision</i>	12
2.2.6. <i>Thermal Imaging</i>	12
2.2.7. Citra.....	14
2.2.8. Citra RGB.....	14
2.2.9. Ruang Warna XYZ.....	14
2.2.10. Ruang Warna L*a*b*.....	16
2.2.11. Segmentasi.....	16
2.2.12. Perhitungan Persentase Fitur Warna RGB.....	17
2.2.13. <i>K-Means Clustering</i>	18
2.2.14. Histogram.....	18
2.2.15. <i>Embedded System</i>	19

2.2.16. <i>Raspberry Pi</i>	19
2.2.17. Suhu Warna	20
III. METODOLOGI PENELITIAN	21
3.1. Waktu dan Tempat.....	21
3.2. Alat dan Bahan.....	22
3.2.1. Komponen Elektronika	22
3.2.2. Alat dan Bahan Pembuatan Pupuk	23
3.2.3. Alat dan Bahan	24
3.3. Tahapan Penelitian.....	25
3.3.1. Studi Literatur	25
3.3.2. Perancangan Sistem	25
3.3.3. Pengujian	32
3.3.4. Pengambilan Data	32
3.3.5. Analisis Data	32
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	33
4.1. Hasil Perancangan Sistem.....	33
4.1.1. Perancangan Perangkat Keras Sistem	33
4.1.2. Perancangan Perangkat Lunak Sistem	36
4.2. Pengujian Perangkat Keras dan Perangkat Lunak	40
4.2.1. Pengujian Perangkat Keras	41
4.2.2. Pengujian Perangkat Lunak	42
4.3. Implementasi Sistem.....	44
4.3.1. Pembuatan Pupuk Kompos	44
4.4. Pengambilan Data	49
4.4.1. Pengambilan Data Suhu Sensor DS18B20	49
4.4.2. Pengambilan Data Citra Termal	60
4.5. Analisis Data.....	62
4.4.1. Nilai Suhu pada Sensor DS18B20	62
4.4.2. Proses Pengolahan Citra dan Penentuan Level Kematangan pada Citra Termal	63
V. KESIMPULAN DAN SARAN	73
5.1. Kesimpulan	73
5.2. Saran	74
DAFTAR PUSTAKA	75

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Kamera termal Adafruit AMG8833 [10].	13
Gambar 2. Citra termal identifikasi kanker payudara [7].	13
Gambar 3. Citra histogram [10].	18
Gambar 4. Suhu warna	20
Gambar 5. Diagram alir tahapan penelitian	25
Gambar 6. Rancangan dimensi sistem	26
Gambar 7. Proses kerja rancangan sistem.	28
Gambar 8. Diagram alir keseluruhan proses pengolahan citra	29
Gambar 9. Rangkaian sistem.	30
Gambar 10. Rangkaian komponen sensor suhu DS18B20 pada NodeMCU	31
Gambar 11. Rangkaian komponen kamera thermal Adafruit AMG8833 8x8 pada Raspberry Pi 3b	31
Gambar 12. Hasil implementasi sistem perangkat keras tampak atas pada simulasi kotak komposter.	33
Gambar 13. Hasil implementasi sistem perangkat keras tampak kanan pada simulasi kotak komposter.	34
Gambar 14. Hasil implementasi sistem perangkat keras tampak kiri pada simulasi kotak komposter.	35
Gambar 15. Hasil implementasi sistem perangkat keras tampak dalam pada simulasi kotak komposter.	35
Gambar 16. Dashboard monitoring suhu	37
Gambar 17. Tampilan window citra termal	38
Gambar 18. Tampilan hasil pengolahan citra termal	39
Gambar 19. Tampilan hasil penjumlahan dan persentase warna RGB pengolahan citra termal.	40
Gambar 20. Pengujian sensor suhu DS18B20.	43
Gambar 21. Pengujian kamera thermal Adafruit AMG8833 8x8.	43
Gambar 22. Pencacahan daun kering.	44
Gambar 23. Tanah sisa tanaman mati.	45
Gambar 24. Pembuatan cairan starter.	46
Gambar 25. Pencampuran daun kering, tanah, dan larutan starter EM4.	47
Gambar 26. Pupuk kompos dalam kotak komposter.	47
Gambar 27. Perbedaan pupuk kompos sebelum dan setelah matang.	48
Gambar 28. Grafik nilai sensor suhu DS18B20 pengambilan pukul 12.00 WIB.	50
Gambar 29. Grafik nilai sensor suhu DS18B20 pengambilan pukul 15.00 WIB.	51
Gambar 30. Grafik nilai sensor suhu DS18B20 pengambilan pukul 18.00 WIB.	52
Gambar 31. Grafik nilai sensor suhu DS18B20 pengambilan pukul 21.00 WIB.	54
Gambar 32. Grafik nilai sensor suhu DS18B20 pengambilan pukul 00.00 WIB.	55

Gambar 33. Grafik nilai sensor suhu DS18B20 pengambilan pukul 03.00 WIB.	56
Gambar 34. Grafik nilai sensor suhu DS18B20 pengambilan pukul 06.00 WIB.	58
Gambar 35. Grafik nilai sensor suhu DS18B20 pengambilan pukul 09.00 WIB .	59
Gambar 36. Grafik nilai suhu sensor DS18B20.....	62
Gambar 37. Citra termal masukan.	63
Gambar 38. Pengolahan citra konversi XYZ, LAB, dan segmentasi k-means.	64
Gambar 39. Pengolahan citra konversi LAB dan segmentasi k-means.	65
Gambar 40. Proses pengolahan citra histogram dengan pre processing.	66
Gambar 41. Perhitungan fitur warna RGB dengan citra pre processing.....	66
Gambar 42. Proses pengolahan citra histogram tanpa pre processing.....	67
Gambar 43. Perhitungan fitur warna RGB citra tanpa pre processing.....	68
Gambar 44. Grafik nilai RGB citra termal pupuk kompos.	69
Gambar 45. Grafik perbandingan rata-rata suhu dan sebaran RGB.....	71

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Renaca Jadwal penelitian	21
Tabel 2. Komponen elektronika	22
Tabel 3. Alat dan Bahan Pembuatan Pupuk.....	23
Tabel 4. Alat dan bahan yang digunakan	24
Tabel 5. Tabel skenario pengujian perangkat keras.	41
Tabel 6. Tabel skenario pengujian perangkat lunak.....	42
Tabel 7. Nilai sensor suhu DS18B20 pengambilan pukul 12.00 WIB.	49
Tabel 8. Nilai sensor suhu DS18B20 pengambilan pukul 15.00 WIB.	51
Tabel 9. Nilai sensor suhu DS18B20 pengambilan pukul 18.00 WIB.	52
Tabel 10. Nilai sensor suhu DS18B20 pengambilan pukul 21.00 WIB.	53
Tabel 11. Nilai sensor suhu DS18B20 pengambilan pukul 00.00 WIB.	55
Tabel 12. Nilai sensor suhu DS18B20 pengambilan pukul 03.00 WIB.	56
Tabel 13. Nilai sensor suhu DS18B20 pengambilan pukul 06.00 WIB.	57
Tabel 14. Nilai sensor suhu DS18B20 pengambilan pukul 09.00 WIB.	59
Tabel 15. Data citra termal.....	60
Tabel 16. (lanjutan).	61

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Bidang pertanian di Indonesia merupakan salah satu sektor kunci perekonomian Indonesia. Indonesia merupakan salah satu negara agraris di dunia yang subur dan beriklim tropis. Data dari Badan Pusat Statistika menunjukkan bahwa produktivitas tanaman pangan terbanyak tahun 1993 hingga 2015 adalah padi. Berat produksi padi rata-rata sekitar 53,41 kuintal padi per tahun setelah itu diikuti oleh tanaman jagung, ketela pohon, dan lain sebagainya [1]. Untuk menunjang produktivitas dan kualitas suatu tanaman yang ditanam dapat dilihat dari seberapa besar kandungan vitamin atau mutu yang terdapat di dalam tumbuhan tersebut. Hal ini tentu saja dihasilkan dari *quality control* saat penanaman hingga panen yang dilakukan para petani. Peningkatan produksi pertanian tidak terlepas dari penggunaan bahan kimia, seperti pupuk buatan dan pestisida.

Penggunaan pupuk buatan (kimia) dan pestisida saat ini oleh petani terkadang sudah melebihi takaran dan dosis yang dianjurkan. Kerusakan lingkungan yang dapat mengganggu keseimbangan ekosistem pada akhir tahun 70-an di Indonesia setelah residu pupuk, dan nitrogen yang diketahui dapat mengakibatkan pencemaran air tanah sebagai sumber air minum [2].

Dalam upaya menanggulangi masalah ini salah satunya adalah penggunaan pupuk kompos. Kompos merupakan penguraian bahan-bahan organik atau proses perombakan senyawa yang kompleks menjadi senyawa yang sederhana dengan bantuan mikroorganisme sebagai sumber energi [3]. Pupuk kompos memiliki keuntungan selain ramah lingkungan juga dapat mengembalikan keseimbangan ekosistem tanah dan zat-zat renik yang dibutuhkan tumbuhan. Di samping itu, terdapat efek negatif dari pemakaian kompos jika belum matang yang diakibatkan oleh suhu dan kelembapan yang ideal atau terlalu ekstrim. Dalam keadaan suhu kurang optimum bakteri-bakteri yang menyukai suhu panas (dalam timbunan pupuk) tidak akan bekerja pada keadaan tersebut. Sebaliknya jika suhu terlalu panas mikroba atau bakteri yang diinginkan akan terbunuh [4]. Akibatnya imobilisasi atau perubahan bentuk hara tertentu menjadi bentuk yang tidak tersedia bagi tanaman. Senyawa-senyawa fitotoksik seperti ammonia, nitrit-nitrogen, besi dan mangan dihasailkan oleh tanah yang terdekomposisi secara anaerobik. Sebelum dilakukan pengaplikasian perlu untuk mengetahui tingkat kematangan kompos terlebih dahulu karena, tanah yang sedang mengalami proses dekomposisi akan menimbulkan suhu panas yang dapat menghambat tumbuhnya suatu tanaman

Pada umumnya untuk mengetahui tingkat kematangan pupuk kompos masih dilakukan secara konvensional. Secara sederhana dengan pengamatan visual, aroma, dan sebaran suhu yang homogen. Kompos yang telah matang mempunyai bau yang menyerupai tanah, beraroma tidak tajam, berbau tidak sedap dan sebaran suhu yang merata yaitu dari suhu tertinggi 65°C hingga penurunan suhu

gradien yaitu 30°C pada pupuk anaerob [5]. Pemantauan kematangan pupuk kompos khususnya anaerob tidak mudah. Kotak komposter yang digunakan untuk menampung pupuk dalam keadaan tertutup dan gelap sehingga sulit untuk melihat bagaimana keadaan pupuk sebenarnya.

Penelitian ini menggunakan kamera termal berbasis *computer vision* yang digunakan untuk memantau kematangan pupuk kompos jarak jauh. Mendeteksi sebaran suhu panas yang diambil dari citra melalui kamera yang setelah itu ciri citra dapat dianalisis dengan menggunakan pengolahan citra analisis sebaran warna RGB dan histogram. Analisis histogram digunakan untuk melihat homogenitas dari masing-masing kanal warna R, G, dan B citra termal, meskipun merupakan salah satu metode yang sederhana dan cukup lampau untuk digunakan tetapi histogram dengan analisis rerata warna RGB memiliki algoritma komputasi ringan jika dibenamkan ke dalam sistem *embedded*.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, kajian masalah yang mendasari penelitian ini yaitu "Bagaimana membuat sistem pemantauan proses kematangan pupuk kompos menggunakan kamera termal berbasis *computer vision* untuk melihat sebaran panas dari citra yang diambil. Hasil citra akan diolah dan dianalisis homogenitas suhunya menggunakan pengolahan citra dengan analisis histogram sebaran warna RGB dan referensi nilai suhu dari sensor"

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini antara lain :

1. Menggunakan *embedded system* untuk proses analisis citra termal.
2. Memetakan homogenitas pengomposan berdasarkan citra termal dengan menggunakan pengolahan citra dan nilai suhu sensor DS18B20.
3. Melakukan analisis histogram terhadap citra termal untuk memetakan kematangan pupuk kompos berdasarkan persentase rerata intensitas warna RGB.

1.4. Batasan Masalah

Adapun Batasan Masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Penelitian ini hanya membahas pembuatan sistem pemantauan kematangan pupuk kompos anaerob berikut hubungan antara analisis histogram dari citra masukan dan nilai suhu yang didapatkan.
2. Penelitian ini tidak membahas perancangan perangkat lunak *Thingier.io*, karena *Thingier.io* sudah dikembangkan oleh *developer* lain yaitu *THINK BIG LABS S.L. ©*, selain itu sifatnya bukan *open-source* (*source code* aplikasi tidak dibuka secara detail ke kalangan umum).

1.5. Hipotesis Penelitian

Kamera termal dapat melakukan pengambilan citra berdasarkan sebaran panas dari citra yang sederhana. Korelasi data hasil analisis histogram yang ditentukan

berdasarkan warna RGB dari citra termal dan nilai suhu dapat menunjukkan atau memetakan homogenitas kematangan pupuk kompos.

1.6. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini antara lain dapat mempermudah para produsen dalam memantau kematangan pupuk kompos agar dapat menjaga kualitas pupuk yang ideal sehingga pupuk dapat bekerja dengan maksimal.

1.7. Sistematika Penulisan Skripsi

Sistematika penulisan skripsi/tugas akhir ini terdiri dari 5 (lima) bab sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini memuat latar belakang, rumusan masalah, manfaat penelitian dan tujuan dilakukannya penelitian dari penyusunan skripsi serta permasalahan untuk Pemantauan Homogenitas Dekomposisi Pupuk Kompos Menggunakan Kamera Termal Berbasis *Computer Vision*.

BAB II DASAR TEORI

Bab ini menjelaskan secara garis besar tentang spesifikasi sensor, dasar teori dan rumus matematis dari pengolahan citra yang berkaitan dalam penelitian tugas akhir ini. Pada bab ini juga disampaikan tinjauan pustaka berdasarkan penelitian tentang *computer vision* yang telah ada sebelumnya.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini memuat waktu dan tempat penelitian, tahapan penelitian secara umum termasuk metode analisis histogram secara terperinci, serta alat dan bahan mencakup seluruh sensor juga kamera yang digunakan.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini memuat data hasil dari perancangan yang telah dibuat dan cara kerja sistem yang dibangun. Analisis proses pengolahan citra, persentase perhitungan fitur warna, tingkat kematangan pupuk kompos dengan analisis hasil penelitian.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini memuat kesimpulan dari kegiatan yang dilakukan pada penelitian ini. Saran-saran mengenai perbaikan dan pengembangan lebih lanjut juga terdapat di bab ini.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terkait

Beberapa penelitian menggunakan pengolahan citra untuk menganalisis citra kamera termal. Salah satunya adalah penelitian identifikasi kanker payudara pada tahun 2010. Penelitian ini menganut cara kerja termografi yang merupakan salah satu metode untuk deteksi patologi payudara dengan identifikasi perubahan fisiologi lokal dan aliran darah sebelum pemeriksaan klinis. Kamera inframerah (*Fluke Ti20 Thermal Imager*) digunakan untuk menunjukkan perubahan fisiologi dan metabolisme serta sebaran perubahan termal sebagai eksistensi luas kanker payudara. Citra termal yang diambil dalam penelitian ini diolah menggunakan metode pengolahan citra yaitu mengkonversi citra ke *greyscale* dan setelah itu penerapan histogram pada area yang teridentifikasi kanker dilakukan untuk melihat *range* cacah *pixel* nya [6].

Penelitian lain terkait identifikasi kanker payudara menggunakan kamera termal juga sudah dilakukan pada tahun 2011 dengan menggunakan metode pengolahan citra berbeda. Dalam penelitian ini citra dikonversi ke XYZ dan ruang L^*a^*b yang selanjutnya dilakukan segmentasi citra untuk melihat wilayah yang teridentifikasi kanker [7].

Penelitian terkait kamera termal juga dilakukan menggunakan kamera *handycam* dalam deteksi citra termal yang dalam hal ini digunakan untuk deteksi kanker payudara pada tahun 2015. Sebelum citra diproses terlebih dahulu citra melewati beberapa tahap *pre-processing* citra seperti mengkonversi gambar *greyscale*, dan lain sebagainya. Citra diubah menjadi matriks numerik yang selanjutnya diubah menjadi kontur warna dengan skala minimal dan maksimal oleh matlab untuk menjadi citra termografi 2 dimensi polikromatis [8].

Dalam penelitian ini analisis warna RGB pada citra digunakan sebagai proses dalam analisis data. Banyak penelitian yang menggunakan analisis ini salah satunya yaitu, penelitian yang mengklasifikasikan jenis biji jagung berdasarkan pada pola distribusi intensitas RGB citra biji jagung [9]. Dalam penelitian ini, kualitas biji jagung terklasifikasi dalam 4 kelompok, yaitu biji busuk, biji berjamur, biji normal, dan biji rusak. Jumlah sampel yang digunakan adalah 120 sampel untuk pelatihan dan 80 sampel untuk pengujian. Penelitian dilakukan melalui tahap yaitu filterisasi citra digital dengan median filter, ekualisasi dengan histogram adaptif, ekstraksi indeks warna RGB untuk ketiga intensitas kanal warna RGB, penghitungan mean dan standar deviasi untuk masing-masing indeks warna RGB tersebut. Selanjutnya hasil pola mean dan standar deviasi ketiga indeks warna RGB digunakan untuk mengenali kualitas biji jagung menggunakan metode jaringan syaraf tiruan *backpropagation*. Terdapat pula penelitian tentang klasifikasi level kematangan tomat untuk mengurangi resiko pembusukan tomat. Tahap *preprocessing* dilakukan untuk meningkatkan kualitas citra. Pada penelitian ini, perbaikan dilakukan dengan dua cara, yaitu dengan rata-rata RGB

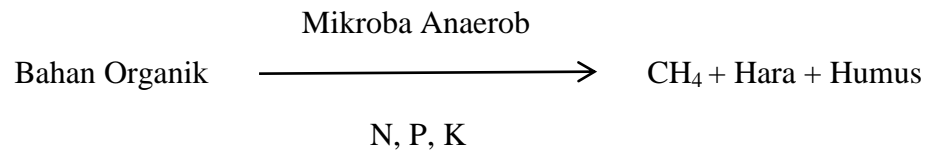
dan pencarian nilai index piksel lalu segmentasi untuk memisahkan objek tomat dengan *background* [9].

Berdasarkan beberapa literatur berupa jurnal yang ditinjau, dapat diketahui bahwa kamera termal banyak digunakan dalam analisis objek dengan tujuan tertentu. Citra yang diambil bukan hanya berupa gambar objek tetapi sebaran suhu sekitar objek yang dapat dianalisis atau diproses kembali untuk diambil suatu keputusan tertentu. Penelitian ini mengembangkan suatu sistem yang dapat memantau homogenitas pengomposan pupuk kompos yang diambil dari beberapa *frame* citra dengan kondisi berbeda kamera termal dengan melihat sebaran suhu panas sebagai indikator dari pupuk kompos yang dibuat.

2.2. Landasan Teori

2.2.1. Dekomposisi Pupuk Kompos

Proses dekomposisi pupuk kompos bertujuan untuk menurunkan rasio C/N bahan organik hingga sama dengan C/N tanah (<20). Waktu yang lama dibutuhkan untuk proses perombakan bahan organik jika semakin tinggi rasio C/N bahan organik yang digunakan. Waktu yang dibutuhkan bermacam-macam dari satu bulan hingga beberapa tahun tergantung bahan dasar. Proses perombakan bahan organik terjadi secara biofisiko-kimia, melibatkan aktivitas biologi mikroba dan mesofauna. Secara alami proses peruraian tersebut bisa dalam keadaan aerob atau anaerob pada penelitian ini menggunakan anaerob (tanpa menggunakan O₂).



Selama proses pengomposan berlangsung terjadi, perubahan secara kualitatif dan kuantitatif. Pada tahap awal, akibat perubahan lingkungan beberapa spesies flora menjadi aktif. Semakin berkembang dalam waktu yang cepat dan kemudian berkurang untuk memberikan kesempatan pada populasi lain untuk menggantikan. Pada minggu kedua dan ketiga, kelompok fisiologi yang berperan aktif pada proses pengomposan dapat diidentifikasi yaitu bakteri sebanyak 10^6 – 10^7 , bakteri amonifikasi (10^4), proteolitik (10^4), pektinolitik (10^3) dan bakteri penambat nitrogen (10^3). Mulai hari ketujuh kelompok mikrobia meningkat dan setelah hari ke-14 terjadi penurunan jumlah kelompok. Kemudian kembali terjadi kenaikan populasi selama minggu keempat [10].

Oleh karena itu, pada penelitian ini rancangan alat yang dibangun akan membantu pemantauan terhadap proses penguraian (dekomposisi) dan kematangan pupuk kompos. Pemantauan dilakukan mulai dari hari pertama hingga hari ke-14 dimana tingkat populasi mikroba sedang mengalami fluktuatif. Berdasarkan citra yang diambil dapat dilihat sebaran suhu ketika mikroba sedang banyak aktif dan ketika mikroba sudah mulai tidak aktif.

2.2.2. Suhu pada Pupuk Kompos

Bersamaan dengan aktivitas biologi oleh mikroba perombak bahan organik, suhu timbunan dari bahan yang mengalami dekomposisi meningkat hingga 65-70°C.

Penjagaan panas sangat penting dalam pembuatan kompos agar proses dekomposisi berjalan merata dan sempurna. Timbunan yang terlalu dangkal akan kehilangan panas dengan cepat, karena bahan tidak cukup untuk menahan panas dan menghindari pelepasannya. Dalam keadaan suhu kurang optimum, bakteri-bakteri yang menyukai panas (yang bekerja di dalam timbunan itu) tidak akan berkembang secara wajar. Akibatnya pembuatan kompos akan berlangsung lebih lama. Sebaliknya timbunan yang terlampau tinggi dapat mengakibatkan bahan memadat karena berat bahan kompos itu sendiri. Hal tersebut akan mengakibatkan suhu terlalu tinggi dan udara di dasar timbunan berkurang. Panas yang terlalu banyak juga akan mengakibatkan terbunuhnya mikroba yang diinginkan [4].

2.2.3. Kelembapan pada Pupuk Kompos

Timbunan kompos harus selalu lembap dengan kandungan lengas 50-60%, agar mikroba tetap beraktivitas. Kelebihan air akan mengakibatkan volume udara menjadi berkurang, sebaliknya bila terlalu kering proses dekomposisi akan berhenti. Semakin basah timbunan tersebut maka kompos harus semakin sering diaduk atau dibalik untuk menjaga dan mencegah pembiakan bakteri anaerobik. Pada kondisi anaerob, penguraian bahan akan menimbulkan bau busuk. Sampah-sampah yang berasal dari tanaman hijau biasanya tidak membutuhkan air sama sekali pada waktu awal, tetapi untuk bahan dari cabang atau ranting kering dan rumput-rumputan memerlukan penambahan air yang cukup [4].

2.2.4. Aktivator EM4

EM4 (*Effective Microorganism*) adalah kumpulan mikroba terpilih yang berbentuk cair dan dikemas dalam botol. EM4 berfungsi untuk meningkatkan proses pengomposan yang aman bagi kesehatan tumbuhan dan tanah. Sementara ketersediaan unsur hara dalam kompos sangat dipengaruhi dengan lamanya waktu yang diperlukan bakteri untuk mendegradasi bahan organik. Pembuatan pupuk organik menggunakan teknologi EM4 pada dasarnya adalah proses pengomposan yang terjadi secara fermentatif (penguraian senyawa karbohidrat tanpa oksigen). Untuk menjaga proses pengomposan ini agar sesuai dengan persyaratan pengomposan (suhu, oksigenasi dan kadar air) maka pengomposan ini dilakukan dalam kondisi tertutup atau ditutup atau dimasukkan ke wadah fermentator.

2.2.5. Computer Vision

Computer Vision adalah suatu bidang yang mempelajari bagaimana komputer atau mesin dapat melihat dan menganalisis seperti layaknya mata dan otak manusia. Bidang dalam *computer vision* mencakup beberapa aspek penelitian yang antara lain bagaimana memperoleh, mengolah, menganalisis, dan memahami data visual (citra atau video) bahkan dalam mengambil keputusan [11].

2.2.6. Thermal Imaging

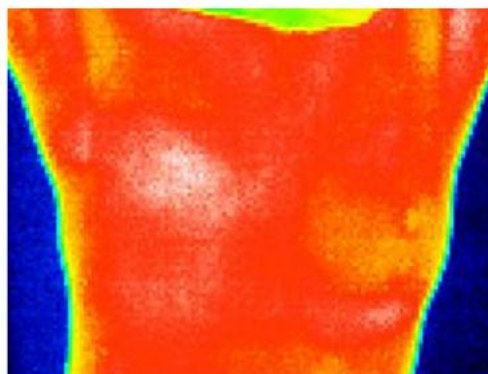
Thermal imaging adalah salah satu metode pendeteksian yang meningkatkan visibilitas objek dalam gelap dengan mendeteksi radiasi inframerah dari benda

dan menciptakan citra. Jenis kamera *Adafruit AMG8833 8x8 Thermal Camera Sensor* yang digunakan.



Gambar 1. Kamera termal Adafruit AMG8833 [10].

Cara kerja kamera termal yaitu semua benda yang memancarkan energi inframerah sebagai fungsi *temperature*. Energi inframerah yang dipancarkan oleh sebuah objek yang dikenal sebagai *heat-imaging*. Semakin panas objek maka radiasi yang dipancarkan akan semakin terang pada dasarnya kamera ini bekerja seperti sensor suhu yang mampu mendeteksi suhu hingga sekecil apapun. Radiasi inframerah dikumpulkan dari objek dan menciptakan sebuah gambar elektronik berdasarkan informasi tentang perbedaan suhu yang direpresentasikan dengan warna pada citra. Kamera *Fluke Ti20 Thermal Imager* yang digunakan dalam pengambilan citra identifikasi kanker payudara seperti berikut.



Gambar 2. Citra termal identifikasi kanker payudara [7].

Gambar 2 menunjukkan bagaimana pola sebaran suhu dari obyek yang akan dianalisis. Warna merah umumnya digunakan dalam mengidentifikasi suhu panas pada obyek.

2.2.7. Citra

Citra merupakan kombinasi dari kumpulan titik, garis, bidang, dan warna untuk menciptakan suatu imitasi dari suatu objek. Citra dapat dilihat jika terdapat pantulan cahaya yang mengenai objek tersebut [12].

2.2.8. Citra RGB

Citra RGB adalah citra yang nilai intensitas pikselnya tersusun oleh tiga kanal warna yaitu *red/R* (8 bit), *green/G* (8 bit), dan *blue/B* (8 bit) dengan komponen pada setiap piksel sebanyak 24 bit. Representasi citra digital menjadi sekumpulan triplet dalam setiap piksel dijadikan standar acuan pada citra grafis dalam komputer [12].

2.2.9. Ruang Warna XYZ

Nilai RGB yang terdapat pada suatu piksel dapat ditransformasikan ke dalam ruang warna CIE XYZ melalui proses transformasi matriks 3x3. Transformasi ini melibatkan nilai-nilai tristimulus, yaitu suatu pengaturan dari tiga komponen cahaya-linear yang memenuhi fungsi pencocokan warna CIE. Pada ruang warna XYZ, beberapa warna direpresentasikan sebagai nilai yang selalu positif.

Perhitungan untuk transformasi dari ruang warna RGB ke XYZ (dengan nilai referensi putih D65), adalah melalui perhitungan matriks transformasi yang ditunjukkan pada persamaan (1) berikut [13]:

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,412453 & 0,357580 & 0,180423 \\ 0,212671 & 0,715160 & 0,072169 \\ 0,019334 & 0,119193 & 0,950227 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \dots\dots\dots (1)$$

Nilai referensi warna putih ditentukan dari standar illuminants [14]. Nilai referensi warna putih untuk standar illuminant D65 adalah seperti ditunjukkan berikut ini.

Illuminant	X0	Y0	Z0
A	1.098700	1.000000	0.355900
C	0.980708	1.000000	1.182163
D50	0.964296	1.000000	0.825105
D65	0.950456	1.000000	1.089058
E	1.000000	1.000000	1.000000

Persamaan (2) berikut adalah algoritma perhitungan data matriks piksel RGB berdasarkan persamaan (1) untuk konversi ke dalam ruang warna XYZ.

$$\begin{aligned} &\text{If } R'_{\text{SRGB}}, G'_{\text{SRGB}}, B'_{\text{SRGB}} \leq 0.03928) \\ &R_{\text{SRGB}} = R'_{\text{SRGB}} / 12.92; \\ &G_{\text{SRGB}} = G'_{\text{SRGB}} / 12.92; \\ &B_{\text{SRGB}} = B'_{\text{SRGB}} / 12.92; \\ &\text{otherwise,} \\ &\text{If } R'_{\text{SRGB}}, G'_{\text{SRGB}}, B'_{\text{SRGB}} > 0.03928) \\ &R_{\text{SRGB}} = [(R'_{\text{SRGB}} + 0.055) / 1.055]^{2.4} \\ &G_{\text{SRGB}} = [(G'_{\text{SRGB}} + 0.055) / 1.055]^{2.4} \\ &B_{\text{SRGB}} = [(B'_{\text{SRGB}} + 0.055) / 1.055]^{2.4} \dots\dots\dots (2) \end{aligned}$$

2.2.10. Ruang Warna L*a*b*

Ruang warna L*a*b* atau yang dikenal dengan CIELAB adalah ruang warna yang paling lengkap yang ditetapkan oleh Komisi Internasional tentang illuminasi warna (*French Commission internationale de l'éclairage*, dikenal sebagai CIE). Ruang warna ini mampu menggambarkan semua warna yang dapat dilihat dengan mata manusia dan seringkali digunakan sebagai referensi ruang warna. Perhitungan konversi ruang warna dari XYZ ke L*a*b* berdasarkan pada persamaan 3) berikut ini [14].

$L^* = 116(Y/Y_n)^{1/3} - 16$	for $Y/Y_n > 0.008856$
$L^* = 903.3 Y/Y_n$	otherwise
$a^* = 500(f(X/X_n) - f(Y/Y_n))$	
$b^* = 200(f(Y/Y_n) - f(Z/Z_n)),$	
where $f(t) = t^{1/3}$	for $t > 0.008856$
$f(t) = 7.787t + 16/166$	otherwise (3)

2.2.11. Segmentasi

Citra digital adalah fungsi intensitas cahaya $f(x,y)$, dengan nilai x dan y merupakan koordinat spasial dan nilai fungsi tersebut pada setiap titik (x,y) merupakan tingkat intensitas citra pada titik tersebut [13]. Citra digital merupakan citra hasil diskritisasi koordinat spasial (*sampling*) dan diskritisasi tingkat derajat keabuan (kuantisasi). Bentuk citra digital adalah suatu matriks dengan indeks baris dan kolomnya menyatakan suatu titik pada citra tersebut beserta elemen matriksnya (piksel) dengan tingkat keabuan tertentu pada titik tersebut.

Segmentasi merupakan proses mempartisi citra menjadi beberapa daerah atau objek. Segmentasi citra pada umumnya berdasar pada sifat *discontinuity* atau *similarity* dari intensitas piksel. Pendekatan *discontinuity* yaitu mempartisi citra bila terdapat perubahan intensitas secara tiba-tiba (*edge based*). Sedangkan pendekatan *similarity* yaitu mempartisi citra menjadi daerah-daerah yang memiliki kesamaan sifat tertentu (*region based*), sebagai contoh; *thresholding*, *region growing*, *region splitting and merging* [7].

2.2.12. Perhitungan Persentase Fitur Warna RGB

Setiap piksel suatu citra yang berwarna mengandung nilai warna RGB masing-masing. Misal terdapat citra berukuran 64x64 piksel yang akan dihitung nilai R (nilai warna merah) pada citra tersebut, maka seluruh 64 buah piksel akan dijumlahkan nilai R nya saja kemudian dalam menghitung persentase nilai R tersebut maka kita perlu menjumlahkan total dari seluruh nilai RGB pada seluruh piksel citra RGB dan nilai didapatkan dari total jumlah nilai R dibagi total nilai RGB lalu dikali 100% [15]. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat dari persamaan di bawah ini.

$$I_{total} = \sum I_r + \sum I_g + I_b$$

$$\text{Persentase R} = \frac{\sum I_r}{I_{total}} \times 100\%$$

$$\text{Persentase G} = \frac{\sum I_g}{I_{total}} \times 100\%$$

$$\text{Persentase B} = \frac{\sum I_b}{I_{total}} \times 100\%$$

Keterangan :

ΣI_r = total value R pada suatu piksel citra RGB

ΣI_g = total value G pada suatu piksel citra RGB

ΣI_b = total value B pada suatu piksel citra RGB

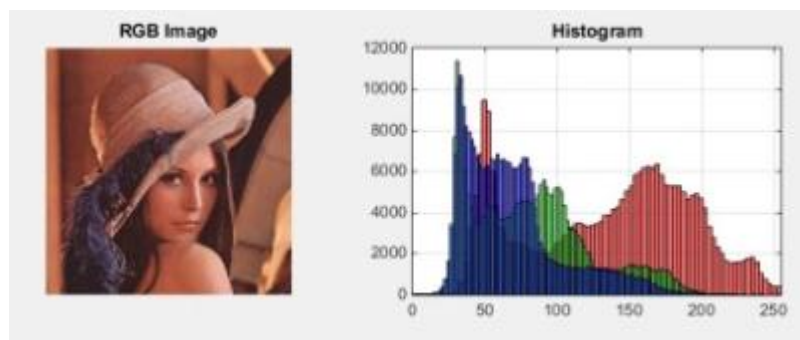
I_{total} = jumlah

2.2.13. *K-Means Clustering*

K-means Clustering adalah metode data *clustering* non hirarki yang bekerja mempartisi data yang ada ke dalam kluster dengan karakteristik yang sama dan data yang mempunyai karakteristik yang berbeda dikelompokkan ke dalam kelompok yang lain. Proses partisi data didasarkan pada jarak terdekat antara data dengan *centroid* masing-masing kluster [12].

2.2.14. Histogram

Histogram adalah Grafik yang berisi ringkasan dari sebaran (dispersi atau variasi) suatu data. Histogram adalah grafik batang yang menampilkan frekuensi data. Penggunaan grafik Histogram telah diaplikasikan secara luas dalam ilmu statistik. Jumlah titik data yang terletak dalam rentang nilai (kelas) menjadi sangat mudah diinterpretasikan dengan menggunakan histogram.



Gambar 3. Citra histogram [10].

Frekuensi data pada masing-masing kelas digambarkan dengan menggunakan sebuah grafik batang atau kolom. Dengan histogram, pola dapat lebih mudah dideteksi dalam suatu tabel sederhana. Grafik pada histogram dibangun berdasarkan satu kelas interval atau titik midpoint pada sumbu horisontal dan berupa frekuensi absolut (misalnya dalam bentuk angka 10, 20, 30 dst), frekuensi relatif atau persentase (10%, 20%, 30% dst) pada sumbu vertikal. Artinya angka pada sumbu vertical menunjukkan banyaknya hasil observasi tiap-tiap kelas. Satu kelas interval adalah jenis kategori; interval kelas dapat mewakili satu nilai dalam distribusi frekuensi atau sekelompok nilai dalam sebuah distribusi frekuensi.

2.2.15. *Embedded System*

Embedded system atau sistem tertanam adalah sistem rangkaian elektronik digital yang merupakan bagian dari sebuah sistem yang lebih besar, yang biasanya bukan berupa sistem elektronik. *Embedded* menunjukkan bahwa dia merupakan bagian yang tidak dapat berdiri sendiri. perpaduan dari perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*) yang dibuat untuk menjalankan suatu fungsi secara khusus atau spesifik [16].

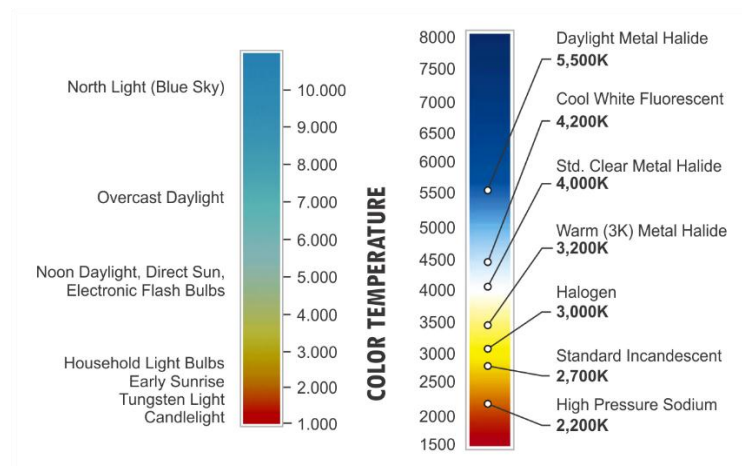
2.2.16. *Raspberry Pi*

Raspberry Pi adalah modul *micro computer* (komputer kecil) yang juga memiliki *input* dan *output digital port* seperti pada *board microcontroller*. *Board microcontroller* ini mempunyai *port* atau koneksi untuk display berupa TV atau *monitor PC* serta koneksi USB untuk *keyboard* serta *mouse* sebagai kelebihannya.

Raspberry Pi dibuat di Inggris oleh *Raspberry Pi Foundation* yang pada awalnya *Raspberry Pi* ditunjukkan untuk modul pembelajaran ilmu komputer disekolah [17].

2.2.17. Suhu Warna

Suhu warna mendeskripsikan besar suhu dari pancaran cahaya tampak sebagai warna dari benda hitam ideal. Warna berbeda akan menghasilkan nilai suhu yang berbeda yang biasanya menggunakan satuan Kelvin (K).



Gambar 4. Suhu warna

Suhu antara 5000K atau lebih tinggi akan berwarna kebiruan biasanya disebut sebagai warna putih dingin (*cold*). Sedangkan 4000K dikenal dengan warna putih netral. Nilai 2700K adalah warna cahaya yang dengan pancaran kemerahan atau lebih hangat (*hot*) [18].

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat

Penelitian dilakukan di Lab Teknik Elektronika, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Lampung. Penelitian mulai dilaksanakan penelitian pada bulan Februari 2019 sampai dengan penyelesaian penelitian pada bulan Juni 2019.

Tabel 1. Renaca Jadwal penelitian

Nama Kegiatan	Februari 2019				Maret 2019				April 2019				Mei 2019				Juni 2019			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Studi Literatur	■	■	■	■																
Perancangan					■	■	■	■	■											
Implementasi Sistem								■	■	■	■									
Pengujian Sistem								■	■	■	■									
Pengambilan Data											■	■	■	■	■					
Analisis Data														■	■	■	■			
Pembuatan Laporan														■	■	■	■			

3.2. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang diperlukan pada penelitian Skripsi ini adalah sebagai berikut

:

3.2.1. Komponen Elektronika

Komponen elektronika yang diperlukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

Tabel 2. Komponen elektronika

No.	Nama	Kuantitas (Unit)	Kegunaan
1.	Sensor Suhu DS18B20	6	<i>Sensor</i> yang mendeteksi intensitas suhu dan kelembapan di dalam kotak penyimpanan.
2.	Raspberry Pi 3b	1	Mikrokontroler yang berfungsi menerima input data seperti citra dari kamera termal.
3.	Kamera Termal (Adafruit AMG8833 8x8 <i>Thermal Camera Sensor</i>)	1	Kamera yang digunakan untuk mengambil citra dengan sebaran suhu panas dari obyek yang akan dianalisis.
4.	Node MCU	1	Mikrokontroler yang berfungsi menerima input data nilai suhu dari sensor DS18B20.

3.2.2. Alat dan Bahan Pembuatan Pupuk

Alat dan bahan yang diperlukan dalam pembuatan pupuk kompos dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

Tabel 3. Alat dan Bahan Pembuatan Pupuk

No.	Nama	Kuantitas	Kegunaan
1.	Daun Kering	± 250 gram	Bahan yang digunakan sebagai bahan organik dari pupuk kompos yang dibuat.
2.	Tanah Sisa Tanaman Mati	± 500 gram	Bahan yang digunakan sebagai campuran bahan organik dari pupuk kompos yang dibuat.
3.	EM4 (<i>Effective Microorganism</i>)	± 1 ml	Bahan yang digunakan untuk membantu meningkatkan proses pengomposan.
4.	Cairan Molase (Larutan Gula)	± 1 ml	Bahan yang digunakan sebagai bahan campuran EM4 agar menjadi larutan <i>starter</i> .
5.	Air Bersih	± 50 ml	Bahan yang digunakan sebagai bahan campuran EM4 agar menjadi larutan <i>starter</i> .
6.	Kotak Sampah	1 unit	Alat yang

			digunakan sebagai tempat penampungan pupuk kompos.
--	--	--	--

3.2.3. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang diperlukan dalam pembuatan alat pemantau pupuk kompos dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

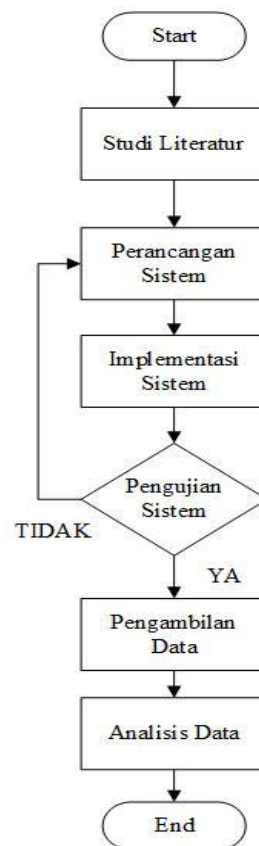
Tabel 4. Alat dan bahan yang digunakan

No.	Nama	Kuantitas (Unit)	Kegunaan
1.	Selotip Kabel	1	Untuk menutup kembali sambungan kabel untuk mencegah terjadi korsleting listrik dan bahaya kejutan listrik.
2.	Kabel Penghubung	(secukupnya)	Menyambungkan sejumlah rangkaian kabel.
3.	Laptop	1	Digunakan untuk melakukan <i>coding</i> dan <i>upload</i> instruksi kedalam <i>microcontroller</i> Rasp Berry Pi 3b.
4.	Kabel MicroUSB	1	Berfungsi sebagai penghubung laptop dan <i>microcontroller</i> Rasp Berry Pi 3b.
5.	Power Bank	1	Berfungsi sebagai sumber power untuk perangkat keras yang digunakan.
6.	LED	1	Digunakan untuk identifikator kamera termal ketika hidup atau mati.
7.	<i>Handphone</i>	1	Alat yang digunakan untuk menampilkan <i>remote desktop</i> dari Raspberry Pi 3b yang telah tersambung dengan kamera termal.
8.	VNC Remote App	1	Aplikasi yang digunakan untuk melakukan <i>mirroring</i> desktop Raspbery Pi melalui perangkat keras <i>handphone</i> .

9.	<i>Thinger.io</i>	1	<i>Platform</i> yang digunakan untuk menerima dan menampilkan nilai suhu dari sensor DS18B20.
----	-------------------	---	---

3.3. Tahapan Penelitian

Tahapan Penelitian yang dilaksanakan adalah sebagai berikut :



Gambar 1. Diagram alir tahapan penelitian

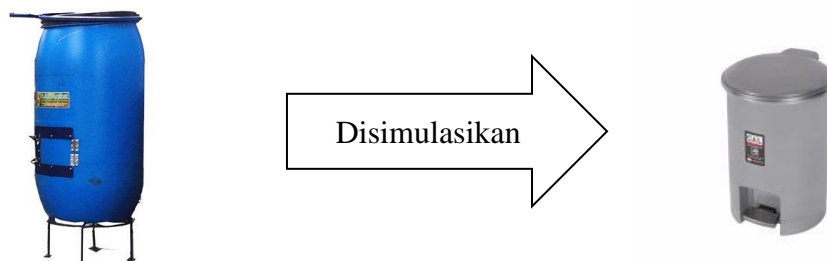
3.3.1. Studi Literatur

Pada tahap ini, hal yang dilakukan adalah mencari referensi dari berbagai sumber seperti buku, jurnal, *internet*, tugas akhir, dan sebagainya. Dilakukan pengkajian terhadap penelitian yang telah ada yang berhubungan dengan penelitian yang akan dikerjakan sebagai bahan acuan dalam penelitian.

3.3.2. Perancangan Sistem

Skenario perancangan *prototype* pada penelitian ini ditujukan untuk para produsen kompos, kelompok tani, atau masyarakat rumahan dengan memodelkan tempat yang biasanya digunakan para produsen pupuk kompos berupa tempat penampungan yang besar seperti drum berbahan plastik. Kotak komposter pada penelitian ini dimodelkan sebuah kotak sampah yang berbentuk silindris yang disebut kotak penampung komposter. Pada kotak komposter beberapa sensor ditanamkan seperti DS18B20 dan kamera termal (Adafruit AMG8833 8x8 *Thermal Camera Sensor*) untuk mengambil citra pupuk kompos. Berdasarkan *datasheet*, sensor DS18B20 memiliki capaian tingkat deteksi temperatur mulai dari -55°C hingga $+125^{\circ}\text{C}$ dengan akurasi $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ pada rentang -10°C hingga $+85^{\circ}\text{C}$ [19]. Sensor ini dapat bekerja dalam lingkungan kendali termostatis, sistem industri, produk rumahan, termometer, atau sistem apapun yang memerlukan pembacaan suhu. Hal ini karena sensor yang dirancang tahan air dan memungkinkan dapat bekerja dengan presisi meskipun terbenam dalam pupuk dalam keadaan drum silindris yang berukuran 20m x 20m x20m [20]. Kamera Adafruit AMG8833 8x8 dapat mengukur suhu mulai dari 0°C hingga 80°C dengan akurasi $\pm 2.5^{\circ}\text{C}$. Dapat mendeteksi manusia dari jarak hingga 7 meter dengan *frame rate* maksimum 10Hz.

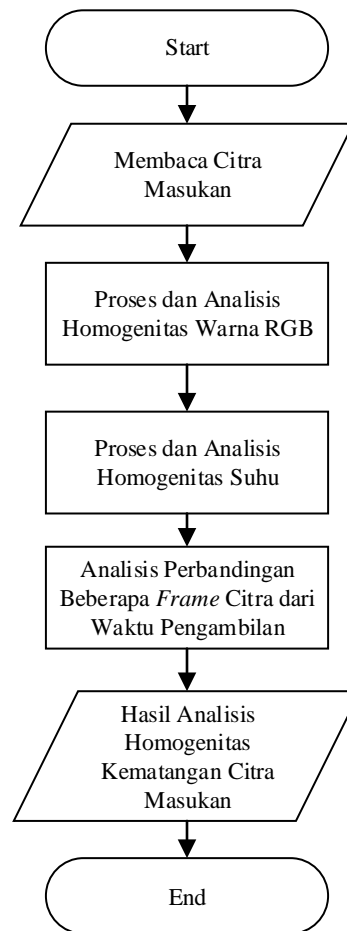
Pemodelan ini dapat diilustrasikan pada gambar berikut :



Gambar 2. Rancangan dimensi sistem

Alur kerja dari sistem pemantauan kematangan pupuk kompos ini secara teknis yaitu, kotak komposter yang mewakili model dari sebuah drum besar akan menggunakan sumber daya *power bank*. Tegangan *powerbank* sebesar 3,7 Volt DC dalam memberi daya yang diterima oleh *board Raspberry Pi 3b* dengan tegangan sebesar 5 Volt DC. Kotak komposter ditanamkan DS18B20 yang berfungsi sebagai indikator pengadukan (secara manual), pengadukan dilakukan ketika suhu tertinggi mencapai 65°C dan kelembapan antara di bawah 50% dan di atas 60% serta pengambilan citra dengan kamera termal yang berfungsi untuk mengambil citra dari sebaran suhu panas pupuk kompos yang akan dipantau homogenitas kematangannya. Beberapa citra diambil dalam berbagai macam keadaan suhu yang berbeda sebelum dan setelah dilakukan pengadukan sesuai indikator suhu dan kelembapan yang ditentukan. Pupuk diaduk untuk memastikan jika suhu dapat tersebar merata pada setiap lapisan tumpukan pupuk yang sedang dalam proses dekomposisi. Perlunya pengadukan pupuk dalam penelitian ini ditinjau dari nilai suhu yang cenderung naik dan turun agar suhu tetap terjaga agar mikroba dapat bekerja secara optimal. Setelah itu citra diolah dengan menggunakan beberapa metode pengolahan citra dan analisis dengan menggunakan pengolahan citra analisis sebaran warna RGB dan histogram beberapa *frame* citra yang berbeda kondisi homogenitas kematangannya dari awal pembuatan pupuk hingga dalam kondisi pupuk yang matang.

Secara sederhana proses-proses tersebut dapat ditunjukkan pada Gambar 7 :

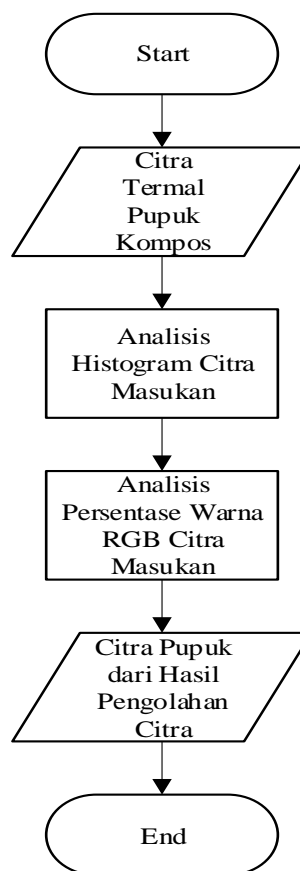


Gambar 3. Proses kerja rancangan sistem

Gambar 7 menunjukkan bagaimana proses kerja dari sistem pemantauan kematangan pupuk berbasis *computer vision*. Perangkat keras yang dipakai pada penelitian ini yaitu, satu buah *sensor* DS18B20 dan satu buah kamera termal yang sama-sama terhubung ke mikrokontroler *Raspberry Pi 3b*. Kamera termal menghasilkan *output* berupa data citra yang akan diproses dan analisis

menggunakan pengolahan citra dalam melihat persentase homogenitas warna RGB dan suhu dalam pemantauan kematangan pupuk kompos. Beberapa *frame* citra yang diambil digunakan dalam perbandingan tingkat homogenitas dengan kondisi berbeda.

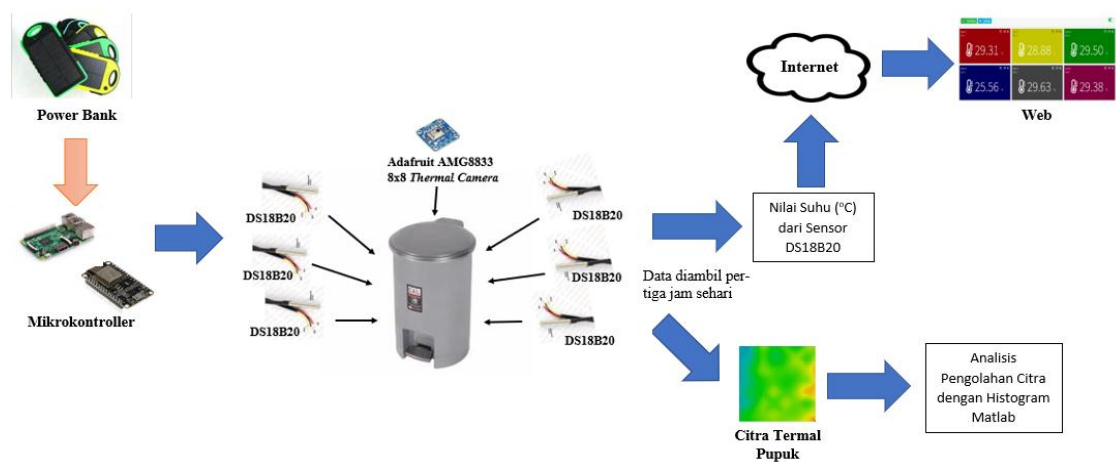
Berikut adalah diagram blok dari seluruh proses pengolahan citra ditunjukkan pada Gambar 8 :



Gambar 4. Diagram alir keseluruhan proses pengolahan citra

Hasil citra dari kamera infra merah yang kemudian dikenal sebagai citra termografi diproses secara komputasi. Hal ini dilakukan untuk memperoleh citra segmentasi objek dalam mencari wilayah area dengan aktivitas mikroba yang

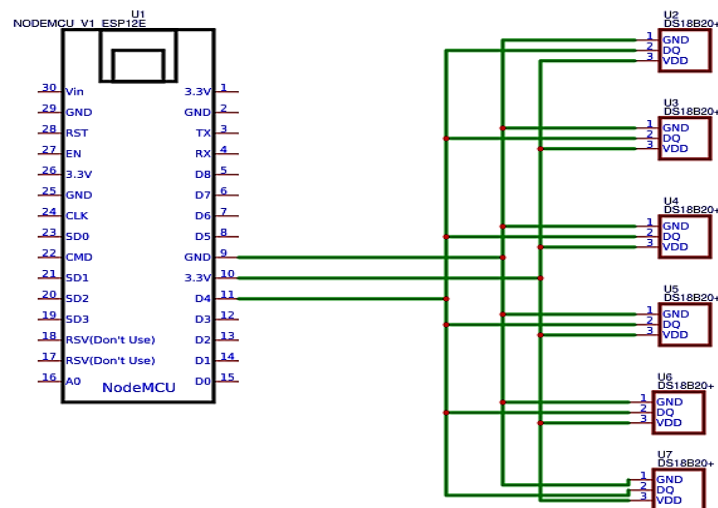
sedang tinggi, yaitu wilayah dengan suhu terpanas dari bagian pupuk kompos. Metode yang digunakan dalam proses ini yaitu analisis histogram citra untuk mengelompokkan nilai warna RGB dari citra masukan. Citra termal masukan dikatakan homogen atau heterogen apabila dilihat dari persentase aras keabuan histogram dari setiap kanal warna R, G, dan B yang dibandingkan per nilai *frame* citra yang dianalisis. Persentase nilai RGB yang merata dari suatu citra termal masukan bisa dikatakan homogen, tetapi jika salah satu warna masih memiliki nilai persentase yang besar dari kedua kanal warna lainnya maka citra termal masukan tersebut dikatakan masih heterogen. Berikut rangkaian sistem yang akan dibuat:



Gambar 5. Rangkaian sistem

Rangkaian sistem pada Gambar 9 menjelaskan bagaimana komponen saling terhubung satu sama lain.

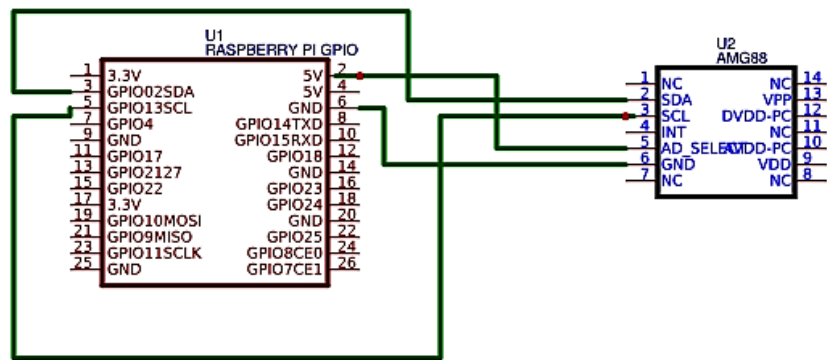
Adapun diagram dari rangkaian sensor suhu adalah sebagai berikut:



Gambar 6. Rangkaian komponen sensor suhu DS18B20 pada NodeMCU

Gambar 10 menunjukkan bahwa rangkaian sensor suhu DS18B20 dihubungkan ke *motherboard NodeMCU* secara paralel dari pin GND, 3,3 Volt (Tegangan), dan D4 (Data).

Sedangkan rangkain pin GPIO pada *Raspberry Pi* dan Kamera Termal AMG8833 merupakan rangkaian dari komponen kamera *thermal* ketika dihubungkan pada *motherboard Raspberry Pi 3b*. Pin GPIO yang menghemat kerumitan saat mengatur sirkuit tambahan yang ditunjukan adalah Gambar 11.



Gambar 7. Rangkaian komponen kamera thermal Adafruit AMG8833 8x8 pada Raspberry Pi 3b

3.3.3. Pengujian

Pada saat sistem sudah selesai dibangun, selanjutnya dilakukan proses pengujian apakah semua komponen *hardware* dan *software* dapat berjalan dengan baik sesuai dengan yang diharapkan. Pengujian pada komponen *hardware* meliputi pengujian dari sensor DS18B20 yang dapat mengidentifikasi nilai suhu pada kotak komposter, kamera termal yang dapat mengambil citra pupuk, *motherboard Raspberry Pi 3b* dan *Node MCU* yang dapat bekerja ketika dihubungkan ke masing-masing sensor.

Pada pengujian *software* berupa nilai sensor DS18B20 yang dapat tampil di *platform Thingier.io* dan citra masukan yang dapat tampil pada layar *monitor* atau *smartphone* melalui *VNC Remote*.

3.3.4. Pengambilan Data

Proses pengambilan data yang dilakukan yaitu, data citra dari pupuk dan nilai suhu dari sensor DS18B20 yang diambil setiap tiga jam sekali dalam kurun waktu sembilan hari pengomposan dengan beberapa kondisi yang sudah ditentukan, lalu mencatatnya ke dalam tabel.

3.3.5. Analisis Data

Melakukan penyajian data setelah proses pengambilan data dilakukan dan melakukan analisis terhadap data citra yang diperoleh untuk mengetahui tingkat homogenitas kematangan pupuk kompos pada saat sistem sudah diimplementasikan dengan melihat sebaran warna RGB dan histogram dari citra terkait.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian ini dihasilkan beberapa kesimpulan yaitu:

- 1) Pemantauan terhadap suhu dan kematangan pupuk pada kotak komposter selama masa dekomposisi pupuk kompos telah berhasil dilaksanakan dan sesuai dengan standar SNI 19-7030-2004 (dalam penelitian ini selama 9 hari).
- 2) Pemantauan dekomposisi pupuk kompos aktivitas mikroba mulai bekerja pada rentang hari pertama hingga kedua ditandai dengan kenaikan suhu udara di dalam kotak komposter dan sebaran warna RGB yang inkonsisten. Persentase warna biru turun hingga di bawah 10% sedangkan warna hijau kemerahan yang menandakan akan menuju panas naik hingga 70% dan warna merah naik hingga 30%.
- 3) Pemantauan suhu udara di dalam kotak komposter perlu diperhatikan terutama pada pukul 06.00 WIB dengan suhu hingga 22°C dan pada pukul 12.00 WIB siang dimana suhu dapat meningkat hingga 30°C.
- 4) Metode analisis histogram dan perhitungan persentase rerata intensitas warna RGB yang digunakan pada citra termal pupuk dapat menunjukkan bahwa, nilai sebaran RGB citra termal pupuk memiliki korelasi dan kesesuaian terhadap nilai suhu dari sensor DS18B20 yang ditinjau dari kesamaan *trend* pada nilai RGB dan nilai rata-rata suhu.

5.2. Saran

Adapun saran pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

- 1) *Hardware* sistem dapat ditambahkan aktuator untuk sistem otomatisasi mekanis yang terhubung ke *board* mikrokontroler, misalnya mesin pencacah daun kering ataupun mesin pengaduk pupuk kompos otomatis.
- 2) Pemantauan dapat dikembangkan dari tampilan *interface* menggunakan *website* maupun *platform mobile device* berbasis Android atau iOS.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. P. Statistika, *Produksi Padi menurut Provinsi 1993-2015*. 2016.
- [2] R. Sutanto, *Pertanian Organik Menuju Pertanian Alternatif dan Berkelanjutan*. Yogyakarta: Kanisius, 2002.
- [3] D. Setyorini and R. Saraswati, "2. kompos," pp. 11–40.
- [4] D. Setyorini and R. Saraswati, "Pupuk Kompos," *Pupuk Organik dan Pupuk Hayati*, pp. 11–40, 2006.
- [5] A. Howard, *An Agricultural Testament*. 1940.
- [6] T. Nurhayati and B. Destyningtias, "Identifikasi kanker payudara dengan thermal," no. 1, pp. 75–79, 2010.
- [7] O. Heriana and A. N. Rahman, "Segmentasi Berbasis Warna pada Citra Termografi Kanker Payudara Menggunakan Ruang Warna $L^* a^* b^*$," no. January 2011, 2016.
- [8] R. R. Berton Ari Putra, Muhammad Adam Fahmil, "Manipulasi Camera Handycam Sebagai Citra Termal Camera Untuk Deteksi Dini Kanker Payudara Dengan Metode Image Processing Menggunakan Matlab," 2015.
- [9] M. A. Bustomi and Z. Dzulfikar, "Analisis Distribusi Intensitas RGB Citra Digital untuk Klasifikasi Kualitas Biji Jagung menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan," pp. 127–132, 2014.
- [10] R. Susanto, *Pertanian Organik*. Yogyakarta: Kanisius, 2002.

- [11] S. Richard, *Computer Vision Algorithms and Applications*. New York: Springer, 2011.
- [12] S. Madenda, *Pengolahan Citra dan Video Digital*. Jakarta: Erlangga, 2015.
- [13] "Digital_image_processing_by_Rafael_C._Go.pdf." .
- [14] R. Gonzalez and R. Woods, *Digital Image Processing- Introduction*. 2008.
- [15] T. Yulianti, A. Yudamson, and H. Dian, "Meat Quality Classification Based on Color Intensity Measurement Method," pp. 248–252, 2016.
- [16] A. S. Tanenbaum, *Modern Operating System*, Third. Upper Saddle River: Pearson, 2009.
- [17] A. Dinata, *Physical Computing dengan Raspberry Pi*. Jakarta: Elex Media Komputindo, 2017.
- [18] "Suhu Warna," 2018. [Online]. Available: https://id.wikipedia.org/wiki/Suhu_warna.
- [19] Dallas Semiconductor, "Programmable Resolution 1-Wire® Digital Thermometer," *Appl. Note*, pp. 1–27, 2002.
- [20] V. D. K and M. Syaryadhi, "Monitoring Suhu dan Kelembaban Menggunakan Mikrokontroler ATmega328 pada Proses Dekomposisi Pupuk Kompos," *J. Online Tek. Elektro*, vol. 2, no. 3, pp. 91–98, 2017.