

**ANALISIS KEMATANGAN KOPI SANGRAI
MENGUNAKAN PEMROSESAN CITRA TERMOGRAFI
DALAM RANGKA PENGONTROLAN MUTU KOPI SANGRAI
SECARA OTOMATIS**

(Skripsi)

Oleh

MASAGUS IMRAN MAULANA



**JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2016**

ABSTRAK

ANALISIS KEMATANGAN KOPI SANGRAI MENGGUNAKAN PEMROSESAN CITRA TERMOGRAFI DALAM RANGKA PENGONTROLAN MUTU KOPI SANGRAI SECARA OTOMATIS

Oleh

Masagus Imran Maulana

Kopi merupakan salah satu jenis tanaman perkebunan yang sudah lama dibudidayakan di provinsi Lampung, karena memiliki nilai ekonomis yang cukup tinggi serta memiliki peranan penting bagi pertumbuhan perekonomian. Dalam pengolahan kopi bubuk pada olahan kopi secara industri masih lebih baik daripada petani. Kunci dari pengolahan kopi bubuk adalah penyangraian. Salah satu kendala yang menyebabkan rendahnya mutu biji kopi hasil olahan petani salah satunya disebabkan oleh penggunaan wajan sebagai media penyangraian dinilai kurang efektif dikarenakan panas wajan yang tidak merata dan tidak adanya pengontrolan suhu dalam penyangraian manual akibatnya terjadi panas berlebih yang menyebabkan distribusi panas pada biji kopi tidak merata dan biji kopi lebih cepat menghitam. Salah satu metode yang sering dan banyak diterapkan dalam pemantauan suhu dan distribusi panas suatu objek adalah termografi. Karena metoda termografi adalah metoda pengukuran suhu non-kontak maka metode tersebut juga dapat diaplikasikan sebagai sistem pemantauan proses sangrai biji dengan melihat panas yang dipancarkan pada biji kopi saat dilakukan penyangraian. Dari hasil penelitian yang telah dibuat menunjukkan bahwa, Pola distribusi suhu pada penyangraian kopi robusta telah berhasil ditunjukkan dengan menggunakan termografi pada *Cheap Thermocam V4*. Hasil pola distribusi suhu ini dianalisis menggunakan aplikasi *Thermovision* dan *Image J* untuk menentukan indikator tingkat kematangan penyangraian kopi *medium roast*. Penyangraian kopi *medium roast* biasanya disangrai pada suhu antara 200-220°C. *Thermovision* dapat mengindikasikan kopi yang sudah matang 200-220°C yaitu apabila batang histogram berjumlah diantara 123-126 buah. Sedangkan *Image J* mengindikasikan tingkat kematangan *medium roast* berdasarkan persentase area warna merah dan merah muda. Penyangraian kopi dapat dikatakan matang apabila jumlah persentase warnanya yaitu 48% - 60%. Kedua indikasi tersebut menunjukkan kolerasi bahwa semakin meningkat suhu penyangraian kopi robusta maka semakin meningkat pula indikasi yang terjadi.

Kata kunci: Kopi, Penyangraian, Termografi

ABSTRACT

THE ANALYSIS OF RIPENESS ROASTED COFFEE BY USING THERMOGRAPH ROASTED IMAGE IN ORDER TO CONTROL THE QUALITY OF ROASTED COFFEE IN AUTOMATIC WAY

By

Masagus Imran Maulana

Coffee is one of plantations that has been long cultivated in Lampung province because it is economically and highly valued and has important role for the economic growth. In processing the ground coffee, it is better to do industrially than conventionally (farmers do). The key of coffee powder processing is when roasting it. One of the obstacles which results the low quality of farmer's processed coffee bean is due by the use of a pan as a roasting tool. It is considerably less effective because of hot uneven skillet and the absence of controlling temperature in roasting it manually, as a consequence there is heat excess that causes uneven heat distribution on coffee bean and makes a faster murkiness on it. One of methods that mostly applied in monitoring the temperature and distributing the heat is thermograph. Because it is the method of non-contact temperature measurement, that method can be applied as a controlling system of roasted bean process by looking at the emitted heat when roasting it. Based on the research that has been recently done, it shows that the system of temperature distribution in roasting robusta coffee has successfully been shown by using thermograph on Cheap Thermocam V4. The result of this system is analyzed by using Thermovision and Image J application to determine the indicator of the ripeness level in roasting medium roasted coffee. Roasting medium roasted coffee usually needs temperature between 200-220°C. Thermovision can indicate the ripen coffee 200-220°C when the amount of histogram shaft is between 123-126 pieces. While Image J indicates the level of ripeness of medium roasted coffee based on the percentage of red and pink color area. We can say that the coffee is well done when the percentage of color is between 48%-60%. Both of those indications show a correlation that the higher the temperature is the higher indication occurs in roasting robusta coffee.

Keyword: coffee, roasting, thermograph

**ANALISIS KEMATANGAN KOPI SANGRAI MENGGUNAKAN
PEMROSESAN CITRA TERMOGRAFI DALAM RANGKA
PENGONTROLAN MUTU KOPI SANGRAI SECARA
OTOMATIS**

Oleh:
Masagus Imran Maulana

Skripsi

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

**Pada
Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2016**

Judul Skripsi : **ANALISIS KEMATANGAN KOPI SANGRAI MENGGUNAKAN PEMROSESAN CITRA TERMOGRAFI DALAM RANGKA PENGONTROLAN MUTU KOPI SANGRAI SECARA OTOMATIS**

Nama Mahasiswa : **Masagus Imran Maulana**

Nomor Pokok Mahasiswa : **1015021044**

Program Studi : **Teknik Mesin**

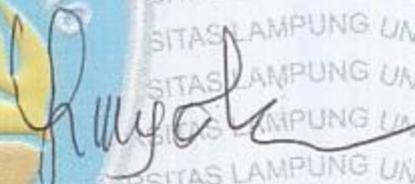
Fakultas : **Teknik**

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

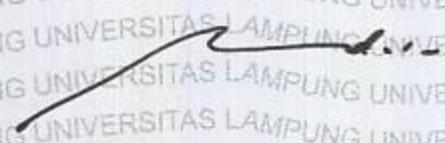

Dr. Ir. Yanuar Burhanuddin, M.T.

NIP 19640506 200003 1 001


Dr. Eng. Suryadiwansa Harun, S.T., M.T.

NIP 19700501 200003 1 001

2. Ketua Jurusan Teknik Mesin


Ahmad Su'udi, S.T., M.T.

NIP 19740816 200012 1 001

MENGESAHKAN

1. **Tim Penguji**

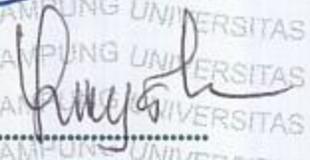
Ketua

: Dr. Ir. Yanuar Burhanuddin, M.T.



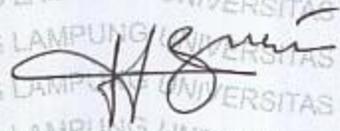
Anggota Penguji

: Dr. Eng. Suryadiwansa Harun, S.T., M.T.



Penguji Utama

: Dr. Gusri Akhyar Ibrahim, S.T., M.T.



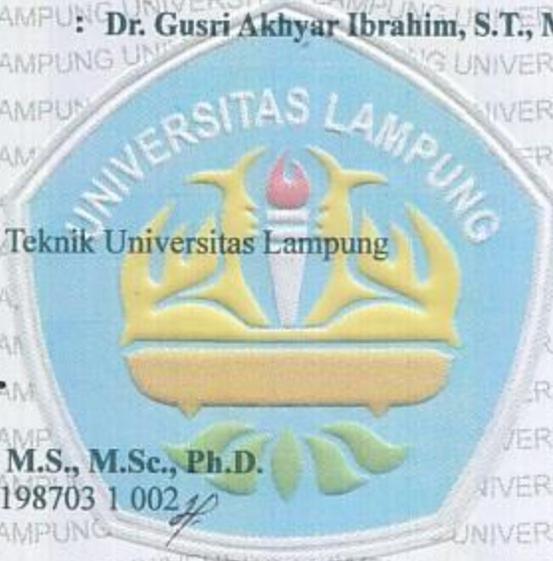
2. **Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung**



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

NIP. 19620717 198703 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 14 April 2016



PERNYATAAN PENULIS

Skripsi ini dibuat sendiri oleh penulis dan bukan plagiat sebagaimana diatur dalam pasal 27 peraturan akademik Universitas Lampung dengan surat keputusan Rektor No. 3187/H26/DT/2010.



Masagus Imran Maulana
NPM. 10105021044

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Bandar Lampung pada tanggal 11 Januari 1993 sebagai anak kedua dari pasangan Bapak M. Yunus dan Ibu Zainara Dwiyanti. Pendidikan penulis diawali dari Taman Kanak-Kanak Kartika kec. Tanjung Karang Pusat, Bandar Lampung pada tahun 1997, kemudian melanjutkan di Sekolah Dasar Kartika II-5, Bandar Lampung pada tahun 1998 dan diselesaikan pada tahun 2004. Pada tahun 2004 melanjutkan di Sekolah Menengah Pertama Kartika II-2, Bandar Lampung yang diselesaikan pada tahun 2007. Kemudian pada tahun 2007 melanjutkan di Sekolah Menengah Atas Al-kautsar, Bandar Lampung diselesaikan pada tahun 2010. Pada tahun 2010 penulis diterima sebagai mahasiswa Program Studi S1 Teknik Mesin di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Lampung melalui jalur SNMPTN.

Selama di bangku kuliah, penulis aktif dalam beberapa Lembaga Kemahasiswaan. Aktif dalam Himpunan Mahasiswa Teknik Mesin (HIMATEM) Universitas Lampung sebagai anggota Divisi Pendidikan dan Pelatihan pada periode 2012-2013. Selain itu, penulis juga pernah menjadi anggota UKM-U English Society

koordinator divisi scrabble pada periode 2012 - 2013. Penulis pernah menjadi asisten dosen Praktikum Teknik Pendingin dan Mekanika. Penulis melakukan Kerja Praktik di PT. PLN (Persero) Tbk. pemeliharaan *boiler* Pembangkit Listrik Tenaga Uap Sektor Tarahan pada tanggal 2 September sampai 2 Oktober 2013. Penulis mengambil konsentrasi pilihan pada bidang Produksi. Pada tahun 2015, penulis melakukan penelitian dengan judul “Analisis Kematangan Kopi Sangrai Menggunakan Pemrosesan Citra Termografi Dalam Rangka Pengontrolan Mutu Kopi Sangrai Secara Otomatis”, dengan bantuan dosen pembimbing utama yaitu bapak Dr. Ir. Yanuar Burhanuddin, M.T. dan dosen pembimbing kedua yaitu bapak Dr. Eng. Suryadiwansa Harun, S.T., M.T. serta bapak Dr. Gusri Akhyar Ibrahim, S.T., M.T. sebagai dosen penguji.

*Dengan kerendahan hati
dan
harapan menggapai ridho-Nya
kupersembahkan karya kecilku ini untuk*

Ayahanda dan Ibunda
*Atas segala pengorbanan yang tak terbalaskan, kesabaran, keikhlasan,
doa, cinta dan kasih sayangnya*

Kakak dan Adik-Adikku
Sumber inspirasi dan kebanggaan

Keluarga Besar Penulis

***Teman-teman Seperjuangan Penulis
Mesin 2010***

Almamater tercinta

Motto

Jangan pernah berhenti berjuang demi orang yang yang disayangi

(Masagus Imran Maulana)

Berjuang dan berusaha serta berdoa kepada yang Maha Kuasa karena hanya Allah swt. Yang dapat membolak-balikan hati

(Zainara Dwiyanti)

“Fokus dan kamu pasti bisa mengatasi masalah sebagai calon engineer!”

(Dr. Ir. Yanuar Burhanuddin, M.T.)

SANWACANA

Alhamdulillah *ahirabbil'aalamiin*, puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat, dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung. Shalawat serta salam juga disampaikan kepada Nabi Muhammad SAW yang akan kita tunggu *syafa'atnya* di *yaumul akhir* nanti.

Skripsi dengan judul “Analisis Kematangan Kopi Sangrai Menggunakan Pemrosesan Citra Termografi Dalam Rangka Pengontrolan Mutu Kopi Sangrai Secara Otomatis”, ini dapat diselesaikan berkat partisipasi, bantuan, dukungan dan doa dari berbagai pihak. Sebagai rasa syukur, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Hasriadi Mat Akin, M. P., selaku Rektor Universitas Lampung.
2. Prof. Dr. Suharno, M.Sc., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
3. Ahmad Su'udi, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung.
4. Bapak Dr. Ir. Yanuar Burhanuddin, M.T. selaku Pembimbing Utama yang telah memberikan bimbingan, pengetahuan, saran, serta nasehat selama proses penyelesaian skripsi ini.

5. Bapak Dr. Eng. Suryadiwansa Harun, S.T., M.T. selaku Pembimbing Pendamping atas kesediaannya untuk memberikan bimbingan, masukan, dan saran dalam proses penyelesaian skripsi ini.
6. Bapak Dr. Gusri Akhyar Ibrahim, S.T., M.T. selaku dosen Pembahas yang telah menyempatkan waktunya dan memberikan masukan sebagai penyempurnaan penulisan skripsi ini.
7. Bapak Harmen, S.T., M.T. selaku Pembimbing Akademik yang telah memberikan banyak masukan dan motivasi dalam kegiatan akademik.
8. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Mesin atas ilmu yang diberikan selama penulis melaksanakan studi, baik materi akademik maupun teladan dan motivasi untuk masa yang akan datang.
9. Kedua Orang tua Tercinta Ir. M. Yunus, M.T.A. dan Zainara Dwiyanti, S.E. yang selalu memberikan doa, kasih sayang, motivasi, dukungan dan pengorbanannya selama penulis menjalani pendidikan di Universitas Lampung.
10. Kakakku Masayu Nila Juwita, S.I.P., adikku Masayu Nirmala Sukma serta keluarga besar dan saudara-saudara penulis yang senantiasa memberikan motivasi dan doa.
11. Dede Jihan Rasika, S.Pd. yang telah memberikan doa, motivasi, perhatian, waktu, cinta, dan kasih sayang selama penulis menyelesaikan pendidikan.
12. Rekan-rekan Teknik Mesin angkatan 2010: Bowo, Bondan, Baron, Doni, Dwi, Galih Koritawa, Galih pamungkas, Salpa, Mario, Agung Ap, Rendy, Ilham, Irfan, Ramli, Yulian, Yoga, Yayang, Wahyu, Nyoman, Fiskan, teman-teman D3, dan rekan-rekan lainnya Teknik Mesin 2010 yang tidak bisa

disebut namanya satu persatu atas partisipasinya dalam kelancaran skripsi ini.

Semoga kebersamaan ini tetap terjaga hingga akhir hayat, Solidarity Forever.

13. Mas Marta, Mas Dadang dan Mas Nanang yang telah membantu baik dalam proses pengambilan data maupun seminar.
14. Rekan – rekan satu tim TA dan konsentrasi: Dimas (angkatan 2011), Feby (angkatan 2012), dan Rifa'i (angkatan 2012).
15. Keluarga Besar Himpunan Mahasiswa Teknik Mesin Universitas Lampung.
16. Keluarga Besar UKM-U ESO Universitas Lampung.
17. Semua pihak yang tidak mungkin penulis sebutkan namanya satu persatu, yang telah ikut serta membantu dalam penyelesaian skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih banyak kekurangan. Oleh sebab itu, penulis mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun dari semua pihak. Penulis berharap skripsi ini bermanfaat bagi semua yang membaca dan bagi penulis sendiri.

Bandar Lampung, 20 Mei 2016

Penulis,

Masagus Imran Maulana
NPM. 1015021044

DAFTAR ISI

SANWACANA	i
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	x
I. PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang.....	1
B. Tujuan.....	4
C. Batasan Masalah	4
D. Sistem Penulisan.....	5
II. TINJAUAN PUSTAKA	
A. Kopi Canephora (Robusta).....	6
B. Proses Pengolahan Biji Kopi	6
1. Pengolahan Cara Kering.....	7
2. Pengolahan Cara Basah	8
3. Pengolahan Biji Kopi Menjadi Kopi Bubuk	10
C. Termografi	15
1. Unit Kamera Berbasis Termografi	18
2. Termovision Sebagai Salah Satu Proses Pengolahan Citra Suhu.....	20
3. Image J Sebagai Pengolah Gambar	22

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian.....	23
B. Diagram Alir Penelitian.....	24
C. Alat dan Bahan Penelitian	25
D. Prosedur Penelitian	31
1. Perancangan dan pembuatan aplikasi <i>thermovision</i>	31
2. Menghitung luas area atau intensitas warna pada <i>Image</i> termografi kopi sangrai dengan menggunakan aplikasi <i>IMAGE J</i>	35
3. <i>Set-up</i> peralatan eksperimen / penelitian	38

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil.....	41
B. Pembahasan	42
1. Grafik Perbandingan Suhu Masing-Masing Parameter	43
2. Distribusi Suhu Pada Penyangraian Kopi Robusta.....	44
3. Distribusi Suhu Pada Kopi Robusta Terhadap Interval Waktu.....	45
4. Histogram sebagai penunjuk informasi citra	46
5. Image J sebagai penghitung rata-rata RGB pada kopi sangrai.....	52
6. Hubungan Histogram dan Image J	54

V.SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan	57
B. Saran.....	58

DAFTAR PUSTAKA**LAMPIRAN**

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Buah kopi <i>robusta</i>	6
2. Alur proses pengolahan kopi secara kering (<i>dry process</i>)	8
3. Alur proses pengolahan kopi secara basah (<i>wet process</i>)	9
4. Alur proses pengolahan kopi menjadi kopi bubuk.....	10
5. Tingkat <i>Light Roast</i>	11
6. Tingkat <i>Medium Roast</i>	12
7. Tingkat <i>Medium-Dark Roast</i>	12
8. Tingkat <i>Dark Roast</i>	12
9. Inframerah termografi adalah kunci dari menemukan sumber panas pada bantalan motor	17
10. Panjang Gelombang Radiasi Elektromagnetik	19
11. Aplikasi <i>Thermovision</i> Pada Proses Pemesinan.....	21
12. Diagram alir penelitian.....	24
13. Kopi Robusta.....	25
14. Alat Penggoreng Kopi.....	26
15. Kamera inframerah.....	26
16. <i>Thermometer Digital</i>	28
17. Aplikasi pengolahan <i>Image thermovision</i>	29
18. Aplikasi pengolahan gambar <i>Image J</i>	30

19.	Command Windows MATLAB	31
20.	Start Guide MATLAB.....	32
21.	GUIDE quick Start	32
22.	Blank GUI (Default)	33
23.	Hasil rancangan dengan <i>GUI</i>	33
24.	Fungsi code (coding).....	34
25.	Tampilan aplikasi <i>thermovision</i> setelah dijalankan	34
26.	Aplikasi <i>thermovision</i> yang telah mengolah citra kopi sangrai .	35
27.	Tampilan <i>toolbar open</i>	36
28.	Tampilan <i>Menu Threshold</i>	36
29.	Tampilan pixel warna merah yang ditandai warna putih	37
30.	Hasil jumlah pixel yang telah dianalisa	37
31.	<i>Set-up</i> alat.....	38
32.	Rangkaian alat penyangraian	39
33.	Rangkaian <i>Conveyor</i> dan <i>Thermocam</i>	40
34.	Grafik hasil penyangraian kopi robusta	43
35.	Distribusi suhu pada penyangraian kopi robusta	44
36.	Distribusi suhu penyangraian kopi robusta pada suhu (220°C) 1. Kondisi saat interval 0 menit, 2. Kondisi saat interval 2 menit, 3. Kondisi saat interval 8 menit, 4. Kondisi saat interval 12 menit.	45
37.	Termografi pada penyangraian kopi 160°C	46
38.	Histogram pada penyangraian kopi 160°C	47
39.	Termografi pada penyangraian kopi 180°C	48

40.	Histogram pada penyangraian kopi 180°C	48
41.	Termografi pada penyangraian kopi 200°C	49
42.	Histogram pada penyangraian kopi 200°C	49
43.	Termografi pada penyangraian kopi 220°C	50
44.	Histogram pada penyangraian kopi 220°C.	51
45.	Hasil kopi sangrai robusta pada suhu 200°C dan 220°C	56

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Tingkat kualitas kopi sangrai	13
2. Bahan transmisi inframerah	18
3. Jadwal penelitian.....	23
4. Spesifikasi kamera inframerah.....	27
5. Data hasil suhu kopi robusta pada wajan dengan kamera thermal	42
6. Data hasil perhitungan pixel atau persentase area warna pada hasil penyangraian kopi robusta	52
7. Hasil perbandingan antara <i>Histogram</i> dan <i>Image J</i>	55

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Provinsi Lampung merupakan salah satu daerah sentra penghasil kopi di Indonesia dengan jumlah produksi yang tinggi. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2012, total produksi buah kopi di Provinsi Lampung sebesar 142.968 ton dari luas areal mencapai 161.242 Ha (BPS, 2012). Total produksi buah kopi tersebut merupakan kopi mentah yang perlu melalui beberapa tahapan proses pengolahan hingga kopi memiliki kualitas dan mutu kematangan kopi sesuai permintaan pasar. Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia (2012) membagi proses pengolahan buah kopi yang dilakukan oleh industri maupun petani dibagi menjadi dua tahapan utama yaitu proses pengolahan produk primer dan produk sekunder kopi. Proses pengolahan produk primer kopi dimulai dari pengupasan kulit buah sampai pengemasan biji kopi kering. Sedangkan pengolahan produk sekunder kopi terdiri dari penyangraian biji kopi kering, pembubukan kopi sangrai dan pengemasan kopi bubuk. Kopi bubuk dapat diturunkan lagi menjadi berbagai produk seperti kopi instan, kopi instan bebas kafein, kopi putih, kopi ginseng dan kopi jahe.

Pada umumnya proses pengolahan kopi yang dilakukan petani masih menggunakan peralatan manual serta cara tradisional. Sedangkan pada skala industri tahapan proses pengolahan buah kopi dilakukan dengan peralatan serta teknologi produksi yang otomatis, sehingga kuantitas serta kualitas kopi hasil olahan dapat lebih baik. Oleh karena itu, tidak semua hasil olahan kopi petani memiliki kualitas sebaik kopi olahan industri.

Salah satu kendala yang menyebabkan rendahnya mutu kopi bubuk hasil olahan petani adalah salah satunya disebabkan oleh proses penyangraian biji kopi yang masih menggunakan peralatan manual seperti wajan yang terbuat dari tanah (kuali) ataupun logam. Penggunaan wajan sebagai media penyangraian dinilai kurang efektif dikarenakan panas wajan yang tidak merata menyebabkan tingkat kematangan serta keseragaman warna kopi sangrai sulit didapat apabila biji kopi tidak terus menerus diaduk saat proses berlangsung. Selain itu, tidak adanya pengontrolan suhu dalam penyangraian manual akibatnya terjadi panas berlebih yang menyebabkan distribusi panas pada biji kopi tidak merata dan biji kopi lebih cepat menghitam. Dari dasar inilah perlu adanya suatu alat pemantauan suhu dan distribusi panas untuk menilai kematangan kopi sangrai yang sudah dilengkapi dengan sistem kontrol, agar menghasilkan proses penyangraian kopi yang lebih berkualitas.

Menurut National Coffee Association (1911) kualitas kopi sangrai yang baik dapat diklasifikasikan menjadi kategori jenis *light roast*, *medium roast* dan *dark roast*. Ketiga klasifikasi tersebut sangat bergantung oleh temperatur biji kopi saat proses penyangraian berlangsung. Biji kopi dengan kualitas *light roast* dihasilkan dari penyangraian biji kopi dengan temperatur mencapai

180-195°C. Biji kopi dengan kualitas *medium roast* dihasilkan dari penyangraian biji kopi dengan temperatur mencapai 200-210°C. Sedangkan biji kopi berwarna gelap (*dark roast*) dihasilkan dari penyangraian dengan temperatur yang lebih tinggi yaitu 220-250°C.

Salah satu metode yang sering dan banyak diterapkan dalam pemantauan suhu dan distribusi panas suatu objek adalah termografi. Termografi merupakan metode pengukuran suhu permukaan objek secara non-kontak menggunakan sensor inframerah. Metoda termografi mendeteksi radiasi inframerah yang dipancarkan oleh suatu benda dan memprosesnya menjadi sebuah citra termal. Selain suhu pada tempat tertentu, metoda ini juga dapat memberikan informasi distribusi suhu permukaan. Karena metoda ini dilakukan secara non-kontak maka metoda ini tidak mengganggu proses yang sedang dipantau (Satmoko, 2008). Alat untuk menangkap dan memproses citra termografi adalah kamera termal inframerah.

Karena metoda termografi adalah metoda pengukuran suhu non-kontak maka metode tersebut juga dapat diaplikasikan sebagai sistem pemantauan proses sangrai biji dengan melihat panas yang dipancarkan pada biji kopi saat dilakukan penyangraian. Karena pola distribusi suhu yang sesuai dengan standar kategori kualitas biji kopi dapat menentukan kematangan biji kopi tersebut.

Karena hal tersebut, penulis melakukan penelitian mengenai mutu biji kopi sangrai dengan parameter suhu dan waktu yang digunakan pada proses penyangraian untuk mengetahui tingkat kematangan sesuai standar mutu kopi dengan proses citra termografi. Dengan adanya pemantauan tersebut maka

petani dapat lebih mudah memantau temperatur kopi sangrai sehingga terjaga pada temperatur biji kopi untuk kategori *medium roast*. Dari hasil citra termografi tersebut, maka akan dilakukan analisis kematangan kopi sangrai. Kopi sangrai yang matang dapat dikategorikan sebagai kopi yang bermutu baik dengan menganalisis intensitas warna dan area warna untuk mengetahui kematangan, sehingga penulis mengambil judul tugas akhir: **“ANALISIS KEMATANGAN KOPI SANGRAI MENGGUNAKAN PEMROSESAN CITRA TERMOGRAFI DALAM RANGKA PENGONTROLAN MUTU KOPI SANGRAI SECARA OTOMATIS”**. Hasil penelitian tugas akhir ini akan digunakan dalam pengembangan sistem pengendalian mutu kopi sangrai secara otomatis.

B. Tujuan

Adapun tujuan dilakukannya penelitian ini adalah

1. Mengetahui pola distribusi suhu pada kopi yang telah disangrai.
2. Memperoleh kategori kopi sangrai yang baik dengan tingkat kematangan *medium roast*.

C. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada tugas akhir ini sebagai berikut:

1. Pengujian dilakukan dengan menggunakan kopi robusta.
2. Penyangraian dilakukan secara manual.
3. Pemindahan kopi dari tempat penyangraian ke *conveyor* secara manual.

D. Sistematika Penulisan

Penulisan tugas akhir ini disusun menjadi lima bab. Adapun sistematika penulisannya adalah sebagai berikut:

BAB I: PENDAHULUAN

Terdiri dari latar belakang, tujuan, batasan masalah, dan sistematika penulisan dari penelitian ini.

BAB II: TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan pustaka berisikan tentang teori yang berhubungan dan mendukung masalah yang diambil.

BAB III: METODOLOGI PENELITIAN

Terdiri atas hal-hal yang berhubungan dengan pelaksanaan penelitian, yaitu tempat penelitian, bahan penelitian, peralatan penelitian, prosedur pembuatan dan diagram alir pelaksanaan penelitian.

BAB IV: HASIL DAN PEMBAHASAN

Berisikan hasil penelitian dan pembahasan dari data-data yang diperoleh setelah pengujian.

BAB V: SIMPULAN DAN SARAN

Berisikan hal-hal yang dapat disimpulkan dan saran-saran yang ingin disampaikan dari penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Memuat referensi yang dipergunakan penulis untuk menyelesaikan laporan Tugas Akhir.

LAMPIRAN

Berisikan pelengkap laporan penelitian.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Kopi *Canephora* (Robusta)

Kopi *Canephora* juga disebut kopi Robusta. Nama Robusta dipergunakan untuk tujuan perdagangan, sedangkan *Canephora* adalah nama botanis. Jenis kopi ini berasal dari Afrika, dari pantai barat sampai Uganda. Kopi robusta memiliki kelebihan dari segi produksi yang lebih tinggi dibandingkan jenis kopi Arabika dan Liberika (Aak, 1980).



Gambar 1. Buah kopi *robusta*

B. Proses Pengolahan Biji Kopi

Rahardjo (2012) menyatakan bahwa, kopi yang sudah dipetik harus segera diolah lebih lanjut dan tidak boleh dibiarkan begitu saja selama lebih dari 12–20 jam. Bila kopi tidak segera diolah dalam jangka waktu tersebut maka kopi

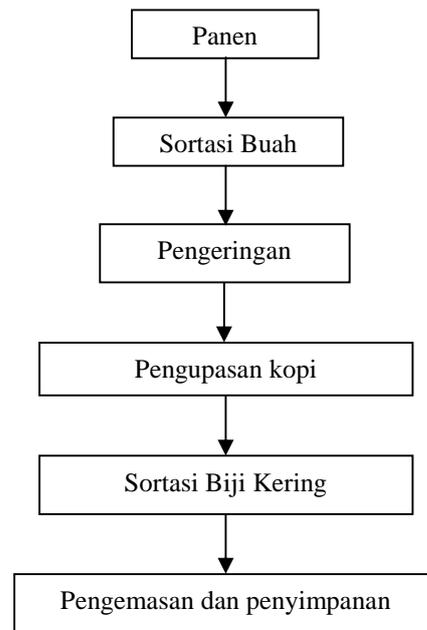
akan mengalami fermentasi dan proses kimia lainnya yang bisa menurunkan mutu dari kopi tersebut. Apabila terpaksa belum diolah, maka kopi harus direndam terlebih dahulu dalam air bersih yang mengalir. Menurut Ciptadi dan Nasution (1985), proses pengolahan kopi dibagi menjadi dua yaitu proses olah kering (*dry process*) dan proses olah basah (*wet process*).

1. Pengolahan Cara Kering

Menurut Ciptadi dan Nasution (1985), metode pengolahan cara kering cocok untuk pengolahan ditingkat petani dengan lahan yang tidak luas atau kapasitas olahan yang kecil. Untuk perkebunan besar pengolahan kopi cara kering hanya khusus untuk kopi buah yang berwarna hijau, kopi yang mengambang, dan kopi yang terserang bubuk. Perbedaan mengenai cara pengolahan yang dilakukan oleh petani dan yang dilakukan oleh perkebunan-perkebunan menyebabkan perbedaan mutu kopi yang dihasilkan.

Para petani kopi umumnya hanya mengenal cara pengolahan kering. Prinsip pengolahan ini adalah buah kopi yang sudah dipetik lalu dikeringkan dengan panas matahari sampai buahnya menjadi kering, selama 14 - 20 hari. Kopi yang telah dikeringkan dapat disimpan sebagai kopi glondongan dan sebelum dijual kopi tersebut ditumbuk atau dikupas dengan *huller* untuk menghilangkan kulit tanduk dan kulit arinya (Rahardjo, 2012).

Menurut Ciptadi dan Nasution (1985) berdasarkan gambar 2, alur proses pengolahan kopi secara kering atau *dry process* melalui beberapa proses berikut ini:



Gambar 2. Alur proses pengolahan kopi secara kering (*dry process*)

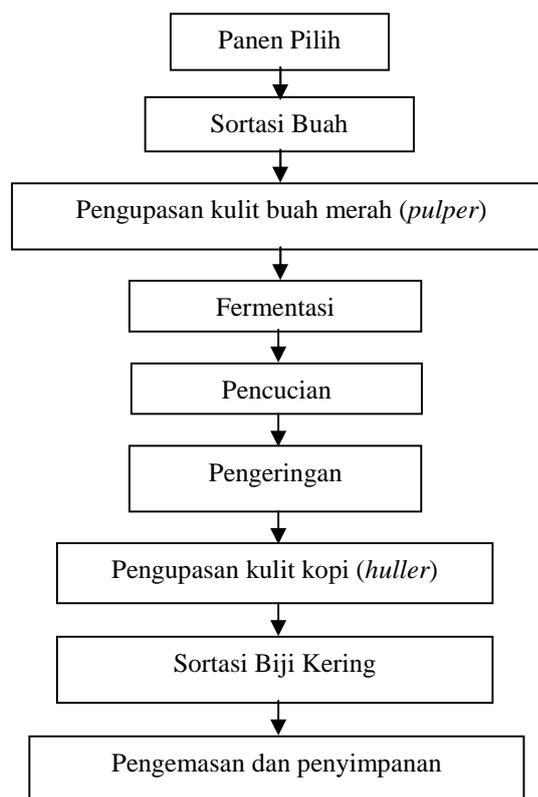
(Ciptadi dan Nasution, 1985)

2. Pengolahan Cara Basah

Ciptadi dan Nasution (1985) menyatakan bahwa untuk pengolahan basah, buah kopi yang sudah dipetik selanjutnya dimasukkan kedalam *pulper* untuk melepaskan kulit buahnya. Dari mesin *pulper* buah yang sudah terlepas kulitnya kemudian dibiarkan ke bak dan direndam selama beberapa hari untuk fermentasi. Setelah direndam buah kopi lalu dicuci bersih dan akhirnya dikeringkan. Pengerangan dilakukan dengan dijemur dipanas matahari atau dengan menggunakan mesin pengering. Kemudian

dimasukan ke mesin *huller* atau ditumbuk untuk menghilangkan kulit tanduknya, akhirnya dilakukan sortasi. Perbedaan mengenai cara pengolahan kopi yang dilakukan oleh petani (tradisional) dan yang dilakukan oleh perkebunan (modern) menyebabkan terjadinya perbedaan mutu kopi yang dihasilkan. Biasanya pengolahan secara basah hanya digunakan untuk mengolah kopi yang baik atau bewarna merah (Rahardjo, 2012).

Adapun secara berurutan tahapan pengolahan kopi cara basah dapat dilihat pada skema berikut :

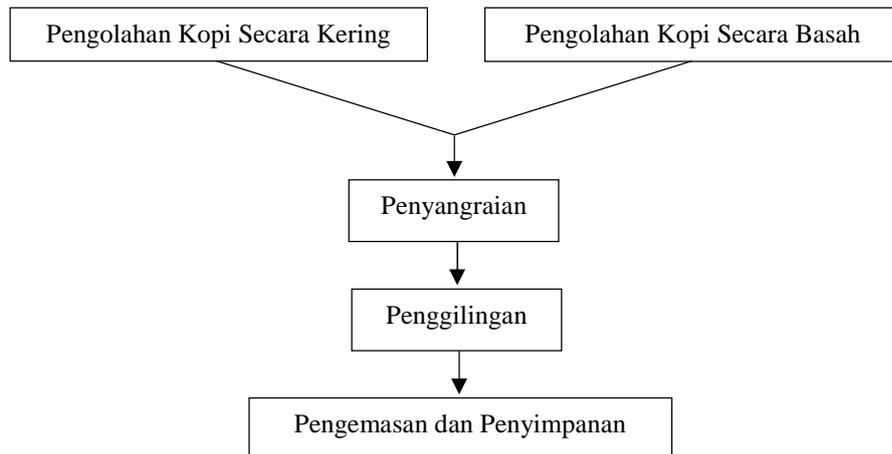


Gambar 3. Alur proses pengolahan kopi secara basah (*wet process*)

(Ciptadi dan Nasution, 1985)

3. Pengolahan Biji Kopi Menjadi Kopi Bubuk

Proses biji kopi yang telah diolah secara kering maupun basah kemudian diolah menjadi kopi bubuk dengan tahapan sebagai berikut.



Gambar 4. Alur proses pengolahan kopi menjadi kopi bubuk

Penyangraian kopi adalah operasi kesatuan sangat penting untuk mengembangkan sifat organoleptik spesifik (rasa, aroma dan warna) yang mendasari kualitas kopi dan menjamin secangkir kopi yang baik. Namun demikian, proses ini sangat kompleks, karena jumlah panas yang dipindahkan ke biji sangat penting. Selama memanggang kopi, hilangnya kelembaban dan reaksi kimia (oksidasi, pengurangan, hidrolisis, polimerisasi, Dekarboksilasi dan banyak perubahan-perubahan kimia lainnya), serta perubahan besar (warna, volume (membengkak), massa, bentuk, kacang pop, pH, kepadatan dan komponen volatil) terjadi, dan CO₂ yang dihasilkan (Hernandez. dkk, 2007).

Penyangrai bisa berupa oven yang beroperasi secara batch atau continuous. Pemanasan dilakukan pada tekanan atmosfer dengan media udara panas atau gas pembakaran. Pemanasan dapat juga dilakukan dengan melakukan kontak dengan permukaan yang dipanaskan, dan pada beberapa desain pemanas, hal ini merupakan faktor penentu pada pemanasan. Desain paling umum yang dapat disesuaikan baik untuk penyangraian secara *batch* maupun *continuous* yaitu berupa drum horizontal yang dapat berputar. (Ciptadi dan Nasution, 1985).

Menurut National Coffee Association (1911) pada proses *roasting* terdapat beberapa tingkat kematangan, yaitu sebagai berikut:

- a. Tingkat *Light*, pada tingkat ini biji kopi berwarna coklat muda, karakternya ringan dari sisi biji, tidak ada lapisan minyak dipermukaan, level *acidity*-nya lebih tinggi. Tingkat *roasting light* ini mengandung kafein lebih tinggi dibandingkan dengan kopi yang diroasting *dark*.



Gambar 5. Tingkat *Light Roast*

- b. Tingkat *Medium*, pada tingkat ini kandungan gula alami sudah mulai sedikit berkaramel, dan keasaman juga mulai menurun. Kualitas kopi (*Specialty coffee*) sangat ideal untuk diroasting pada level ini, karena

tahap ini lebih seimbang dan menonjolkan sisi rasa, aroma, dan *acidity* setiap origin biji kopi.



Gambar 6. Tingkat *Medium Roast*

- c. Tingkat *Medium-Dark*, pada tingkat ini lebih kaya rasa, warnanya lebih gelap dan lapisan minyak mulai sedikit muncul dipermukaan. Rasa dan aroma menjadi lebih teridentifikasi, rasa kopi juga terkadang menjadi terasa lebih *spicy*.



Gambar 7. Tingkat *Medium-Dark Roast*

- d. Tingkat *Dark*, pada tingkat ini memiliki warna gelap seperti cokelat dan kadang nyaris hitam. Lapisan minyak pekat dipermukaan, dan dapat terlihat pada permukaan cangkir ketika kopi sudah diseduh. Rasa pahit menjadi lebih menonjol, aroma *smoky*, karakter rasa (*flavor*) berkurang.



Gambar 8. Tingkat *Dark Roast*

Berikut merupakan Tabel Tingkat Kualitas kopi sangrai yang menunjukkan tingkat kematangan berdasarkan suhu, warna, dan keasaman.

Tabel 1. Tingkat kualitas kopi sangrai

Style of Roast	Roasted Bean Colour	Bean Surface	Approx. Temp of bean at end of roasting	Acidity	Aroma	Sweetness	Body	Cracks during roasting
Half City		Dry	195C	Very High	Medium	Low	Thin	Just before 1 st Crack
Cinnamon		Dry	200C	High	Strong	Low	Thin to Full	Start of 1 st Crack
City		Dry	210C	Medium	Very Strong	Medium to Strong	Full	Middle of 1 st Crack
Full City		Dry	225C	Medium	Very Strong	Medium to Strong	Very Full	End of 1 st Crack
Full City +		Dry to tiny patches of oil	230C	Medium to Low	Strong	Medium to Strong	Very Full	Between 1 st and 2 nd Crack
Vienna or Full City ++		Shiny Surface	235C	Low	Medium to Strong	Medium to Strong	Full	Start of 2 nd Crack
Italian		Shiny Surface	240C	Very Low	Weak	Low	Thin	2 nd Crack
French		Shiny Surface	245C	Very Low	Weak to Almost Burnt Aroma	Very Low to None	Very Thin	End of 2 nd Crack
Nearly Black		Totally Shiny	250C	Very Very Low	Burnt Aroma	None	Extremely Thin	2 nd Crack has totally ended, risk of fire

Sumber : National Coffee Association USA EST, 1911

Suhu sangrai yang umum adalah sebagai berikut:

1. Light Roast (Sangrai cukupan, suhu 190-195°C)
2. Medium Roast (Sangrai sedang, suhu 200-205°C)
3. Dark Roast (Sangrai hitam, suhu diatas 205°C)

Waktu penyangraian bervariasi dari 7 sampai 30 menit tergantung pada jenis alat dan mutu kopi bubuk. Penyangraian diakhiri saat aroma dan citarasa kopi yang diinginkan telah tercapai yang diindikasikan dari perubahan warna biji yang semulaberwarna kehijauan menjadi coklat tua, coklat-kehitaman dan hitam. (Lestari, 2016).

Penyangraian kopi dengan berbagai variasi suhu akan menyebabkan terjadinya perubahan sifat fisik pada biji kopi tersebut, yaitu penurunan kadar air yang lebih cepat, peningkatan kerapuhan dan mempercepat

perubahan warna kegelapan. Penyangraian dengan suhu rendah (160°C) menghasilkan biji kopi yang belum tersangrai selama 12 menit dilihat dari perubahan warna dan bau yang ditimbulkan. Penyangraian pada suhu 200°C selama 10 menit menghasilkan biji kopi yang tersangrai dengan baik (Nugroho. dkk,2009).

Tahapan kedua setelah proses penyangraian yaitu Penggilingan. Penggilingan adalah proses pemecahan butir-butir kopi yang telah disangrai untuk mendapatkan kopi berukuran maksimum 75 mesh. Ukuran butir-butir (partikel-partikel) bubuk kopi berpengaruh terhadap aroma kopi. Secara umum semakin kecil ukurannya maka rasa dan aromanya semakin baik. Hal ini dikarenakan sebagian besar bahan yang terdapat di dalam bahan kopi dapat larut dalam air ketika diseduh. Penggilingan oleh industri kecil atau pabrik menggunakan mesin giling. Mesin ini biasanya sudah dilengkapi alat pengatur ukuran partikel kopi sehingga otomatis bubuk kopi yang keluar berukuran seperti yang diinginkan dan tidak perlu di saring lagi. Tahapan terakhir ialah proses pengemasan, penyimpanan, dan konsumsi. (Lestari, 2016).

Kunci dari proses produksi kopi bubuk adalah penyangraian. Proses ini merupakan tahapan pembentukan aroma dan citarasa khas kopi dari dalam biji kopi dengan perlakuan panas. Biji kopi secara alami mengandung cukup banyak senyawa organik calon pembentuk citarasa dan aroma khas kopi. (Mulato, 2002).

Pada umumnya proses pengolahan kopi yang dilakukan petani masih menggunakan peralatan manual serta cara tradisional. Sedangkan pada

skala industri tahapan proses pengolahan buah kopi dilakukan dengan peralatan serta teknologi produksi yang otomatis, sehingga kuantitas serta kualitas kopi hasil olahan dapat lebih baik. Oleh karena itu, tidak semua hasil olahan kopi petani memiliki kualitas sebaik kopi olahan industri.

Salah satu kendala yang menyebabkan rendahnya mutu biji kopi hasil olahan petani salah satunya disebabkan oleh proses penyangraian biji kopi yang masih menggunakan peralatan manual seperti wajan yang terbuat dari tanah (kuali) ataupun logam. Penggunaan wajan sebagai media penyangraian dinilai kurang efektif dikarenakan panas wajan yang tidak merata menyebabkan tingkat kematangan serta keseragaman warna kopi sangrai sulit didapat apabila biji kopi tidak terus menerus diaduk saat proses berlangsung. Selain itu, tidak adanya pengontrolan suhu dalam penyangraian manual akibatnya terjadi panas berlebih yang menyebabkan distribusi panas pada biji kopi tidak merata dan biji kopi lebih cepat menghitam. Dari dasar inilah perlu adanya suatu alat pemantauan suhu dan distribusi panas untuk menilai kematangan kopi sangrai yang sudah dilengkapi dengan sistem kontrol, agar menghasilkan proses penyangraian kopi yang lebih berkualitas.

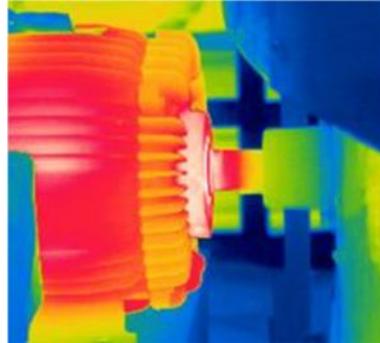
C. Termografi

Termografi saat ini telah diterapkan dalam berbagai bidang yang berbeda. Pada inspeksi instalasi listrik, termografi digunakan untuk mendeteksi overheating yang terjadi baik pada bagian koneksi maupun komponen-komponen lainnya sehingga bisa mengantisipasi potensi bahaya yang

mungkin ada. Di bidang mekanik, pencitraan termal dari motor, pompa, kipas, kompresor, elemen pemanas, dan lain-lain dapat digunakan untuk menganalisa kerusakan dan penurunan efisiensi yang terjadi. Selain itu, termografi juga sudah digunakan secara meluas di bidang biologi dan kedokteran, audit energi suatu bangunan, alat bantu pengintaian di dunia militer serta alat bantu pendeteksi sumber panas dan api bagi para petugas pemadam kebakaran. (Meinlschmidt, 2003).

Pengukuran temperatur dapat dilakukan baik secara kontak maupun non-kontak. Sebagian besar pengukuran dengan metode kontak dilakukan dengan menggunakan termometer dan termokopel. Sedangkan pengukuran non-kontak menggunakan sensor infra merah yang semakin banyak dikembangkan dan mulai banyak digunakan. Pengukuran non-kontak didasarkan pada teori Plank, bahwa semua benda yang bertemperatur di atas 0K memancarkan sinar infra merah. Besarnya intensitas terutama bergantung pada temperatur material. Namun demikian lingkungan sekitar, sifat-sifat permukaan bahan, jenis bahan dan lain-lain turut memberikan kontribusi pada intensitas pancaran inframerah. Parameter-parameter tersebut bersifat *noise*, sehingga harus turut diperhatikan pada waktu menganalisis pola distribusi temperatur. Karena *noise* tersebut sangat sulit untuk dikoreksi secara numerik, pola distribusi temperatur yang dihasilkan lebih bersifat kualitatif. Dibanding model kontak, pengukuran non-kontak mempunyai keunggulan-keunggulan berupa tidak mengganggu pengoperasian, memonitor dari jarak jauh, akuisisi lebih cepat dan menghasilkan distribusi atau pola panas pada permukaan sebuah benda. Sekarang ini, telah tersedia kamera yang dapat

merekam pancaran *infra red* dari suatu permukaan benda. Dengan demikian distribusi atau pola temperatur pada suatu permukaan benda dapat dimonitor (Satmoko,2008).



Gambar 9. Inframerah termografi adalah kunci dari menemukan sumber panas pada bantalan motor (Sumber : thesnellgroup.com).

Dengan mendeteksi anomali *thermal* (yaitu daerah yang lebih panas atau dingin daripada daerah lainnya) seorang teknisi yang berpengalaman dapat mencari dan menentukan masalah yang terjadi pada alat tersebut. teknologi infra merah didasarkan pada fakta bahwa semua benda memiliki suhu diatas nol dan memancarkan energi atau radiasi. Radiasi infra merah adalah panjang gelombang terpendek dari semua pancaran energi radiasi dan tidak terlihat tanpa instrument khusus. Intensitas radiasi infra merah dari obyek merupakan fungsi dari suhu permukaannya, namun pengukuran suhu menggunakan metode inframerah rumit karena tiga sumber energi panas dapat dideteksi dari objek ataupun energi tersebut adalah:

1. Energi yang dipancarkan dari obyek itu sendiri.
2. Energi yang dipantulkan dari objek dan
3. Energi ditransmisikan oleh objek

Hanya energi yang dipancarkan yang penting dalam program pemeliharaan prediktif. pemantulan dan energi yang ditransmisikan yang akan mendistorsi data mentah inframerah. Oleh karena itu pemantulan dan energi yang ditransmisikan harus disaring dari data yang diperoleh sebelum analisis diselesaikan (Mobley,2002).

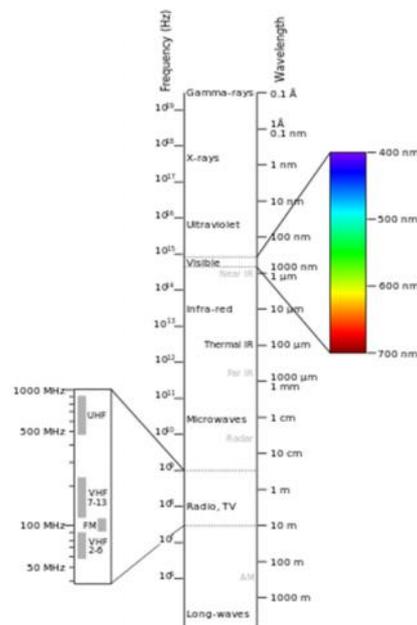
1. Unit Kamera Berbasis Termografi

Perbedaan mengenai kamera video standar biasa dengan unit kamera termografi umumnya terletak pada objek yang ditangkap. Tanggapan kamera video standar adalah untuk radiasi cahaya tampak dari objek yang terlihat, sedangkan tanggapan unit termografi khusus untuk radiasi inframerah dari objek yang diamati. Suatu objek yang bersuhu tinggi memancarkan sejumlah energi pada daerah spektrum elektromagnetik inframerah sehingga untuk mendapatkan suhu panas yang dapat ditangkap oleh kamera diperlukan lensa yang beroperasi dari 3 sampai 5 μm dimana dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Bahan transmisi inframerah

Jenis material	3-5 μm	8-13 μm
Alkali halida	-	KCL, NaCl, CsI
Halida lain	BaF ₂ , LiF, MgF ₂	KRS ₅ , PbF ₂ , ThF ₄
Semikonduktor	Si	Ge, GaAs, InP, GaP
Chalcogenides	-	ZnS, ZnSe, CdS, CaLaS
Lain-lain	Al ₂ O ₃ , SiN, SiC, ZrO, Y ₂ O ₃	-

Terlihat pada Gambar 10 bahwa panjang gelombang dari objek yang memancarkan warna tampak atau warna-warna yang biasa dilihat oleh mata seperti warna merah, kuning, hijau dan biru berkisar kurang dari $1\mu\text{m}$ dan panjang gelombang yang dipancarkan oleh sinar inframerah yang memiliki panjang gelombang setingkat lebih kecil dibandingkan dengan warna tampak atau nyata adalah antara $1\mu\text{m}$ sampai $10\mu\text{m}$. (Burhanudin. dkk, 2012).



Gambar 10. Panjang Gelombang Radiasi Elektromagnetik

(Sumber : Fadlisyah, 2007)

Termografi inframerah menggunakan peralatan khusus untuk mengukur suhu permukaan. Objek bersuhu tinggi memancarkan jumlah energi pada daerah spektrum elektromagnetik inframerah yang lebih besar dari pada suhu rendah objek tersebut. Suatu kamera inframerah mendeteksi besar

radiasi inframerah yang dipancarkan dari sebuah objek, dan mengkonversikan suhu tersebut ke dalam citra panas video yang disebut dengan termogram (Burhanudin. dkk, 2012).

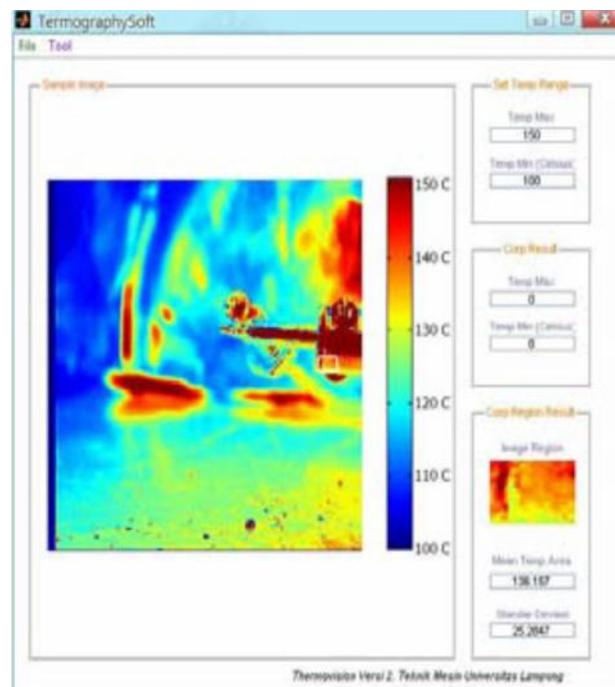
Hal ini yang dapat dipergunakan untuk mengetahui besarnya panas yang dihasilkan oleh material dengan menggunakan efek radiasi yang dihasilkan suatu objek material tersebut. Penggunaan akan termografi diaplikasikan dalam perawatan di pabrik manufaktur, khususnya pada industri-industri besar yang memerlukan beberapa kriteria untuk meloloskan produk jadinya. Karena suhu merupakan hal yang menjadi perhatian utama dan saran diagnostik.

2. Thermovision Sebagai Salah Satu Proses Pengolahan Citra Suhu

Thermovision merupakan salah satu aplikasi yang bertujuan untuk dapat membaca suhu dari sebuah citra berformat JPG dan distribusi suhu melalui warna merah yang menunjukkan bagian terpanas. Konsep dari thermovision ini sendiri hampir sama dengan metode termografi, hanya saja pada termografi aplikasi utamanya pada bagian kesehatan atau kedokteran.

Thermovision memanfaatkan kondisi suhu yang dipancarkan oleh suatu benda dalam bentuk gelombang inframerah, kemudian ditangkap oleh kamera inframerah. Gambar 11 menunjukkan gambar aplikasi *thermovision* menggunakan *software matlab*. Pengambilan gambar menggunakan kamera inframerah dilakukan setelah terjadi kontak suhu panas yang meningkat dari kondisi sebelumnya dari benda yang di ukur.

Hasil video yang ditangkap oleh kamera inframerah yang terbaca dikomputer kemudian diolah menggunakan sebuah aplikasi *freeware video2image converter* menjadi beberapa *frame image* sehingga menghasilkan keluaran berupa gambar berformat .jpg. Pemilihan gambar berformat .jpg beralasan karena menggunakan format umum ini suhu dari citra sudah terbaca jadi tidak perlu mengubah ke format gambar lain seperti .bmp.



Gambar 11. Aplikasi *thermovision* pada proses pemesinan (Haris, 2013)

Setelah selesai mengkonversi video menjadi citra yang disimpan dalam bentuk JPG. Kemudian citra-citra ini diolah dengan menggunakan perangkat lunak yang mampu mengkonversi energi inframerah menjadi warna yang dapat dilihat oleh mata. Visualisasi suhu dalam bentuk warna menunjukkan distribusi suhu sesuai dengan tinggi-rendah suhu ini yang diinginkan dari fungsi aplikasi *thermovision* yang sebelumnya telah

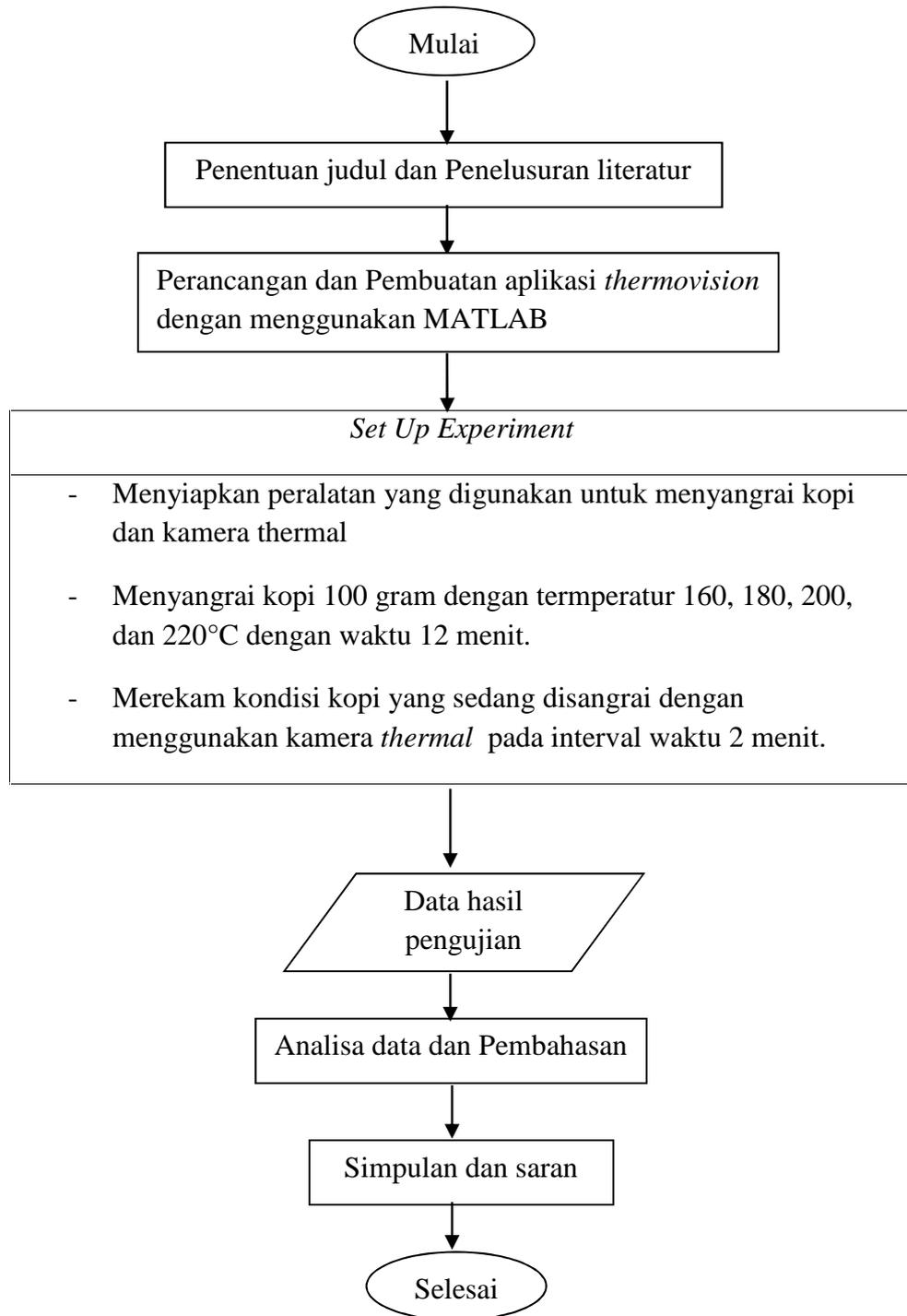
ditentukan parameter T_{max} dan T_{min} pada aplikasi *thermovision*. Aplikasi *thermovision* yang digunakan menggunakan aplikasi MATLAB sebagai media pengolah aplikasi *thermovision* (M. Haris, 2013).

3. Image J Sebagai Pengolah Gambar

IMAGE J merupakan program pengolahan *Image* yang digunakan untuk mengolah gambar atau bagian dari gambar tersebut yang ingin diketahui luas area tertentu, intensitas warna, serta panjang dan besarnya suatu objek yang ada di gambar tersebut. Aplikasi ini mendukung relatif banyak format gambar seperti JPEG, TIFF, GIF, BMP, FITS, RAW, dan DICOM. Selain itu, *Image J* juga mendukung “*Stacks*”. *Stacks* adalah kumpulan banyak gambar yang berbagi di tempat yang sama. Selain kemampuan untuk melakukan analisis, *Image J* telah dilengkapi *feature* pengolahan gambar sederhana seperti *crop*, *resize*, *rotate*, maupun *screenshot* gambar di layar monitor. *Feature* ini bermanfaat untuk mengambil gambar dari alat untuk analisis yang langsung dihubungkan pada komputer. (Roush. dkk, 2008)

B. Diagram Alir Penelitian

Berikut ini diagram alir yang menggambarkan kegiatan penelitian yang dilakukan.



Gambar 12. Diagram alir penelitian

C. Alat dan Bahan Penelitian

Adapun Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah :

1. Kopi Robusta

Sistematika tanaman kopi robusta menurut Rahardjo, (2012) adalah sebagai berikut:

Kingdom :
Plantae
Sub kingdom : Tracheobionita
Divisi : Magnoliophyta
Kelas : Magnoliopsida
Sub Kelas : Astridae
Ordo :
Rubiaceace
Genus :
Coffea
Spesies : Coffea
robusta



Gambar 13. Kopi Robusta

Kopi *Canephora* juga disebut kopi Robusta. Nama Robusta dipergunakan untuk tujuan perdagangan, sedangkan *Canephora* adalah nama botanis.

Jenis kopi ini berasal dari Afrika, dari pantai barat sampai Uganda. Kopi robusta memiliki kelebihan dari segi produksi yang lebih tinggi di bandingkan jenis kopi Arabika dan Liberika. (Aak, 1980)

Adapun Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah :

1. Alat penggorengan kopi

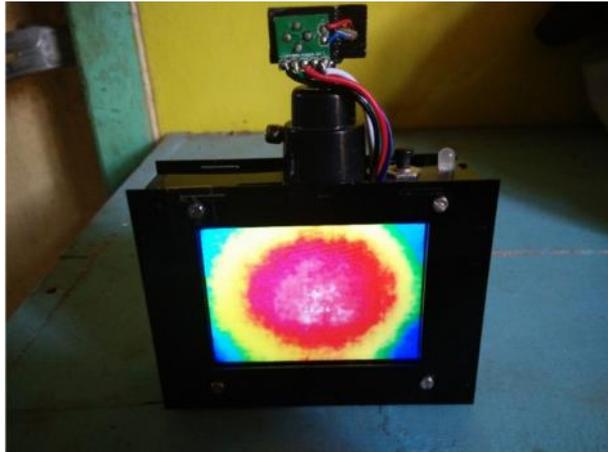
Wajan dan kompor digunakan sebagai alat penggorengan kopi.



Gambar 14. Alat Penggoreng Kopi

2. Kamera inframerah

Kamera inframerah digunakan untuk menangkap aktivitas penyangraian dapat dilihat pada gambar 15. Sedangkan spesifikasinya dapat dilihat pada tabel 4.



Gambar 15. Kamera inframerah

Tabel 4. Spesifikasi kamera inframerah

Fitur	Spesifikasi
Merk	Cheap Thermocam V4
Resolusi termal	80 x 60 pixel
Sensitivitas termal	<0,05 °C (50 mK)
Display	3.2 inch layar sentuh LCD
Resolusi layar	320 x 240 pixel
Kisaran suhu	-70 °C sampai 380 °C
Akurasi suhu	0,5 °C
Temp. modus pengukuran	Setiap pixel setelah proses kalibrasi
Gambar mode	Termal saja, termal + visual, video dengan pengaturan selang
Mode penyimpanan	gambar (640 x 480 piksel), tunggal gambar video (320 x 240 pixel)
Kapasitas penyimpanan	penyimpanan internal 1GB, diakses melalui USB

Mode warna	ironblack, pelangi, grayscale, hanya panas, hanya dingin.
Format file	data mentah atau konversi ke bitmap
Baterai	2500 mAh polimer lithium baterai
Berat	0,35 kg

3. Laptop

Laptop digunakan untuk menganalisis citra termografi pada program *matlab* dan *Image J*.

4. *Thermometer Digital*

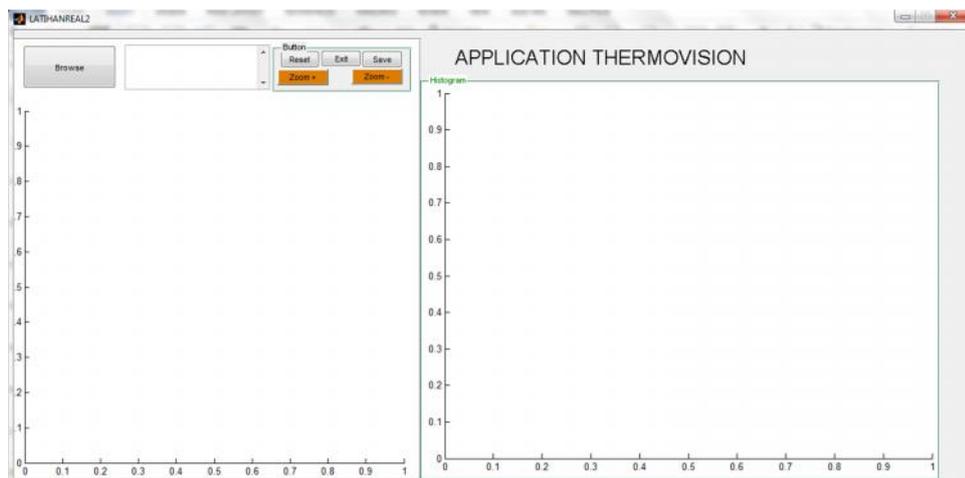
Dalam penelitian ini *thermometer digital* pada gambar 16 digunakan untuk pembacaan suhu pada wajan dan kopi serta hasil dari pembacaan berupa tegangan yang kemudian di konversi menjadi suhu.



Gambar 16. *Thermometer Digital*

5. Aplikasi pengolahan *Image*

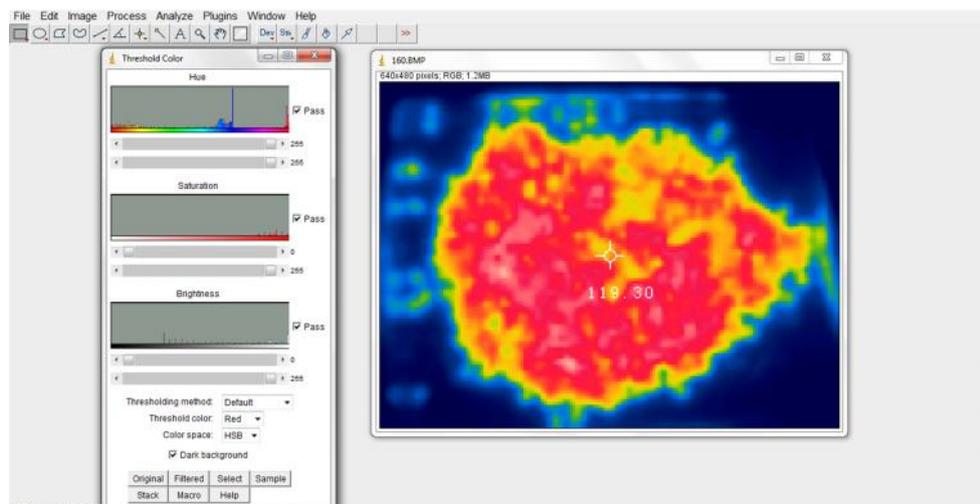
Aplikasi pengolahan *Image* yang digunakan pada eksperimen ini adalah aplikasi *thermvision* menggunakan program MATLAB dan aplikasi *IMAGE J* yang ditampilkan pada gambar berikut.



Gambar 17. *Aplikasi pengolahan Image thermovision*

MATLAB (*Matrix Laboratory*) merupakan salah satu bahasa pemrograman yang dikembangkan oleh sebuah perusahaan *MathWorks*. Fungsi dari MATLAB tidak hanya untuk beroperasi sebagai alat pemrograman, tetapi sekaligus sebagai alat visualisasi yang berhubungan langsung dengan ilmu matematika. Oleh karena itu, MATLAB semakin banyak digunakan oleh para programmer yang menghendaki kepraktisan dalam membuat program.

GUI MATLAB merupakan sebuah *Graphical User Interface (GUI)* yang dibangun dengan obyek grafik seperti tombol (*button*), kotak teks, *slider*, *menu* dan lain-lain. Aplikasi yang menggunakan *GUI* umumnya lebih mudah dipelajari dan digunakan karena pada penggunaannya tidak perlu mengetahui perintah-perintah untuk membuka aplikasi dan bagaimana kerjanya. *GUI* merupakan tampilan grafis yang memudahkan *user* berinteraksi dengan perintah teks. Dengan *GUI*, program yang telah dibuat dengan menggunakan MATLAB menjadi lebih *user friendly* sehingga mudah untuk *user* menjalankan suatu aplikasi program.



Gambar 18. Aplikasi pengolahan gambar *Image J*

IMAGE J merupakan program pengolahan *Image* yang digunakan untuk mengolah gambar atau bagian dari gambar tersebut yang ingin diketahui luas area tertentu, intensitas warna, serta panjang dan besarnya suatu objek yang ada di gambar tersebut. Aplikasi ini mendukung relatif banyak format gambar seperti JPEG, TIFF, GIF, BMP, FITS, RAW, dan DICOM. Selain itu, *Image J* juga mendukung “*Stacks*”. *Stacks* adalah kumpulan banyak gambar yang berbagi di tempat yang sama. Selain kemampuan untuk melakukan analisis, *Image J* telah dilengkapi *feature* pengolahan gambar sederhana seperti *crop*, *resize*, *rotate*, maupun *screenshot* gambar di layar monitor. *Feature* ini bermanfaat untuk mengambil gambar dari alat untuk analisis yang langsung dihubungkan pada komputer.

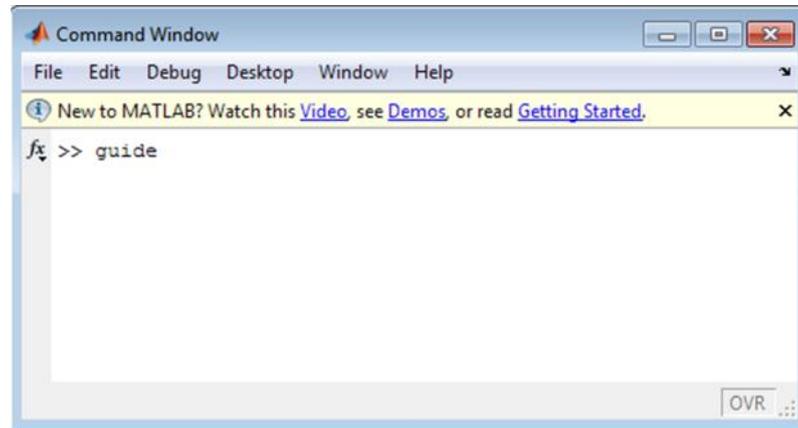
D. Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian pada penelitian ini terbagi menjadi beberapa tahapan antara lain sebagai berikut :

1. Perancangan dan pembuatan aplikasi *thermovision*.

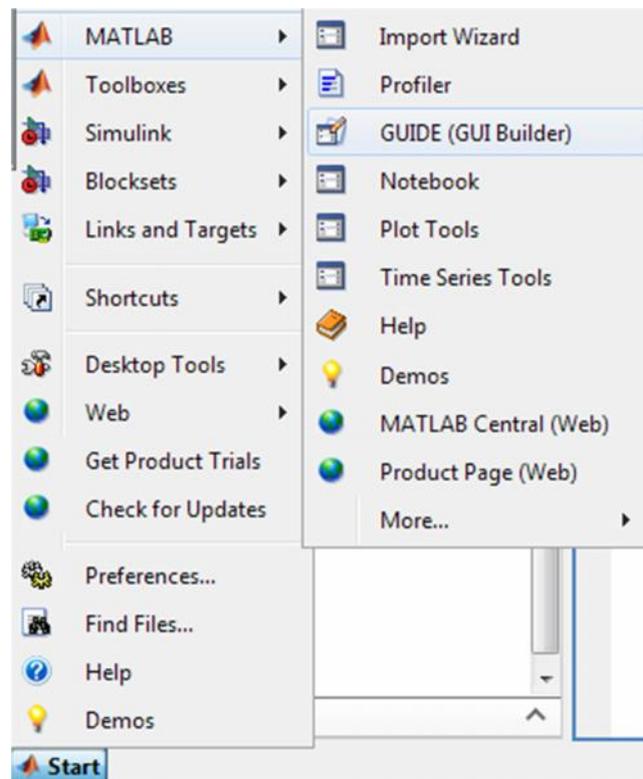
Berikut ini sekilas tentang cara pembuatan dari aplikasi *thermovision* yang dimulai dari proses perancangan bentuk awal dari aplikasi, memasukkan *script* berupa perintah fungsi sehingga program dapat berjalan sesuai keinginan, testing aplikasi dan menyempurnakan aplikasi atau *finishing*.

- a. Membuka guide builder dapat dilakukan dengan dua cara:
- Pertama, buka MATLAB lalu ke command window ketikkan guide

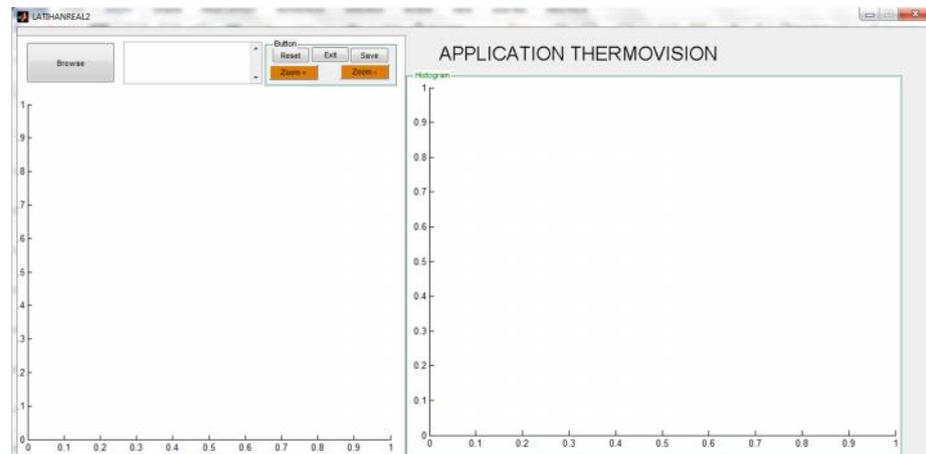


Gambar 19. Command Windows MATLAB

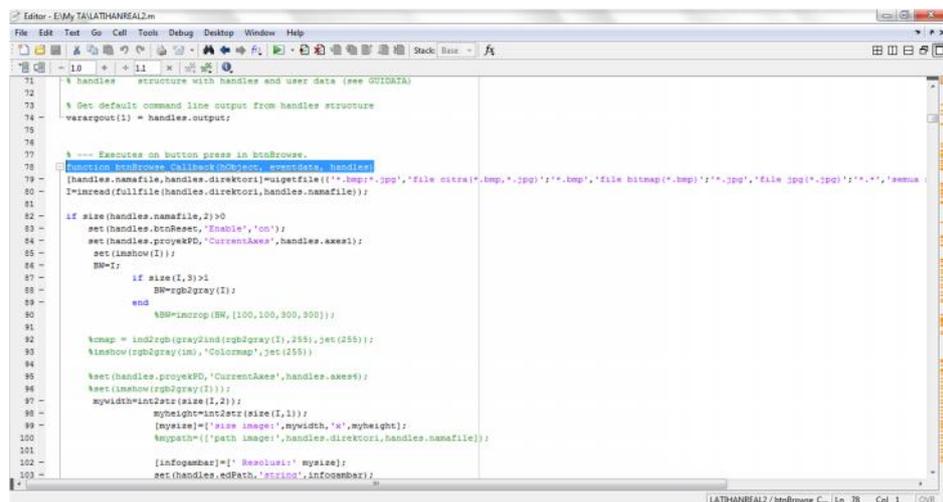
- Kedua, buka MATLAB lalu klik start> MATLAB > Lalu pilih GUIDE



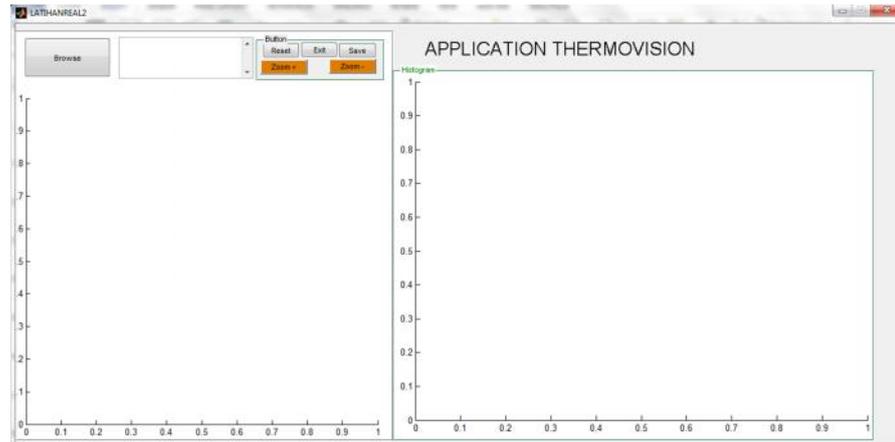
Gambar 20. Start Guide MATLAB

d. Hasil rancangan *GUI*Gambar 23. hasil rancangan dengan *GUI*

- e. Tahap selanjutnya adalah tahapan yang paling rumit dan menyita waktu yang cukup lama yaitu memasukan perintah fungsi *code* (*coding*) supaya aplikasi dapat mengukur suhu dari sebuah citra secara *real time*.

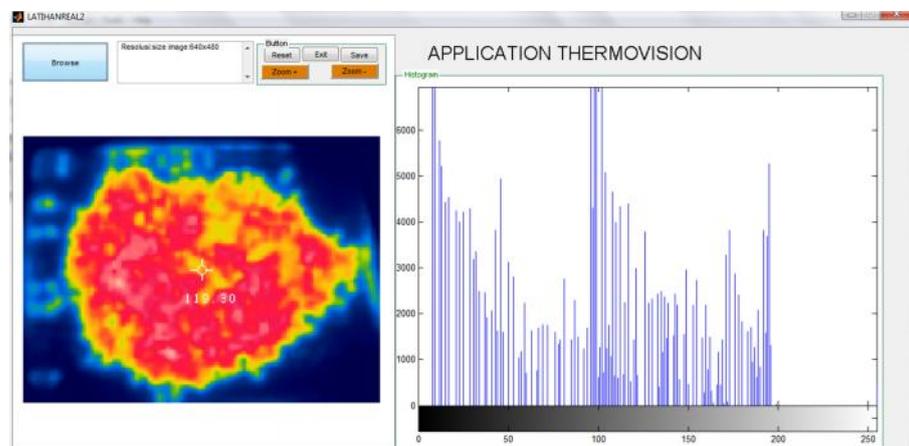
Gambar 24. fungsi *code* (*coding*)

- f. Tampilan *GUI* yang sudah dijalankan dan siap untuk memproses citra berformat *.bmp*



Gambar 25. Tampilan aplikasi *thermovision* setelah dijalankan

Aplikasi *thermovision* yang telah dibuat ini digunakan untuk menganalisa gambar yang telah berubah menjadi gambar termografi. Gambar termografi tersebut didapat dari kamera inframerah yang telah tersimpan di dalam *Micro SD*. Hasil foto pada *Micro SD* tersebut dapat dipindahkan ke laptop terlebih dahulu. Dengan menggunakan aplikasi matlab inilah kita dapat membuka *Image* yang ada dengan menekan tombol *browse* pada tampilan aplikasi *thermovision* yang sudah ada. Setelah itu gambar yang telah tersimpan di laptop dapat dipilih dan citra pun tampil berikut dengan histogramnya.



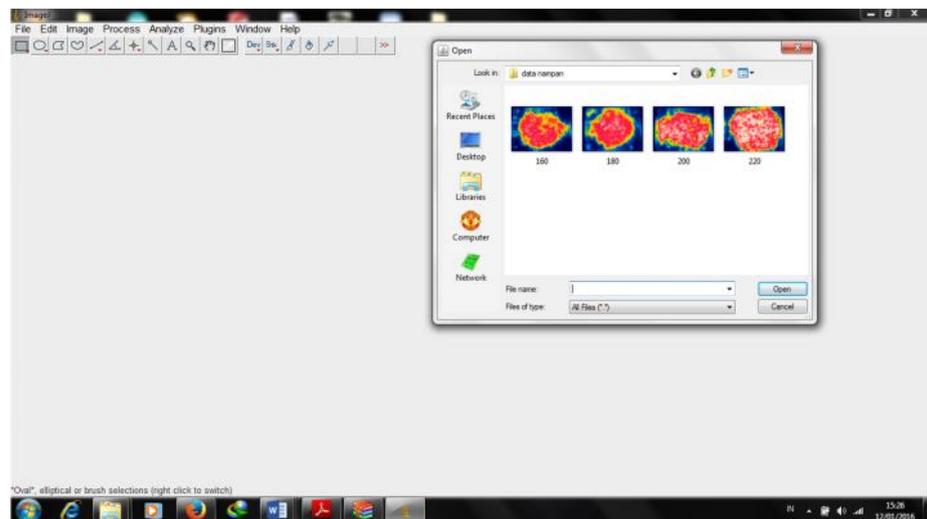
Gambar 26. Aplikasi *thermovision* yang telah mengolah citra kopi sangrai.

2. Menghitung luas area atau intensitas warna pada *Image* termografi kopi sangrai dengan menggunakan aplikasi *IMAGE J*.

Berikut ini sekilas tentang cara penggunaan dari aplikasi *Image J* yang dimulai dari cara memunculkan data hingga menganalisa gambar.

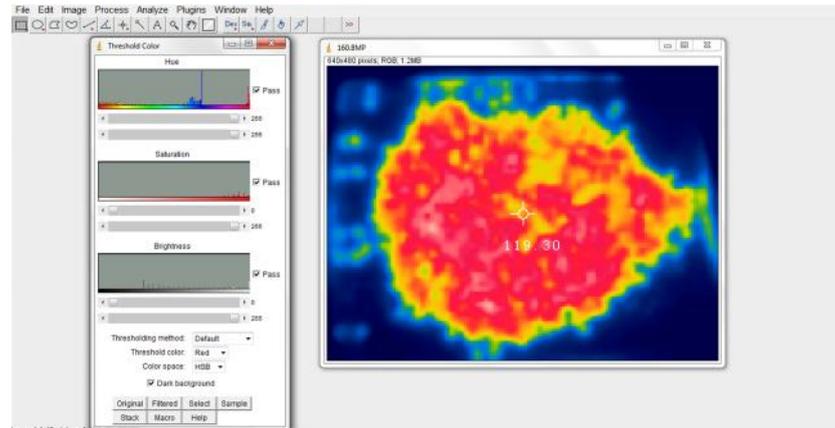
- a. Membuka *file* atau gambar yang dapat kita pilih pada toolbar *open*.

Maka akan muncul gambar dibawah ini.



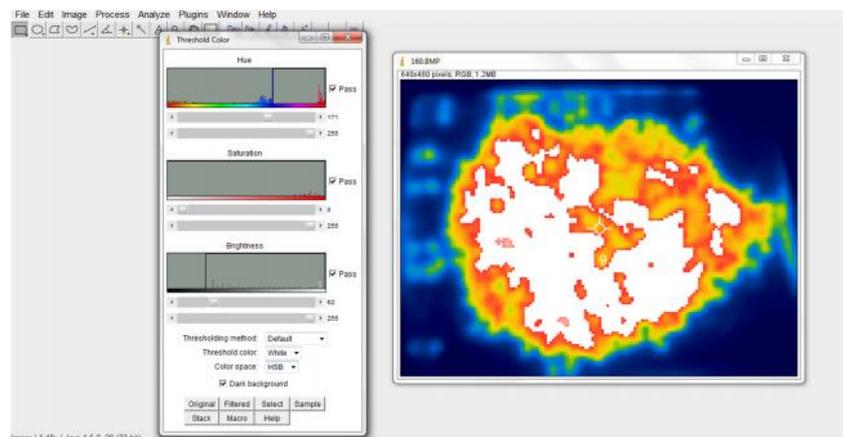
Gambar 27. Tampilan toolbar *open*

- b. Gambar yang telah terpilih tersebut diolah dengan mengklik *Image* lalu klik *adjust* setelah itu klik *threshold*, maka akan muncul tampilan histogram sebagai berikut.



Gambar 28. Tampilan *Menu Threshold*

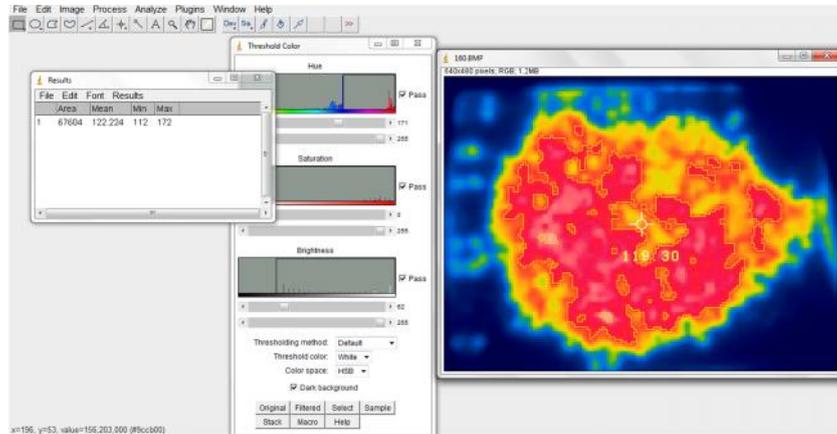
- c. Tampilan histogram warna *Image J* yang muncul dapat dipilih warna pixel yang diinginkan dengan cara memilih angka 0-255 pada *menu threshold* ini atau pada bagian *hue*. Warna putih berikut digunakan untuk menandai warna pixel yang ingin dihitung jumlahnya. Berikut merupakan tampilan gambarnya.



Gambar 29. Tampilan pixel warna merah yang ditandai warna putih

- d. Tampilan gambar 25 menunjukkan warna pixel merah yang ditandai oleh warna putih. Kemudian klik *select* pada *menu threshold* agar terpilih area yang ditandai tersebut. Untuk menghitung jumlah dari pixel

yang sudah ditandai tersebut klik *Analyze* pada toolbar lalu klik *Measure*. Berikut tampilan yang akan terjadi dan jumlah pixel warna merah pun muncul pada tabel area.

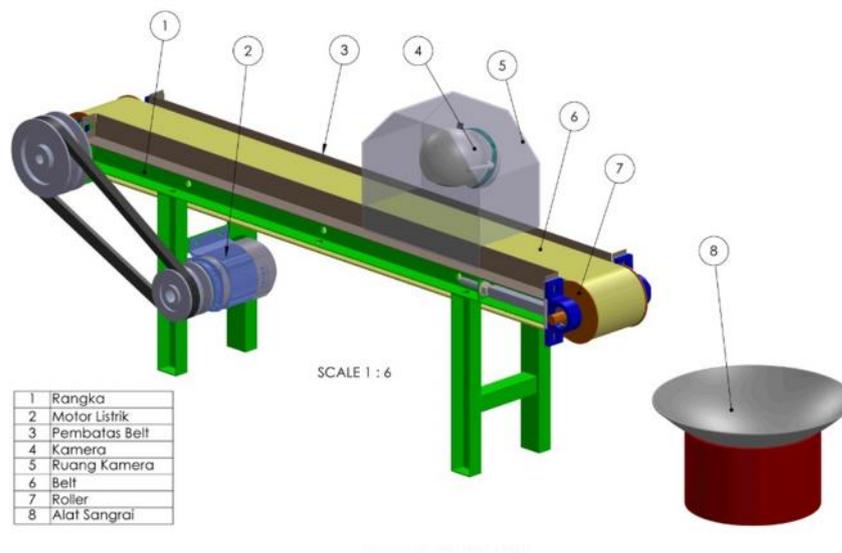


Gambar 30. Hasil jumlah pixel yang telah dianalisa

Pada area tersebut dapat diketahui bahwa jumlah pixel merah berjumlah 67604. Dengan menggunakan aplikasi inilah kita mengetahui warna dari kematangan kopi sangrai maupun yang belum matang.

3. *Set-up* peralatan eksperimen / penelitian

Gambar berikut ini adalah *set-up* peralatan yang digunakan dalam kegiatan penelitian.



Gambar 31. *Set-up* alat

Proses Penelitian yang dilakukan melalui beberapa tahapan sebagai berikut.

- a) Mempersiapkan biji kopi robusta yang sudah siap disangrai sebanyak 400 gram. Kemudian membaginya sebanyak 4 bagian dengan masing – masing berat 100 gram.
- b) Memanaskan tempat penyangraian kopi sesuai temperatur yang diinginkan dengan bantuan termokopel ditunjukkan pada gambar 32.



Gambar 32. Rangkaian alat penyangraian

- c) Mengaktifkan stopwatch untuk mengukur lama waktu yang digunakan.
- d) Sampel 1: Penyangraian dengan suhu 160°C selama 12 menit
Sampel 2: Penyangraian dengan suhu 180°C selama 12 menit
Sampel 3: Penyangraian dengan suhu 200°C selama 12 menit
Sampel 4: Penyangraian dengan suhu 220°C selama 12 menit.
- e) Mengcapture kondisi kopi yang sedang disangrai dengan menggunakan kamera *thermal* pada interval waktu 2 menit.
- f) Meletakkan kopi yang telah disangrai selama 12 menit pada nampan yang tersedia pada conveyor agar difoto kembali dengan kamera inframerah agar terlihat *Image* termografinya.



Gambar 33. Rangkaian *Conveyor* dan *Thermocam*

- g) Memasukkan data atau foto yang telah diambil dari kamera ke laptop agar data dapat diolah kembali dengan menggunakan MATLAB dan *IMAGE J*.

V. SIMPULAN DAN SARAN

A. SIMPULAN

Pola distribusi suhu pada penyangraian kopi robusta telah berhasil ditunjukkan dengan menggunakan termografi pada *Cheap Thermocam V4*. Hasil pola distribusi suhu ini dianalisis menggunakan aplikasi *thermovision* dan *image j* untuk menentukan indikator tingkat kematangan penyangraian kopi medium roast. Penyangraian kopi medium roast biasanya disangrai pada suhu antara 200-220°C. *Thermovision* menunjukkan jika suhu penyangraian semakin meningkat maka jumlah batang histogram semakin banyak. Dengan demikian untuk mengindikasikan kopi yang sudah matang (200-220°C) yaitu apabila batang histogram berjumlah diantara 123-126 buah. Sedangkan *Image J* mengindikasikan tingkat kematangan medium roast berdasarkan persentase area warna merah dan merah muda. *Image J* menunjukkan jika suhu penyangraian semakin meningkat maka persentase area warna semakin banyak. Penyangraian kopi dapat dikatakan matang apabila jumlah persentase warnanya yaitu 48%-60%. Kedua indikasi tersebut menunjukkan kolerasi bahwa semakin meningkat suhu penyangraian kopi robusta maka semakin meningkat pula indikasi yang terjadi.

B. SARAN

Adapun saran yang dapat diberikan penulis terhadap pengujian yang telah dilakukan adalah:

1. Perlunya aplikasi visualisasi secara langsung pada kamera thermocam V4 sehingga transfer data dapat lebih efektif.
2. Melakukan pembuatan aplikasi *thermovision* dan *Image J* yang digabung secara *Real-Time* agar dapat menganalisa hasil termografi secara cepat dan tepat.
3. Perlu dilakukan pengujian lanjutan dengan variasi objek ukur dan kondisi yang berbeda untuk mengetahui pengaruhnya terhadap suhu yang terjadi.

DAFTAR PUSTAKA

- Aak. 1980. *Budidaya Tanaman Kopi*. Yayasan Kanisius: Yogyakarta.
- Badan Pusat Statistik. 2012. *Produksi Tanaman Kopi Robusta Perkebunan Rakyat*. Lampung.
- Burhanudin, Yanuar. Wardono, Herry. Su'udi, Ahmad. 2012. *Karakterisasi Penyalaan Geram Pada Pemesinan Kecepatan Tinggi Magnesium AZ31 dan Magnesium AZ91 Menggunakan Analisis Termografi dan Jaringan Syaraf Tiruan*. UNILA. Lampung.
- Ciptadi dan MZ Nasution. 1985. *Pengolahan Kopi*. Agro Industri Press: Bogor.
- Fadlisyah S.Si. 2007. *Computer Vision dan Pengolahan Citra*. CV Andi Offset. Yogyakarta.
- Hasan, Achmad. 2009. *Mesin Pengering produk Pertanian bertenaga Panas Bumi*. PT Mediyatama Sarana Perkasa: Jakarta.
- Hernández, J. A., Heyd, B & Trystram, G. (2007). *On-line quality estimation during coffee roasting: Part I-color (gray) and surface kinetics*. Submitted to Journal of Food Engineering, Mexico.
- Koritawa, Galih. 2015. *Pengembangan Sistem Pemantauan Kondisi Mesin Frais Menggunakan aplikasi Thermovision Real-Time*. Universitas Lampung, Bandar Lampung.
- Lestari, Puji. 2016. *Teknologi Pengolahan Kopi*. diakses pada 16 April 2016

- Mahrudi, Haris. 2013. *Rancang bangun aplikasi thermovision untuk pemetaan distribusi suhu dan permulaan penyalan pembubutan magnesium kecepatan tinggi*. Universitas Lampung, Bandar Lampung.
- Meinlschmidt; P.; Maergner, V. 2003. *Thermographic techniques and adapted algorithms for automatic detection of foreign bodies in food*. Conference Thermosense XXV, Orlando, Florida, USA.
- Mobley, R. Keith. 2002, *An Introduction To Predictive Maintenance Second Edition* United States of America.
- Mulato, Sri. 2002. Simposium Kopi 2002 dengan tema Mewujudkan perkopian Nasional Yang Tangguh melalui Diversifikasi Usaha Berwawasan Lingkungan dalam Pengembangan Industri Kopi Bubuk Skala Kecil Untuk Meningkatkan Nilai Tambah Usaha Tani Kopi Rakyat. Denpasar: 16 – 17 Oktober 2002. Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia.
- National Coffee Association USA EST, 1911. *Coffee Roast*.
- Nugroho, Joko. Lumbanbatu, Julianty. Rahayoe, Sri. 2009. *Pengaruh Suhu Dan Lama Penyangraian Terhadap Sifat Fisik-Mekanis Biji Kopi Robusta* Mataram: 8 – 9 Agustus 2009. Seminar Nasional dan Gelar Teknologi PERTETA.
- Rahardjo, Pudji. 2012. *Panduan Budidaya dan Pengolahan Kopi Arabika dan Robusta*. Penebar Swadaya: Jakarta.

R. Roush, James. Bustillo, Karen. Ellen Low. 2008. *Measurement Error Between Goniometer And The Nih Imagej Program For Measuring Quadriceps Angle*. United States

Satmoko, Ari dan Abdul Hafid. 2008. *Pemeliharaan Prediktif Pada Jaringan Listrik Dengan Thermography Infra Merah*, Pusat Teknologi Reaktor dan Keselamatan Nuklir – BATAN Kawasan Puspitek, Serpong.