

**APLIKASI KLASIFIKASI TINGKAT KEMATANGAN KOPI  
BERDASARKAN HASIL *ROASTING* MENGGUNAKAN  
ALGORITMA *FUZZY C-MEANS***

**SKRIPSI**

Oleh :  
**HAYUANGGA TINNO PUTRA KUSUMA**  
**NIM 11650103**



**JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK  
IBRAHIM  
MALANG  
2018**

**HALAMAN PENGAJUAN**

**APLIKASI KLASIFIKASI TINGKAT KEMATANGAN KOPI  
BERDASARKAN HASIL *ROASTING* MENGGUNAKAN  
ALGORITMA *FUZZY C-MEANS***

**SKRIPSI**

**Diajukan Kepada:  
Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang  
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Dalam  
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer (S.Kom)**

**Oleh :  
HAYUANGGA TINNO PUTRA KUSUMA  
NIM 11650103**

**JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM  
MALANG  
2018**

**LEMBAR PERSETUJUAN**

**APLIKASI KLASIFIKASI TINGKAT KEMATANGAN KOPI  
BERDASARKAN HASIL *ROASTING* MENGGUNAKAN  
ALGORITMA *FUZZY C-MEANS***

**SKRIPSI**

Oleh:  
**HAYUANGGA TINNO PUTRA KUSUMA**  
NIM 11650103

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji :

Tanggal : 4 Juli 2018

Pembimbing I

Pembimbing II

Dr. Suhartono, M. Kom  
NIP.19680519 200312 1 001

Fatchurrochman, M. Kom  
NIP.19700731 200501 1 002

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Informatika  
Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang

Dr. Cahyo Crysdian  
NIP. 19740424 200901 1 008

**HALAMAN PENGESAHAN**  
**APLIKASI KLASIFIKASI TINGKAT KEMATANGAN KOPI**  
**BERDASARKAN HASIL *ROASTING* MENGGUNAKAN**  
**ALGORITMA *FUZZY C-MEANS***

**SKRIPSI**

**Oleh:**  
**HAYUANGGA TINNO PUTRA KUSUMA**  
**NIM. 11650103**

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi  
dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Komputer ( S.Kom )  
Tanggal: 4 Juli 2018

**Susunan Dewan Penguji**

Tanda tangan

- |                       |  |                |
|-----------------------|--|----------------|
| 1. Penguji Utama      | : <u>Dr. Muhammad Faisal, M.T</u><br>NIP.19740510 200501 1 007   | (            ) |
| 2. Ketua Penguji      | : <u>Ainatul Mardhiyah, M.CS</u><br>NIDT.19860330 20160801 2 075 | (            ) |
| 3. Sekretaris Penguji | : <u>Dr. Suhartono, M. Kom</u><br>NIP.19680519 200312 1 001      | (            ) |
| 4. Anggota Penguji    | : <u>Fatchurrochman, M. Kom</u><br>NIP.19700731 200501 1 002     | (            ) |

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Informatika  
Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang

Dr. Cahyo Crysdiان  
NIP. 19740424 200901 1 008

**HALAMAN PERNYATAAN  
KEASLIAN PENELITIAN**

**Nama** : Hayuangga Tinno Putra Kusuma

**NIM** : 11650103

**Jurusan** : Teknik Informatika

**Fakultas** : Sains dan Teknologi

**Judul Skripsi** : **APLIKASI KLASIFIKASI TINGKAT KEMATANGAN KOPI BERDASARKAN HASIL *ROASTING* MENGGUNAKAN ALGORITMA *FUZZY C-MEANS***

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambil alihan data, tulisan, atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar pustaka. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 2018  
Yang membuat pernyataan,

Hayuangga Tinno P.K  
NIM.11650103

**MOTTO**

*“DARI ALAM AKU ADA,  
AKU ADA UNTUK  
ALAM”*

*(MAPALA TURSINA)*



## HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, puji dan puja syukuru kehadiran Allah SWT yang telah memberikan nikmat dan semangat tiada henti untuk menyelesaikan kewajiban belajar saya di kampus ini. Dengan segenap rasa syukur yang mendalam tersebut, skripsi ini saya persembahkan untuk :

### **Ibunda tercinta PARTINI**

Yang selalu memberikan kasih sayang, Doa, perhatian, support, dan tidak lupa selalu mengasih bimbingan dalam hal yang membuat semakin baik kedepannya

Tanpa Doa dan biaya dari beliau mungkin saya tidak akan pernah bisa masuk pada kampus yang sangat luar biasa ini.

Terimakasih juga saya sampaikan kepada

### **UKM MAPALA TURSINA**

Atas segenap ilmu, pengalaman, saudara dan keluarga yang diberikan selama menuntut ilmu di kampus UIN Malang tercinta

Terimakasih untuk Bapak/Ibu Dosen **Bapak Suhartono** sebagai dosen pembimbing I dan **Bapak Fatchurrohman** sebagai dosen Pembimbing II yang selalu sabar membimbing saya dalam menyelesaikan tugas akhir ini. **Pak Fachrul** sebagai wali dosen yang senantiasa mengawasi perkembangan perkuliahan saya selama beberapa tahun ini. Terimakasih juga kepada ibu bapak dosen pengajar, uztad uztadzah yang telah memberikan ilmu dengan keikhlasan, semoga ilmu yang telah beliau beri ini dapat bermanfaat bagi nusa, bangsa dan agama.

Kepada teman seperjuangan:

**M. Mirza (TI '11 UIN), M. Faaris (TI '11 UIN), Alfiawan Syafi'I (TI '11 UIN), Iwan (TI '11 UIN), Riki (TI '11 UIN), Ilmi Najib (TI '11 UIN).**

yang bersama-sama saling menyemangati satu sama lain dan saling mengingatkan jika lalai.

Kepada teman jurusan TI UIN:

**Alibi (TI '13 UIN), A. Dzulfikri (TI '13 UIN), Bagus (TI '13 UIN), Ferli (TI '13 UIN), Faisol (TI '16 UIN)** dan teman-teman TI yang lain pastinya tidak dapat saya sebutkan satu persatu, terima kasih atas segala bantuan yang diberikan untuk menyelesaikan penggarapan Skripsi ini.

## KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Segala puji bagi Allah SWT yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang atas Rahmat dan Hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini. Sholawat serta Salam tetap tucurahkan kepada junjungan kita, kekasih Allah, Nabi Muhammad SAW, sang pemberi syafaat kelak di hari akhir, beserta seluruh keluarga, sahabat, dan para pengikutnya.

Penelitian skripsi yang berjudul “*Klasifikasi tingkat kematangan kopi berdasarkan hasil roasting menggunakan metode Fuzzy C-Means*” ini ditulis untuk memnuhi salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Strata Satu (S1) Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Maulana Malik Ibrahim Malang. Karya penelitian skripsi ini tidak akan pernah ada tanpa bantuan baik moral maupun spiritual dari berbagai pihak yang telah terlibat. Untuk itu dengan segala kerendahan hati, penulis mengucapkan rasa terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Prof. Dr. H. Abdul Haris, M.Ag selaku rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Bapak Dr. H. Isroqunnajah, M.Ag selaku wakil rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Bapak Dr. Suhartono, M.Kom selaku Dosen Pembimbing I yang telah bersedia meluangkan waktu, tenaga dan pikiran untuk memberikan bimbingan, berbagai pengalaman, arahan, nasihat, motivasi dan pengarahan dalam pembangunan program hingga penyusunan skripsi ini.

4. Bapak Faturrohman, M.Kom, selaku dosen pembimbing 2 yang selalu memberi masukan, serta pengarahan dalam penyusunan laporan skripsi ini.
5. Bapak Fachrul Kurniawan, M.Kom selaku dosen wali yang juga selalu memberi pengarahan terkait akademik selama masa study.
6. Dr. Cahyo Crysdiyan selaku ketua jurusan Teknik Informatika yang mendukung dan mengarahkan skripsi ini.
7. Segenap civitas akademika Fakultas Saintek, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang terutama seluruh dosen, terimakasih atas segala ilmu dan bimbingannya.
8. Ibu dan Adik serta seluruh keluarga besar yang selalu memberikan doa, kasih sayang, semangat, dukungan moril, serta motivasi sampai saat ini, terimakasih banyak.

Harapan penulis semoga semua amal kebaikan dan jasa-jasa dari semua pihak yang telah membantu hingga skripsi ini selesai diterima oleh Allah SWT, serta mendapatkan balasan yang lebih baik dan berlipat ganda.

Penulis juga menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan yang disebabkan keterbatasan Harapan penulis, semoga karya ini bermanfaat dan menambah ilmu pengetahuan bagi kita semua, Aamiin.

Malang, 18 Mei 2018

Penulis

Hayungga Tinno P.K

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN PENGAJUAN</b> .....	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN</b> .....	<b>v</b>
<b>MOTTO</b> .....	<b>vi</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	<b>vii</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>viii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xiii</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>xiv</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>xv</b>
<b>المخلص</b> .....	<b>xvi</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang Penelitian.....	1
1.2 Identifikasi Masalah .....	4
1.3 Batasan Masalah .....	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat.....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>6</b>
2.1 Kopi .....	6
2.2 Tingkatan Roasting Kopi.....	19
2.3 Logika Fuzzy .....	32
2.4 Himpunan Fuzzy .....	37
2.5 Algoritma Fuzzy C-Means .....	39
2.6 Penelitian Terkait.....	42
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	<b>44</b>
3.1 Prosedur Penelitian .....	44
3.2 Deskripsi Data .....	45
3.2.1 Data <i>Training</i> .....	45

3.2.2 Data <i>Testing</i> .....	46
3.3 Desain Sistem .....	46
3.3.1 Akuisisi Citra .....	47
3.3.2 <i>Cropping</i> .....	48
3.3.3 Kluster Warna Fuzzy C-Means .....	50
3.3.4 Ekstraksi Fitur .....	53
3.3.5 Tabel Distribusi Frekuensi .....	56
3.3.6 Estimasi Parameter .....	58
3.4 <i>Training</i> Dan <i>Testing</i> Sistem .....	60
3.5 Tingkatan Kopi <i>Roasting</i> .....	61
3.6 Desain <i>Interface</i> .....	62
3.7 Implementasi Sistem .....	64
<b>BAB IV UJI COBA DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>65</b>
4.1 Implementasi dan Antarmuka .....	65
4.2 Implementasi Sistem .....	68
4.2.1 Pengambilan Citra Pada Button “Buka gambar” .....	68
4.2.2 Proses Ekstraksi Fitur Pada Button “Ekstraksi Fitur” .....	69
4.2.3 Proses Klasifikasi Dengan Metode <i>Fuzzy C-Means</i> .....	70
4.3 Pengujian .....	71
4.3.1 Pengumpulan Data Penelitian .....	71
4.3.2 Preproses .....	72
4.3.3 Proses Klasifikasi <i>Fuzzy C-Means Classifier</i> .....	73
4.4 Hasil Uji Coba .....	73
4.4.1 Pengujian Tahap Akuisisi Citra .....	74
4.4.2 Proses Pengujian Tahap Preproses .....	74
4.4 Klasifikasi Tingkat Kematangan Kopi Berdasarkan Hasil <i>Roasting</i> Dengan Al-Quran .....	82
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>84</b>
5.1 Kesimpulan .....	84
5.2 Saran .....	84
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>85</b>
<b>LAMPIRAN-LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Himpunan Fuzzy Variabel Umur.....	38
Gambar 3.1 Prosedur penelitian.....	44
Gambar 3.2 Desain sistem.....	47
Gambar 3.3 Citra kopi.....	48
Gambar 3.4 Script <i>Cropping</i> .....	49
Gambar 3.5 Hasil <i>Cropping</i> .....	50
Gambar 3.6 <i>Flowchart</i> Fuzzy C-Means.....	51
Gambar 3.7 Batas Atas dan Bawah warna RGB ( <i>Red, Green</i> dan <i>Blue</i> ) .....	58
Gambar 3.8 Alur dalam estimasi parameter <i>mean</i> dan <i>varian</i> .....	59
Gambar 3.9 <i>Training</i> dan <i>Testing</i> interface.....	63
Gambar 4.1 <i>Tampilan Utama</i> .....	65
Gambar 4.2 <i>Tampilan Citra</i> .....	66
Gambar 4.3 Proses Segmentasi Citra.....	66
Gambar 4.4 Proses Ekstraksi Fitur.....	67
Gambar 4.5 Proses Klasifikasi <i>Fuzzy C-Means</i> .....	68
Gambar 4.6 Source Code Pengambilan Data Citra.....	69
Gambar 4.7 Source Code Proses Ekstraksi Fitur.....	69
Gambar 4.8 Proses Klasifikasi Metode Fuzzy C-Means.....	70
Gambar 4.9 Contoh Data Citra Yang Disiapkan Dalam Satu Folder.....	71
Gambar 4.10 Contoh Data Citra Yang Telah di <i>Cropping</i> . .....	72
Gambar 4.11 Hasil Akuisisi Citra Kopi Roasting.....	74
Gambar 4.12 Citra Hasil Akuisisi dan <i>Cropping</i> .....	75
Gambar 4.13 Citra Hasil Segmentasi.....	76
Gambar 4.14 Nilai Mean Pada Klasifikasi Light Training dan Testing .....	76
Gambar 4.15 Nilai Mean Pada Klasifikasi Medium Training dan Testing .....	77
Gambar 4.16 Nilai Mean Pada Klasifikasi Dark Training dan Testing .....	77
Gambar 4.17 Rumus Akurasi Sistem .....	76
Gambar 4.18 Penerapan Kasus Uji coba pada Rumus Akurasi Sistem.....	76

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Ekspor impor negara tujuan Indonesia tahun 2015-2017.....	8
Tabel 2.2 Komposisi kimia biji kopi kering.....	10
Tabel 2.3 Literature review.....	42
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Sistem.....	78
Tabel 4.2 Rumus Akurasi Sistem.....	80
Tabel 4.2 Penerapan Kasus Uji coba pada Rumus Akurasi Sistem .....	80



## ABSTRAK

Kusuma, Hayuangga Tinno Putra. 2018. *Aplikasi Klasifikasi Tingkat Kematangan Kopi Berdasarkan Hasil Roasting Menggunakan Metode Fuzzy C-Means*. Skripsi. Teknik Informatika. Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

Pembimbing: (I) Dr. Suhartono, M.Kom (II) Fatchurrochman, M.Kom

---

**Kata Kunci :** Aplikasi Klasifikasi, Kopi Roasting, Fuzzy C-Means

*Kopi merupakan salah satu hasil komoditi perkebunan yang memiliki nilai ekonomis yang cukup tinggi di antara tanaman perkebunan lainnya dan berperan penting sebagai sumber devisa negara. Kopi tidak hanya berperan penting sebagai sumber devisa melainkan juga merupakan sumber penghasilan bagi tidak kurang dari satu setengah juta jiwa petani kopi di Indonesia. Pengolahan kopi sangat berperan penting dalam menentukan kualitas dan cita rasa kopi. Hal ini disebabkan, karena penanganan pasca panen yang tidak tepat antara lain proses fermentasi, pencucian, sortasi, pengeringan, dan penyangraian. Proses penyangraian merupakan salah satu tahapan yang penting, namun saat ini masih sedikit data tentang bagaimana proses penyangraian yang tepat untuk menghasilkan produk kopi berkualitas. Saat ini penggunaan alat telah dipercaya untuk membantu manusia dalam menyelesaikan pekerjaannya. Karena fungsi alat adalah untuk membuat suatu pekerjaan menjadi lebih mudah. Dalam hal ini alat dituntut untuk bekerja lebih cepat, salah satunya adalah alat klasifikasi kopi roasting yang dapat menentukan tingkat klasifikasi roasting pada kopi. Terdapat 3 klasifikasi pada kopi setelah melewati tahap roasting yaitu klasifikasi light roast, medium roast dan dark roast. Dalam penentuan tingkat klasifikasi kopi roasting secara manual membutuhkan orang-orang yang ahli dalam bidang roasting untuk menentukan tingkatan klasifikasinya. Karena hal itulah, kami membangun Aplikasi Klasifikasi Tingkat Kematangan Kopi Berdasarkan Hasil Roasting menggunakan metode Fuzzy C-Means. Aplikasi ini menggunakan beberapa indikator untuk menentukan sebuah klasifikasi yaitu nilai mean dan nilai contrast. Kami menggunakan data image yang langsung diambil dari rumah roasting “Banyu Bening Kota Malang” sebanyak 30 data testing. Akurasi sistem setelah kami melakukan pengujian adalah 33%.*

## ABSTRACT

Kusuma, Hayuangga Tinno Putra. 2018. The Classification Application of Coffee Maturity Level Based on Roasting Result by Using Fuzzy C-Means Method. Thesis. Informatic Engineering Department. Science and Technology Faculty. Maulana Malik Ibrahim State Islamic University Of Malang  
Advisor: (I) Dr. Suhartono, M.Kom (II) Fatchurrochman, M.Kom

---

**Keywords:** Classification Application, Roasting Coffee, Fuzzy C-Means

*Coffee is one of the plant commodities that have high economic value among other plantation and apply an important as a source of foreign exchange. Coffee also a source of income for more than a half million coffee farmers in Indonesia. The Coffee processing apply an important in determining the quality and the taste of coffee. It's cause about the false improper of post-harvest handling in fermentation, washing, sorting, drying, and roasting process. The roasting process is one of the important stages, but currently there is a little data about how the proper roasting process to give the quality result of coffee products. Nowadays, the use of tools has been trusted to help human in completed his work. Because, the function of tools is to make a job easier. In this case the tool is required to work faster, one of which is a coffee roasting classification tool to determine the level of roasting coffee classification. There are there part of coffee classifications after passing roasting stage namely the light roast classification, medium roast and dark roast. For determining the level of coffee roasting with manually requires people who are experts in the field of roasting to determine the level of classification. Therefore, we need to make The Classification Application of Coffee Maturity Level Based on Roasting Result by Using Fuzzy C-Means Method. The application uses several indicators to define a classification of mean and contrast values. We use image data directly taken from home roasting "Banyu Bening Malang" with 30 testing data. And we get the 33% after we did the test of accuracy system for the tools.*

## المستخلص

كوسوما، هايو أبجا تينو بوترا. ٢٠١٨. تطبيق طبقة نضوج البن من نتيجة الإحماء بطريقة غامض C-Means. بحث جامعي. تقنية المعلومات. كلية العلوم والتكنولوجيا. جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانج. المشرف: (١) الدكتور سوهرطنا؛ (٢) فتح الرحمن، المحاسنير

الكلمات الرئيسية: تطبيق الطبقة، إحماء البن، غامض C-Means

البن هو أحد نتائج البضاعة في المزرعة الذي له قيمة الاقتصاد المرتفع من البضائع الأخرى ويلعب دورا لإضافة أرباح الدولة. بجانب ذلك، كان البن مصدر المورد لمليون والنصف نسمة من فلاح البن بإندونيسيا. معالجة البن تلعب دورا عظيما في تعيين جودة القهوة ومذاقها. وهذا بسبب العلاج بعد الحصد لم يكن كما هو، مثل الاختمار، والغسل، الترتيب، الإنشاف، والإحماء. والإحماء هو الخطوات المهمة، لكن الآن ما زالت البيانات عن طريقة الإحماء الجيد لإنتاج القهوة اللذيذة قليلا. ويعتبر استخدام الجهاز يساعد الإنسان في استكمال أعمالهم. ومن إحدى الأعمال المفوضة إلى الجهاز هي لتسهيلها. ويطلب الجهاز لقيام العمل أسرع من عمل الإنسان، وأحدها جهاز طبقة إحماء البن لتعيين درجة إحماءه. هناك ثلاث طبقات في البن بعد الإحماء، وهي بياض الإحماء، متوسط الإحماء، وسواد الإحماء. وفي تعيين طبقة إحماء البن التقليدي احتاج إلى الأرباب في هذا المجال لتعيين درجة طبقتها. لذلك، صنع الباحث تطبيق طبقة نضوج البن من نتائج الإحماء بطريقة غامض C-Means. وهذا التطبيق يستخدم بعض المؤشرات لتعيين الطبقات وهي قيمة الوسطية وقيمة التجانسية. استبان الباحث من بيت الإحماء "بانيو بنينج مالانج" قدر ثلاثين بيانة. ودقة النظام بعد إقامة التجربة هو ٣٣ في المائة.



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Kopi merupakan salah satu hasil komoditi perkebunan yang memiliki nilai ekonomis yang cukup tinggi di antara tanaman perkebunan lainnya dan berperan penting sebagai sumber devisa negara. Kopi tidak hanya berperan penting sebagai sumber devisa melainkan juga merupakan sumber penghasilan bagi tidak kurang dari satu setengah juta jiwa petani kopi di Indonesia.

Keberhasilan agribisnis kopi membutuhkan dukungan semua pihak yang terkait dalam proses produksi kopi pengolahan dan pemasaran komoditas kopi. Upaya meningkatkan produktivitas dan mutu kopi terus dilakukan sehingga daya saing kopi di Indonesia dapat bersaing di pasar dunia. Teknologi budi daya dan pengolahan kopi meliputi pemilihan bahan tanam kopi unggul, pemeliharaan, pemangkasan tanaman dan pemberian penaung, pengendalian hama dan gulma, pemupukan yang seimbang, pemanenan, serta pengolahan kopi pasca panen. Pengolahan kopi sangat berperan penting dalam menentukan kualitas dan cita rasa kopi. Saat ini, peningkatan produksi kopi di Indonesia masih terhambat oleh rendahnya mutu biji kopi yang dihasilkan sehingga mempengaruhi pengembangan produksi akhir kopi. Hal ini disebabkan, karena penanganan pasca panen yang tidak tepat antara lain proses fermentasi, pencucian, sortasi, pengeringan, dan penyangraian. Selain itu spesifikasi alat/mesin yang digunakan juga dapat mempengaruhi setiap tahapan pengolahan biji kopi. Oleh karena itu, untuk memperoleh biji kopi yang bermutu baik maka diperlukan penanganan pasca panen yang tepat dengan melakukan setiap tahapan secara benar. Proses

penyangraian merupakan salah satu tahapan yang penting, namun saat ini masih sedikit data tentang bagaimana proses penyangraian yang tepat untuk menghasilkan produk kopi berkualitas.

Saat ini penggunaan alat telah dipercaya untuk membantu manusia dalam menyelesaikan pekerjaannya. Salah satu pekerjaan yang sering di limpahkan kepada alat adalah untuk membuat suatu pekerjaan menjadi lebih mudah. Dalam hal ini alat dituntut untuk bekerja lebih cepat, salah satunya adalah alat klasifikasi kopi *roasting* yang dapat menentukan tingkat klasifikasi *roasting* pada kopi . Kopi merupakan salah satu minuman yang diminati oleh hampir semua golongan masyarakat dan mengandung banyak gizi dan beberapa manfaat yang terkandung didalamnya. Salah satu manfaatnya adalah membuat tubuh menjadi segar dan meningkatkan konsentrasi pada otak. Sesuai yang terkandung dalam ayat QS 2 Al Baqoroh ayat 172 :

يَا أَيُّهَا الَّذِينَ ءَامَنُوا كُلُوا مِن طَيِّبَاتِ مَا رَزَقْنَاكُمْ وَاشْكُرُوا لِلَّهِ إِن كُنتُمْ إِيَّاهُ تَعْبُدُونَ ۝ ١٧٢

*“Hai orang-orang yang beriman, makanlah di antara rezeki yang baik-baik yang Kami berikan kepadamu dan bersyukurlah kepada Allah, jika benar-benar kepada-Nya kamu menyembah.”*

Konsumen kopi, baik dari dalam maupun luar negeri menghendaki kopi dengan mutu prima. Penilaian mutu kopi ekspor Indonesia saat ini masih didasarkan pada sistem nilai cacat, yaitu didasarkan pada kondisi fisik biji. Pada tingkat eksportir, pemisahan dilakukan dengan menggunakan mesin terutama untuk memisahkan biji kopi hitam. Hasil sortasi ini akan ditentukan mutunya dengan mengambil contoh kopi untuk dianalisa di laboratorium sesuai dengan standar mutu kopi yang disusun oleh Pusat Pengujian Mutu Barang (PPPMB) Depperindag dan Asosiasi Eksportir Kopi Indonesia (AEKI). Penentuan nilai

cacat dilakukan secara visual oleh manusia dengan pengambilan 300 gram contoh kopi untuk dianalisa. Penentuan nilai cacat dengan cara seperti ini mempunyai kelemahan dari sisi subyektivitas yang memungkinkan terjadinya kesalahan akibat kelelahan mata manusia terhadap contoh yang dianalisa. Oleh sebab itu untuk mengatasi masalah tersebut maka diharapkan teknologi pengolahan citra (image processing) merupakan solusi yang tepat dalam penentuan nilai cacat.

Namun dalam penentuan tingkat klasifikasi kopi *roasting* secara manual membutuhkan orang-orang yang ahli dalam bidang *roasting* untuk menentukan tingkatan klasifikasinya.

*Fuzzy logic* sebagai cabang dari sistem kecerdasan buatan dapat diterapkan pada alat klasifikasi kopi *roasting*. Salah satu *fuzzy logic* yang dapat diterapkan sebagai kecerdasan buatan kedalam alat klasifikasi kopi *roasting* adalah logika *fuzzy c-means*. *Fuzzy C-Means* menerapkan pengelompokan *fuzzy*, dimana setiap data dapat menjadi anggota dari beberapa cluster dengan derajat keanggotaan yang berbeda-beda pada setiap cluster. *Fuzzy C-Means* merupakan algoritma iteratif, yang menerapkan iterasi pada proses *clustering* data. Tujuan dari *Fuzzy C-Means* adalah untuk mendapatkan pusat *cluster* yang nantinya akan digunakan untuk mengetahui data yang masuk ke dalam sebuah *cluster*.

Dari penjelasan di atas, maka dibuatlah suatu penelitian tingkat klasifikasi kopi berdasarkan hasil *roasting*. Digunakannya *fuzzy logic*, karena *fuzzy logic* merupakan cabang ilmu dari kecerdasan buatan yang menggunakan pendekatan penyelesaian masalah dengan mencari nilai keabu-abuan sehingga hasilnya memperoleh nilai yang tegas. Oleh karena itu *fuzzy logic* sangat cocok diterapkan pada penentu tingkatan klasifikasi kopi *roasting*.

## 1.2 Identifikasi Masalah

Dari latar belakang masalah yang telah diuraikan, maka dapat diidentifikasi masalah yaitu:

Bagaimana tingkat keakuratan klasifikasi kematangan kopi dalam proses *roasting* menggunakan algoritma *fuzzy c-means* ?

## 1.3 Batasan Masalah

Agar pembahasan penelitian ini tidak menyimpang dari apa yang telah dirumuskan, maka diperlukan batasan-batasan dalam pengerjaannya. Berikut batasan-batasan dalam penelitian ini :

1. Data yang digunakan adalah data citra biji kopi yang telah mengalami proses *roasting*.
2. Jenis kopi yang digunakan sebagai penelitian adalah jenis kopi “*Songgoriti Arabica*”.
3. Tempat pelaksanaan selama kegiatan penelitian bertempat di **rumah sangrai “BANYU BENING” Jln. Terusan bogor, Kota Malang.**

## 1.4 Tujuan Penelitian

Dari masalah yang telah diidentifikasi, maka tujuan dari penelitian ini antara lain:

1. Untuk menghasilkan klasifikasi tingkat kematangan kopi dalam proses *roasting* dengan algoritma *fuzzy c-means*.
2. Untuk menentukan klasifikasi tingkat kematangan kopi dalam proses *roasting* dengan algoritma *fuzzy c-means*.

## 1.5 Manfaat

Manfaat yang didapat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Secara umum

Sebagai masukan yang bermanfaat dalam penerapan sistem *quality control* yang berbasis logika *fuzzy c-means* serta memberikan informasi alternatif mengenai penggunaan sistem *quality control* yang berbasis logika *fuzzy c-means* untuk mengklasifikasi kualitas kematangan kopi *roasting* sebagai upaya mengurangi kendala yang terjadi pada tenaga manusia.

2. Secara khusus

Dapat menambah pengetahuan, wawasan, dan pemahaman tentang penerapan aplikasi logika fuzzy untuk memprediksi kualitas kematangan kopi *roasting*.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Kopi**

Sejarah mencatat tanaman kopi berasal dari Abyssinia, 4 nama daerah lawas di Afrika yang saat ini mencakup wilayah negara Etiopia dan Eritrea. Namun tidak banyak diketahui bagaimana orang-orang Abyssinia memanfaatkan tanaman kopi. Kopi dipopulerkan sebagai minuman penyegar oleh orang-orang Arab dan biji kopi menjadi komoditas komersial setelah dibawa oleh para pedagang Arab ke Yaman.

Di masa awal, bangsa Arab memonopoli perdagangan biji kopi. Mereka mengendalikan perdagangan lewat pelabuhan Mocha, sebuah kota yang terletak di Yaman. Saat itu Mocha menjadi satu-satunya gerbang lalu-lintas perdagangan biji kopi. Dari pelabuhan Mocha biji kopi diperdagangkan hingga ke Eropa. Demikian strategisnya pelabuhan tersebut, sampai-sampai orang Eropa menyebut kopi sebagai Mocha. Memasuki abad ke-17 orang-orang Eropa mulai mengembangkan perkebunan kopi sendiri. Pertama-tama mereka mengembangkannya di Eropa, namun iklim di sana tidak cocok untuk tanaman kopi. Kemudian mereka mencoba membudidayakan tanaman tersebut di daerah jajahannya yang tersebar di berbagai penjuru bumi. Upayanya berhasil, orang-orang Eropa mampu menggeser dominasi bangsa Arab dalam memproduksi kopi.

Salah satu pusat produksi kopi dunia ada di Pulau Jawa yang dikembangkan bangsa Belanda. Untuk masa tertentu kopi dari Jawa sempat mendominasi pasar kopi dunia. Saat itu secangkir kopi lebih populer dengan sebutan “Cup of Java”

atau “Secangkir Jawa”. Menurut Wiliam H. Ukers dalam bukunya *All About Coffe* (1922) kata “kopi” mulai masuk ke dalam bahasa-bahasa Eropa sekitar tahun 1600-an. Kata tersebut diadaptasi dari bahasa Arab “qahwa”. Mungkin tidak langsung dari istilah Arab tetapi melalui istilah Turki “kahveh”. Perlu diketahui, di Arab sendiri istilah “qahwa” tidak ditujukan untuk nama tanaman, tetapi merujuk pada nama minuman. Para ahli meyakini kata “qahwa” digunakan untuk menyebut minuman yang terbuat dari biji yang diseduh dengan air panas. Ada juga pendapat lain yang mengatakan qahwa awalnya merujuk pada salah satu jenis minuman dari anggur (wine). Masih menurut Ukers, asal-usul kata “kopi” secara ilmiah mulai dibicarakan dalam *Symposium on The Etymology of The Word Coffee* pada tahun 1909. Dalam simposium ini secara umum kata “kopi” disepakati merujuk pada istilah dalam bahasa arab “qahwa”, yang mengandung arti “kuat”. Ada juga pihak yang menyangkal istilah kopi diambil dari bahasa Arab. Menurut mereka istilah kopi berasal dari bahasa tempat tanaman kopi berasal yakni Abyssinia. Diadaptasi dari kata “kaffa” nama sebuah kota di daerah Shoa, di Selatan Barat Daya Abissynia. Namun anggapan ini terbantahkan karena tidak didukung bukti kuat. Bukti lain menunjukkan di kota tersebut buah kopi disebut dengan nama lain yakni “bun”. Dalam catatan-catatan Arab “bun” atau “bunn” digunakan untuk menyebut biji kopi bukan minuman.

Dari bahasa Arab istilah “qahwa” diadaptasi ke dalam bahasa lainnya seperti seperti bahasa Turki “kahve”, bahasa Belanda “koffie”, bahasa Perancis “café”, bahasa Italia “caffè”, bahasa Inggris “coffee”, bahasa Cina “kia-fey”, bahasa Jepang “kehi”, dan bahasa melayu “kawa”. Pada faktanya hampir semua istilah untuk kopi di berbagai bahasa memiliki kesamaan bunyi dengan istilah Arab.

Khusus untuk kasus Indonesia, besar kemungkinan kata “kopi” diadaptasi dari istilah Arab melalui bahasa Belanda “koffie”. Dugaan yang logis karena Belanda yang pertama kali membuka perkebunan kopi di Indonesia. Tapi tidak menutup kemungkinan kata tersebut diadaptasi langsung dari bahasa Arab atau Turki. Mengingat banyak pihak di Indonesia yang memiliki hubungan dengan bangsa Arab sebelum orang-orang Eropa datang. Coffee atau kopi dalam bahasa Indonesia secara luas dikenal sebagai stimulan yang dibuat dari biji kopi. Kopi pertama kali dikonsumsi orang di abad ke-9 di daerah dataran tinggi Ethiopia, dari sana lalu menyebar ke Mesir dan Yaman lalu di abad ke-15 menyebar ke Armenia, Persia, Turki, dan Afrika Utara. Tanaman kopi tergolong dalam famili Rubiaceae, sub famili *Cinchonoides*, genus *Coffea* L., sub genus *Coffea*. Sub genus *Coffea* lebih banyak dikembangkan karena paling menguntungkan (Najiyati dan Danarti, 1998). Ada dua spesies dari tanaman kopi yaitu kopi Arabika (*Coffea arabica*) adalah kopi tradisional, dan dianggap paling enak rasanya, kopi Robusta (*Coffea connephora*) memiliki kafein yang lebih tinggi dapat dikembangkan dalam lingkungan dimana Arabika tidak akan tumbuh. Dan kedua jenis kopi ini yang paling banyak diperdagangkan di Indonesia. Jenis kopi yang paling banyak ditanam di Indonesia adalah kopi Robusta. Kopi Arabika tumbuh pada ketinggian tempat lebih dari 600 mdpl. Jika dilihat dari mutu kopi Robusta berada dibawah kopi Arabika. Jumlah pasokan kopi Arabika di dalam pasokan dunia sekitar 70 persen. Sedangkan kopi Robusta sekitar 24 persen dan sisanya diisi oleh kopi jenis *Liberica* dan *Excelsa*. Produksi kopi, ekspor, impor dan negara tujuannya dapat dilihat pada Tabel 2.1.

**Tabel 2.1** Ekspor impor negara tujuan Indonesia tahun 2015-2017

NEGARA TUJUAN	EKSPOR		NEGARA TUJUAN	IMPOR	
	VOLUME (Kg)	NILAI (US\$)		VOLUME (Kg)	NILAI (US\$)
Japan	41.240.063	104.952.849	China	90.000	110.040
Hongkong	1.387.973	3.083.760	Papua New Guinea	59.999	114.000
Korea, Republic Of	2.341.875	10.499.175	Thailand	76.000	279.099
Taiwan	6.165.416	21.130.458	Singapore	5.700	30.231
China	12.749.581	27.147.024	Lao People's Dem. R	0	0
Macau	36.000	71.690	Vietnam	8.112.958	15.157.675
Papua New Guinea	20	50	India	19.200	83.840
Thailand	30.058.240	52.381.679	Indonesia	130.030	408.507
Singapore	9.212.677	30.035.522	Ethiopia	900	6.526
Philippines	9.759.840	18.296.661	Tanzania, United Rep	71.760	139.024
Malaysia	38.086.419	66.736.873	Kenya	0	0
Myanmar	2.040	9.180	Uganda	53.999	98.550
Vietnam	4.574.340	10.147.900	East Timor	31.020	108.570
India	19.303.040	31.914.307	United States	37.429	180.980
Iran (islamic Republic of)	881.920	2.050.684	Guatemala	0	0
Saudi Arabia	37.200	207.990	Brazil	3.018.257	10.171.739
Israel	96.000	300.898	Colombia	30.474	144.870
Kuwait	17.000	20.400	United Kingdom	0	0
Jordan	2.000	16.500	Germany, Fed.Of	2.690	239.337
Turkey	38.400	158.113	Italy	0	0
United Arab Emirates	652.201	1.510.703			
Egypt	20.739.000	39.326.139			
Morocco	10.819.500	19.951.569			
Algeria	16.047.600	28.800.287			
South Africa	5.325.000	10.452.328			
Australia	8.212.732	24.714.172			
Newzealand	604.610	3.120.973			
American Samoa	216.000	359.640			
east Timor	2.517	44.963			
United States	65.317.241	280.577.472			
Canada	4.530.000	23.111.922			
Mexico	343.200	1.242.148			
Ecuador	192.000	297.792			
United Kingdom	21.052.587	45.728.790			
Netherlands	3.442.079	10.262.280			
France	12.801.840	23.395.160			
Germany, Fed.	47.014.395	87.345.478			
Belgium	5.464.970	15.542.844			
Switzerland	188.413	369.003			
Denmark	269.330	687.774			
Norway	157.800	739.147			
Sweden	1.216.320	3.228.960			
Finland	672.180	1.366.308			
Ireland	334.800	1.352.191			
Italy	42.984.136	83.855.799			
Spain	589.561	1.063.280			
Portugal	2.354.400	4.081.061			
Iceland	15.000	77.625			
Greece	3.348.900	6.150.586			
Poland	265.814	456.933			

Romania	492.600	894.181			
Bulgaria	2.099.400	3.787.947			
Armenia	1.156.800	2.194.293			
Ukraine	115.200	241.010			
Latvia	18.000	37.730			
Estonia	123.600	246.828			
Georgia	11.943.100	21.660.164			
Slovakia	300	1.041			
Czech Republic	666.000	1.130.043			
Russia Federation	28.187.387	54.570.132			
JUMLAH	495.966.557	1.183.138.409		11.740.416	27.272.988

Biji kopi Robusta dan Arabika dapat dibedakan dengan nyata secara makroskopis. Biji kopi Arabika lebih besar dari biji kopi robusta. Panjang biji kopi arabika sekitar 8-12 mm dan lebar 6-8 mm, rasio panjang dan lebar 6-7 mm dengan rasio 1.0-1.15. Buah kopi mempunyai kisaran berat antara 100 mg sampai 200 mg dan densitas antara 1.15-1.42.

**Tabel 2.2** Komposisi kimia biji kopi kering.

No	Komponen	Jumlah (%)
1	Air	11-12
2	Kafein	1-2
3	Lemak	12-13
4	Gula	8-9
5	Selulosa	18-19
6	Senyawa yang mengandung N	12-13
7	Senyawa yang tidak mengandung N	33-34
8	Abu	3-4

Negara Indonesia adalah negara yang kaya akan flora dan faunanya. Salah satu fauna yang memberikan kontribusi terbaik pada pendapatan negara adalah tanaman kopi. Tanaman kopi memang banyak ditemukan di dataran tinggi di Indonesia. Tanaman kopi yang menghasilkan biji kopi ini memang tidak asing lagi bagi telinga kita. Masyarakat Indonesia bahkan

membudidayakannya sehingga bisa di ekspor ke negara lain di seluruh dunia. Jenis dari kopi di Indonesia pun sangat beragam mulai dari kopi arabica, kopi robusta, kopi Liberika dan masih banyak lainnya. Jenis tanaman kopi ini memang bukan asli Indonesia namun sebagian dari kopi ini dibawa penjajah yang secara tidak sengaja dibudidayakan oleh masyarakat Indonesia. Salah satu kopi yang sangat menarik banyak perhatian para penikmat kopi adalah jenis kopi Robusta. Kopi jenis ini memang sangat unik dan juga sangat pas untuk semua kondisi. Menyeruput minuman kopi dari jenis robusta ini menambah kenikmatan tersendiri bagi penikmatnya. Robusta yang berasal dari kata 'robust' yang memiliki arti kuat. Hal ini dibuktikan dari tanaman yang memiliki postur cukup kekar dengan tingkat kekenyalan yang juga cukup kuat pula.

Kopi jenis robusta ini merupakan salah satu jenis dari turunan spesies *Coffea canephora*. Jenis yang satu ini tumbuh di daerah dataran rendah yang berada pada ketinggian 400 sampai 800 meter dpl. Suhu optimal dari pertumbuhan tanaman kopi ini yaitu sekitar 24-30°C dengan curah hujannya yaitu 2000-3000 mm pertahun. Perubahan dari tanaman kopi ini akan terlihat pada umur 2,5 tahun dengan kecocokan daerah tropis serta budidaya penanaman yang cukup intensif. Daerah tropis yang cukup basah ini memberikan efek positif terhadap pertumbuhannya. Agar proses pematangan biji berlangsung dengan sempurna maka dibutuhkan waktu kering sekitar 3 sampai 4 bulan dalam setahun dengan beberapa kali intensitas hujan turun yang cukup untuk membuat pertumbuhannya normal. Tidak hanya itu saja, tanaman dari jenis kopi ini juga dibutuhkan tanah yang gembur dan juga kaya akan bahan organik. Hal ini juga perlu didukung dengan tingkat keasaman tanah

yang ideal. Biasanya tanaman kopi ini butuh keasaman sekitar 5,5 sampai 6,5. Dokumen tertulis yang paling tua tentang kopi ditemukan dalam catatan Al Razi (850-922) seorang ilmuwan muslim yang juga ahli kedokteran. Dia menyebut suatu minuman yang ciri-cirinya mirip kopi dengan sebutan bunshum. Catatan ini diperkuat oleh seorang ahli kedokteran setelahnya, Ibnu Sina (980-1037), yang menggambarkan sesuatu biji yang bisa diseduh dan berkhasiat menyembuhkan salah satu penyakit perut. Semua keterangan yang diberikan Ibnu Sina merujuk pada ciri-ciri kopi yang kita kenal saat ini. Dia menyebut minuman tersebut bunshum dan bijinya dengan nama bun.

Kopi menjadi komoditas ekonomi penting di dunia Islam. Minuman kopi sangat populer di kalangan para peziarah di kota Mekah, meskipun pernah beberapa kali dinyatakan sebagai minuman terlarang. Para peziarah meminum kopi untuk tetap terjaga ketika beribadah di malam hari. Popularitas kopi semakin meluas di masa kekhalifahan Turki Ustmani. Di ceritakan minuman kopi menjadi sajian utama di setiap perayaan di Istanbul. Di masa ini juga kopi mulai disukai orang-orang Eropa. Di awal tahun 1600-an para pedagang di Venesia membeli kopi dari pelabuhan Mocha di Yaman. Dari tempat ini menyebar ke daerah Eropa lainnya. Kemudian pada tahun 1668 kopi mulai menyeberang samudera Atlantik dan tiba di New York, kala itu masih menjadi kooni Belanda. Selain itu juga dianjurkan untuk ditanam dibawah naungan pohon lainnya. Untuk beberapa jenis kopi lainnya, Indonesia juga banyak menanam tanaman kopi berdampingan dengan tanaman lain seperti tanaman teh, tanaman tembakau dan banyak lainnya. Jika kita bicara mengenai Kopi Specialty Grade, kita bicara mengenai kualitas kopi terbaik. Mulai dari proses

penanaman kopi, hingga proses penyangraian dan penyeduhan nya. Berikut ini adalah beberapa tahapan proses hingga secangkir kopi bisa disebut sebagai specialty grade. Biji kopi berasal dari buah kopi “petik merah“. Artinya petani hanya memetik buah kopi yang telah matang saja. Dikumpulkan dan kemudian di proses menjadi green bean. Buah kopi yang petik merah akan menghasilkan aroma dan rasa kopi yang kuat dan clean. Buah kopi di masukkan ke dalam ember, kemudian akan terpisah antara biji yang mengapung dan tenggelam. Buah kopi yang tenggelam artinya memiliki kualitas yang baik, yang mengapung kemudian di pisah, hanya dikumpulkan buah kopi yang tenggelam saja. Setelah terkumpul, kemudian di proses menjadi green bean. Ada 3 metode yang umum di pakai oleh petani: Wet Process, Dry Process, dan Pulp Natural. Ketiga metode ini akan memberikan hasil akhir citarasa kopi yang berbeda. Khusus untuk Kopi Luwak, metode pengolahan biasanya menggunakan Wet Process. Setelah green bean selesai di prose dan dikeringkan, kemudian dilakukan Triple Pick, atau proses pensortiran green bean untuk memilih biji kopi yang berbentuk sempurna dan mulus tanpa cacat. Dalam tahapan green bean, grade tertinggi adalah Grade 1, dengan tingkat Defect/Trase (sampah) dibawah 5%. Hampir tidak ada yang menjual green bean dengan defect nol persen, jika ada, maka green bean tersebut sudah masuk ke level Gourmet Coffee, dan harganya akan sangat mahal. Untuk mencapai level specialty grade, setelah green bean di sorting, masuk ke tahap penyangraian. Tahapan ini adalah yang terpenting untuk menghasilkan citarasa kopi yang berkualitas tinggi. Kopi harus di sangrai menggunakan mesin kopi modern agar menghasilkan hasil sangrai yang rata dan matang dengan sempurna. Jika menggunakan cara

tradisional (penggorengan), maka bisa di pastikan hasil sangari tidak akan rata dan matang dengan sempurna. Setelah melalui proses penyangraian, kemudian masuk ke dalam proses penyeduhan. Penyeduhan kopi harus benar agar hasil akhir untuk aroma dan citarasa menjadi sempurna. Hasil terbaik tentu dengan menggunakan Mesin Espresso, namun dengan cara kopi tubruk pun tidak akan kalah jika di proses dengan cara yang benar.

Menurut beberapa barista, jenis kopi robusta ini merupakan jenis kopi yang merajai Indonesia karena memang import kopi robusta ini sangat banyak ditemukan baik dalam Indonesia. Tidak hanya itu saja, jenis kopi yang satu ini memang memiliki citarasa yang lebih kuat dari yang lainnya. Hal ini dibuktikan dari tingkat rasanya yang sangat berbeda-beda. Dari barista salah satu café ternama di Seattle AS ini menyatakan bahwa kopi robusta sendiri memiliki rasa yang berbeda tergantung dari tempat asalnya. Untuk robusta arab dan juga Afrika lebih kuat akan rasanya yang sangat fruity atau penuh dengan aroma buah-buahan. Hal ini sangat jauh berbeda dengan kopi dari Indonesia yang mana keharuman dan rasanya lebih berasa dengan aroma tanah yang baru saja tersiram dengan air hujan. Tidak hanya itu saja, karena banyak rempah di daerah Indonesia juga membuat kop robusta memiliki rasa seperti jamu. Semua keunikan rasa yang dibedakan berdasarkan tempat asalnya ini memang tidak bisa ditentukan dengan pasti. Namun hal yang sangat pasti adalah bahwa kopi jenis robusta memiliki karakter sebagai produk unggulan dengan varietas yang sangat banyak. 99% kopi ini masuk ke Indonesia dan banyak sekali pecinta kopi yang menikmati keunikan yang dimilikinya. Walaupun asalnya berbeda-beda namun hal tersebut memberikan banyak sekali kelebihan lain yang mana

varietas rasa yang dimiliki di setiap jenis kopi semakin beragam. Bahkan banyak penelitian yang sudah mengkombinasikan robusta dengan kopi jenis lainnya. Banyak sekali orang membandingkan antara kopi robusta dengan arabica. Kedua jenis kopi tersebut sama-sama populer dikalangan para penikmat kopi ini memang memiliki beberapa perbedaan yang terlihat signifikan. Perbedaan ini jelas terlihat dari sisi rasa, kandungan kafein, harga, serta keadaan lingkungan produksi. Perbedaan inilah yang mengenalkan kita kepada jenis dari arabica serta robusta. Untuk penjelasannya bisa dilihat berikut ini. Feature pertama yang terlihat jelas adalah pada teksturnya. Para penikmat kopi pasti mengutamakan seteguk rasa kopi yang dinikmati yang jelas terasa dilidah. Kopi rasa robusta memiliki macam rasa yang lebih kuat dari arabica. Rasa ini kerap kali terasa seperti kacang-kacangan atau rasa gandum. Hal ini memberikan penilaian tersendiri yang dianggap beberapa orang kualitas robusta lebih rendah dibanding arabica. Namun tidak semua robusta memiliki tekstur rasa seperti kacang-kacangan. Biasanya hal tersebut bergantung dari daerah asal biji kopi tersebut ditanam. Pendapat lain yang menjelaskan bahwa kopi robusta sangat jauh berbeda dengan arabica terdapat pada kandungan kafeinnya. Kandungan kafein kopi jenis robusta memiliki kandungan yang lebih tinggi dibanding dengan arabica. Sehingga hal ini berpengaruh terhadap rasanya. Jika dibanding dengan arabica, robusta memang terasa lebih pahit dibanding dengan yang lainnya. Bahkan kopi jenis robusta ini mempunyai kandungan kafein dua kali lebih banyak dibanding arabica. Setelah jelas perbedaannya pada rasa dan juga kandungan kafeinnya, robusta juga termasuk kopi yang memiliki harga lebih murah dibanding dengan arabica. Hal ini sudah

terbukti jelas dipasaran yang mana biasanya harga robusta 2 kali lebih murah dibandingkan dengan arabica. Tidak hanya itu saja, kopi instan yang biasa ditemukan di supermarket besar sekalipun menggunakan jenis robusta karena memang harga bahan kopi ini sangat murah dan bisa dikombinasikan dengan mudah.

Hal lain yang sangat jauh berbeda dengan kopi arabica adalah pada keadaan lingkungan produksinya. Kopi robusta yang jauh lebih mudah proses penanamannya ini memberikan keunggulan tersendiri. Karena banyaknya kopi jenis robusta yang ditanam membuat harganya turun. Tidak hanya itu saja, jenis ini bisa ditanam pada ketinggian sekitar 200-800 mdpl dan tidak mudah terserang hama. Daya tahan tanaman kopi jenis robusta ini memang sangat baik karena dibantu dengan kandungan kafeinnya yang tinggi sebagai toksin hama.

Walaupun terbilang jauh lebih unggul arabica dibanding dengan robusta, jenis kopi robusta ini memiliki keunggulan lain yang jauh berbeda dibandingkan dengan kopi arabica. Walaupun memang dari segi harga dan juga rasa memang terbilang jauh lebih unggul arabica namun jenis robusta juga merupakan tanaman yang memiliki daya tahan lebih unggul dibanding dengan arabica. Hal ini bisa dijadikan salah satu pemasukan bagi para petani kopi yang bisa menghasilkan lebih banyak biji dari kopi jenis robusta.

Klasifikasi Tanaman Kopi Robusta Kopi Robusta atau yang disebut dengan *Coffea Canephora* pada walanya hanya dikenal sebagai semak atau tanaman liar yang mampu tumbuh hingga beberapa meter tingginya. Hingga akhirnya Kopi Robusta pertama kali di temukan di Kongo sekitar tahun 1895 oleh Emil Laurent. Namun terlepas dari itu ada data yang menyatakan jenis

Kopi Robusta ini telah ditemukan lebih dahulu oleh dua orang pengembara Inggris bernama Richard Burton dan John Speake pada tahun 1862.

Kopi Robusta (*Coffea robusta* Lindl, ex De Willd) termasuk dalam kelas Dicotyledonae dan bergenus *Coffea* dari famili Rubiaceae. Jenis kopi ini memiliki akar tunggang yang tumbuh tegak lurus sedalam hampir 45cm dengan warna kuning muda. Batang dan cabang-cabang kopi Robusta dapat tumbuh hingga mencapai ketinggian 2 – 5m dari permukaan tanah atau mungkin juga lebih, tergantung di daerah mana kopi tersebut tumbuh. Benih Robusta berbentuk oval dan biasanya lebih kecil daripada kopi arabika. Kopi Robusta (*Coffea robusta* Lindl, ex De Willd) tumbuh baik pada zona 20° LU – 20° LS pada Elevasi 400 – 800m DPL dan dengan temperatur rata-rata tahunan 24 – 30° c. Pada umumnya ketinggian atau elevasi lokasi tumbuh tanaman kopi sangat berpengaruh terhadap besarnya biji kopi, jika berada di tempat yang lebih tinggi maka biji kopi akan menjadi lebih besar. Beberapa varietas yang termasuk kopi robusta antara lain Quillou, Uganda, dan Chanephora, ketiga varietas tersebut masing-masing memiliki karakter fisik dan sifat yang berbeda.

#### Klasifikasi Tanaman Kopi Robusta

Kingdom: Plantae

Divisi: Magnoliophyta

Kelas: Magnoliopsida

Ordo: Gentianaceae

Famili: Rubiaceae

Genus : *Coffea*

Spesies: *Coffea robusta*

### Profil Kopi Robusta

Tahun Spesies ditemukan 1895

Kromosom (2n) 22

Bunga berubah ke biji kopi matang 10 – 11 Bln

Biji kopi matang Tidak jatuh

Musim berbunga Tidak teratur

Hasil panen (kg biji / ha) 2300-4000

Suhu optimal rata-rata tahunan 24-30° C

Curah hujan Optimal 2000-3000 mm

Tumbuh di ketinggian 400 – 800m

Hemileia vastatrix Tahan

Nematodes Tahan

Koleroga Noxia Toleran

Tracheomycosis Rentan

Kandungan Kafein 1.7-4.0%

Bentuk biji kopi Oval / Lonjong

Body Rata-rata 2.0%

Karakter rasa Dominan pahit

Kopi robusta, telah berperan memenuhi produksi kopi dunia sekitar 20 persen. Sementara Kopi Arabica (*Coffea arabica*) jauh lebih besar yaitu sekitar 75-80 persen dari produksi dunia, Dua spesies lain yang tumbuh pada skala kecil yaitu *Coffea liberica* (Liberica kopi) dan *Coffea dewevrei* (excelsa kopi). Indonesia merupakan negara produsen kopi terbesar keempat di dunia setelah Kolombia (1.220 kg/ha/tahun), Brazil (1.000 kg/ha/tahun) dan Vietnam (1.540

kg/ha/tahun) yaitu sebesar 792 kg biji kering per hektar per tahun. Areal produksi kopi di Indonesia diperkirakan telah mencapai sekitar 1,3 juta hektare, yang tersebar dari Sumatra Utara, Jawa dan Sulawesi. Kopi jenis Robusta umumnya dibudidayakan oleh petani di Sumatra Selatan, Lampung, dan Jawa Timur, sedangkan kopi jenis Arabika umumnya ditanam petani kopi Aceh, Sumatra Utara, Sulawesi Selatan, Bali dan Flores. Harga kopi robusta di Indonesia pada tahun 2011 mengalami kenaikan yaitu US\$ 259 per ton. Harga ini jauh lebih tinggi dibanding tahun 2009-2010 yaitu sekitar US\$ 165 per ton. Di Indonesia, sebahagian besar petani kopi lebih memilih membudidayakan kopi jenis Robusta daripada kopi Arabika, sekitar 80 persen dari total 300 ribu ton ekspor kopi Indonesia adalah kopi Robusta. Provinsi Lampung, Bengkulu dan Sumatra Selatan adalah sentra produksi kopi Robusta di Indonesia, dengan total produksi mencapai 320 ribu ton.

## **2.2 Tingkatan Kopi Roasting**

Buah kopi yang telah di panen membutuhkan proses yang sangat panjang untuk kita konsumsi, tidak hanya sekedar mengkonsumsi tapi para penikmat kopi menginginkan kelezatan dan aroma dari karakteristik yang dimiliki kopi. Proses yang dilakukan yaitu dari mulai biji kopi yang merah (cerry) diproses menjadi gabah (HS), lalu gabah menjadi beras (green bean) dan proses selanjutnya kopi beras (green bean) di sangrai (roasting) menjadi roast been, barulah kemudian ditumbuk atau digiling atau dibubukkan (greender) sampai menjadi bubuk kopi yang siap melalui proses selanjutnya yaitu siap diseduh dan dinikmati. Tetapi kali ini yang akan kita bahas adalah proses Roasting Coffee, karena proses ini sangat menentukan citarasa kopi yang akan dinikmati. sehingga dapat dikatakan bahwa

tahapan ini merupakan proses yang sangat krusial dibanding semua tahapan pengolahan kopi. Citarasa kopi mampu divariasikan sesuai selera, tergantung pada bagaimana proses roasting ini dilakukan. Suhu derajat saat biji kopi di roasting merupakan salah satu faktor yang sangat penting dalam menentukan cita rasa kopi yang tercipta dalam sebuah cangkir. Sebelum proses roasting, biji kopi yang masih berwarna hijau (yang kita sebut sebagai green bean) masih terasa sangat lembut dengan bau “rumput” yang segar dan sedikit bahkan tidak ada rasa sama sekali. Proses roasting biji kopi ini mengubah biji mentah menjadi biji aromatik yang khas, kaya rasa dan renyah ketika digigit yang lebih kita kenal sebagai kopi.

Tentu saja ada faktor lain yang bisa dibilang cukup kompleks dalam menentukan rasa kopi. Cita rasa kopi sangat penting sehingga seorang panelis akan bertindak sebagai alat ukur (cup taster). Cup taster tersebut harus peka sekaligus konsisten, kepekaannya meliputi kepekaan mengenali, kepekaan membedakan dan kepekaan membandingkan. Cup taster akan melakukan kegiatan yang disebut Cupping, mengingat mutu kopi akan dinilai setelah kopi disangrai dan digiling. Setelah itu, penilaian pun dilakukan saat kopi diseduh. Aroma kopi yang muncul akan berbeda-beda tergantung asal kopinya. Uji citarasa kopi ini dilakukan secara inderawi, yaitu melalui aroma dan rasa. Citarasa yang muncul sangat penting, khususnya di segmen spesialti. Coffee cupping pada awalnya dipelopori oleh Clarence E. Bickford dari San Fransisco (AS) di pertengahan akhir abad ke-19. Metodenya semakin berkembang dan terus disempurnakan. Apabila anda sudah menjadi cup taster yang berpengalaman, maka anda dapat mengetahui perbedaan cita rasa kopi dari daerah penghasilnya melalui cara yang sederhana yaitu dengan mencium aroma dan merasakan seduhan kopinya. Hal itu

dikarenakan ketika anda melakukan cupping terjadi satu seri tahapan yang berakhir dengan evaluasi sensorik menggunakan olfaksi, gustasi, dan sensasi di dalam rongga mulut (mouth feel). Secara umum citarasa utama pada kopi adalah fragrance (bau kopi bubuk kering), aroma (bau sedap), flavor (khas bau kopi), body (kekentalan), acidity (rasa asam enak), bitterness (rasa pahit), dan sweetness (rasa manis). Sedangkan indikator lain untuk menilai citarasa adalah keseimbangan rasa, kebersihan rasa, dan keseragaman rasa. Lalu secara khusus, cita rasa ditentukan dari:

1. Aroma.

Fragrance (bau dari kopi ketika masih kering) dan aroma (bau dari kopi ketika diseduh dengan air panas) adalah aspek dari aroma yang dapat dinilai melalui tahapan berikut: Mencium bubuk kopi yang berbeda dalam mangkok sebelum di tuang dengan air, mencium aroma saat mengaduk permukaan kopi seduhan, dan mencium aroma kopi saat kopi sudah larut.

2. Flavour.

Flavour menunjukkan sifat khusus yang merupakan kombinasi antara aroma, acidity dan after taste. Flavour di rasakan pada lidah sekaligus pada hidung ketika aroma uap mengalir dari mulut ke hidung. Flavour akan menentukan nilai pada kualitas dan kompleksitas.

3. After taste.

After taste adalah lama bertahannya suatu flavour positif (rasa dan aroma) yang berasal dari langit-langit belakang mulut dan bertahan setelah kopi dibuang atau ditelan. Jika after taste langsung hilang dan tidak enak maka diberikan nilai rendah.

#### 4. Acidity.

Acidity sering digambarkan sebagai rasa asam yang enak, atau masam jika tidak enak. Acidity yang baik akan terasa manis seperti rasa buah segar yang langsung terasa saat kopi diseruput. Sebaliknya acidity yang terlalu dominan dikategorikan tidak enak. Acidity yang tinggi seperti pada kopi Kenya dan acidity yang rendah seperti kopi Sumatra biasanya menjadi acuan para cup taster.

#### 5. Body.

Body adalah rasa ketika kopi masuk kedalam mulut khususnya antara lidah dan langit-langit mulut. Biasanya body yang kental mendapat nilai yang tinggi. Namun body yang ringan juga dapat memiliki rasa enak di mulut. Kopi yang memiliki body yang kental seperti kopi Sumatra atau kopi yang memiliki body ringan seperti kopi Mexico juga menjadi acuan walaupun berbeda.

#### 6. Balance.

Semua aspek flavor, after taste, acidity, body yang seimbang disebut balance. Jika kurang saja salah satu aspeknya atau berlebihan akan mengakibatkan nilai balance berkurang.

#### 7. Sweetness.

Kopi mengandung karbohidrat sehingga akan timbul rasa manis yang menyenangkan. Lawan dari manis dalam konteks ini adalah sour, astringent atau mentah. Sweetness berbeda dengan rasa sukrosa yang ditemukan dalam minuman ringan/soft drink.

#### 8. Clean cup.

Dalam menilai Clean Cup perlu memperhatikan tahap cupping sejak awal. Apabila tidak ada nilai negatif dari cita rasa sampai after taste maka akan mendapatkan nilai, sebaliknya kopi yang tidak memiliki rasa dan aroma akan disingkirkan.

9. Uniformity.

Adanya keseragaman aroma dari setiap mangkok.

10. Overall.

Penilaian yang mencerminkan aspek keseluruhan diatas. Jika kopi memiliki kriteria yang diharapkan dan memiliki aroma khas akan diberi nilai yang tinggi.

11. Defects.

Aroma negatif atau cacat yang mengurangi kualitas kopi seperti Taint atau bau tercemar dan Fault atau rasa yang tidak enak.

Tata Cara Uji Cita Rasa yaitu siapkan biji kopi yang telah diroasting secukupnya dan timbang sebanyak 8,25 gram, masukan ke kedalam masing-masing gelas cupping. Giling biji kopi menggunakan Grinder. Kemudian lakukan pembekaman/pembauan untuk mendapatkan aroma kopi. Seduh kopi dengan 150 ml air mendidih dan diamkan sejenak hingga suhu air mencapai 93°C lalu biarkan selama 4-5 menit. Aduk permukaan kopi sambil mendekatkan hidung ke gelas cupping untuk mendapatkan aroma/break. Bersihkan buih pada permukaan menggunakan dua sendok. Setelah suhu kopi mencapai 73°C –78 °C barulah kopi siap di analisis/dinilai dengan cara diseruput. Kopi akan dinilai secara keseluruhan meliputi fragrance/aroma, flavour, aftertaste, acidity, body, balance, uniformity, sweetness, clean cup, overall dan defect jika ada. Menurut Kenneth Davids, para

penikmat kopi harus mengenal cita rasa kopi dan terus berlatih cupping untuk membedakan mutu kopi spesialti dari berbagai wilayah di Indonesia. Selain itu Kenneth Davids meyakinkan bahwa latihan cupping berulang-ulang akan terasa menyenangkan dan memuaskan diri. Dari dua varietas kopi yang berasal dari negara atau dimana tempat kopi itu tumbuh pada lingkungan yang berbeda saja, akan cenderung menimbulkan rasa yang berbeda juga. Bahkan ketika biji kopi di roasting pada tingkat yang sama (terutama pada tingkat light to medium). Usia kopi, metode pengolahan, menggiling dan metode brewing juga akan mempengaruhi rasa dari kopi tersebut. Tetapi pada tahap roasting, memberikan kamu dasar secara garis besar untuk mendapatkan rasa yang diharapkan. Seperti kita tahu kopi tentunya harus melalui berbagai proses sebelum dapat kita nikmati. Salah satu proses yang harus dilalui adalah proses roasting, bisa dibilang proses ini adalah fase yang paling krusial karena nantinya rasa kopi yang kita nikmati bergantung pada bagaimana proses roasting dilakukan. Ketika kopi masih dalam bentuk biji mentah, dapat dipastikan biji kopi hanya memiliki sedikit atau bahkan tidak memiliki rasa, melalui proses roasting biji kopi akan berubah menjadi biji kopi yang beraroma, kaya rasa, dan memiliki biji yang renyah. Roasting dilakukan dengan menggunakan 3 tipe dasar roasting yang bergantung pada warna akhir biji kopi, suhu roasting, dan waktu selama roasting berlangsung. Dalam proses roasting ini dikenal pula istilah yang disebut dengan crack.

Cara yang paling umum digunakan untuk menggambarkan tingkat roasting biji kopi adalah dengan melihat warna dari biji yang sudah di roasting. Mulai dari light roasts sampai dark roasts (bahkan extra dark roasts). Biji kopi menyerap panas pada saat proses roasting, warnanya terlihat menjadi lebih gelap. Minyak

mulai muncul di permukaan biji pada suhu yang lebih tinggi. Karena biji kopi bervariasi, warna juga sebenarnya bukanlah merupakan cara yang akurat dalam menilai hasil roasting. Tetapi dikombinasikan dengan suhu roasting tertentu sehingga dapat menghasilkan warna kecokelatan yang khas. Warna merupakan cara yang nyaman untuk mengkategorikan tingkat roasting.

Preferensi tingkat roasting sifatnya subjektif. Tingkat roasting yang kamu sukai mungkin tergantung pada tempat dimana kamu tinggal. Di Amerika Serikat misalnya, orang-orang yang berada di West Coast pada umumnya lebih menyukai dark roasts daripada orang-orang yang berada di East Coast. Orang-orang Eropa juga lebih menyukai dark roasts, mereka menggunakan sebutan nama roasting yang dikenal dengan sebutan French Roasts, Italian Roasts, dan Spanish Roasts yang mendominasi hasil akhir dari hasil roasting yang lebih gelap.

Roasting Coffee merupakan memasak kopi, pada dasarnya roasting adalah proses mengeluarkan air dalam kopi, mengeringkan dan mengembangkan bijinya, mengurangi beratnya memberikan aroma pada kopi tersebut. Ketika kopi dimasak ada suatu reaksi kimia yang menyertai sehingga karakter biji kopi pun berubah. Lebih lama biji kopi itu dimasak, semakin banyak pula bahan kimia yang berubah karakteristiknya. Ketika kopi di-roasting, kopi berubah menjadi berwarna coklat. Oleh karena itu, apabila biji kopi berwarna lebih gelap berarti di-roasting lebih lama. Namun bagaimanapun, me-roasting biji kopi bukanlah suatu hal yang sederhana, sesederhana memasukkannya ke alat pemanggang dan kemudian me-roastingnya. Biji kopi sesungguhnya akan menghasilkan kopi yang berbeda apabila di-roasting dalam suhu yang berbeda meskipun hasil akhirnya berwarna sama, karena teknik me-roasting kopi merupakan suatu seni.

Kopi juga akan berubah dari endothermic (Meyerap panas) menjadi exothermic (Menghasilkan panas) selama proses roasting. Reaksi kimia kopi pada saat di roasting menciptakan berbagai komponen yang berpengaruh pada cita rasa kopi. Didalam proses roasting juga biji kopi akan menghasilkan “intisari biji kopi” yang berasal dari reaksi kimia yang terjadi. Intisari biji kopi itu berupa minyak kopi. Kemudian, minyak kopi menjadi coffeol (sejenis minyak yang mengambang), namun juga bersifat larut dalam air. Namun dengan mengatur prosedur roasting, seseorang dapat mengatur sedikit atau banyaknya minyak kopi yang akan dihasilkan untuk setiap kali proses roasting.

Biji kopi yang sudah dicuci dan belum disangrai (*roasting*) teksturnya lunak dan memiliki kandungan acid, protein, gula, serta kafein yang lebih tinggi dibandingkan dengan biji kopi yang sudah disangrai (*roasting*). Ketika kopi masih dalam bentuk beras (*green bean*), dapat dipastikan biji kopi tersebut hanya memiliki sedikit rasa atau bahkan tidak ada rasa, namun setelah melalui proses *roasting*, biji kopi (*green bean*) yang semula tidak memiliki rasa akan berubah menjadi biji kopi yang beraroma, kaya rasa, dan memiliki biji yang renyah. Karena itu dapat dipastikan salah satu tahapan yang harus dilalui agar kopi bisa dinikmati dengan aroma dan citarasa sedap adalah proses sangrai (*roasting*). Proses ini pun sangat menentukan citarasa kopi yang akan dinikmati, mulai dari *body* yang ringan sampai *body* berat dapat diatur dengan proses sangrai, sehingga dapat dikatakan bahwa tahapan ini merupakan proses yang sangat krusial dibanding semua tahapan pengolahan kopi. Citarasa kopi mampu divariasikan sesuai selera, tergantung pada bagaimana proses *roasting* ini dilakukan.

Sebagai gambaran betapa pentingnya proses *roasting*, maka jika dikomposisikan perbandingan penentu citarasa kopi yang kita nikmati, 30% rasa enakunya kopi bisa ditentukan oleh roaster melalui proses *roasting*, 60% ditentukan oleh proses budidaya dan panen di kebun sedangkan sisanya yang 10% ditentukan oleh barista pada saat penyajian.

Beberapa tahapan yang perlu diperhatikan dalam proses *roasting*:

1. Pastikan *green bean* kopi yang akan di *roasting* berada pada tingkat kadar air 11% dan setelah proses *roasting*, kadar air tersisa menjadi 4%.
2. Kenali karakter kopi yang akan diroasting dan rancang atau tentukan rasa terbaik kopi yang bisa dihasilkan oleh *green bean* tersebut.
3. Buang rasa-rasa yang dianggap mengganggu pada kopi, misalnya rasa *earthy, grassy, astringent, carbony, woody* atau gangguan rasa lain agar penyangraian tidak terlalu lama sehingga kopi tidak gosong.
4. *Green bean* atau biji kopi mentah masukkan ke dalam mesin *roasting*.
5. Lakukan pemangangan *green bean* sampai kopi berubah warna secara bertahap, dari hijau menjadi kuning, lalu kuning kecoklatan, terus coklat muda, coklat tua, coklat kehitaman, sampai terakhir menjadi hitam. Rasakan perubahan aroma biji kopi pada setiap menit proses *roasting* dan pastikan terjadi dua kali letupan, yaitu pertama (*first crack*) dan letupan kedua (*second crack*).
6. Lakukan *roasting* dengan menggunakan 3 tipe dasar *roasting* yang bergantung pada; a). warna akhir biji kopi, b). suhu *roasting*, dan c). waktu selama *roasting* berlangsung.

Pada dasarnya *roasting* adalah proses mengeluarkan air dalam kopi, mengeringkan dan mengembangkan bijinya, mengurangi beratnya hingga 20%, serta yang paling penting adalah mengubah unsur gula menjadi *CO<sub>2</sub>* sebagai alat transport untuk memberikan aroma pada kopi tersebut.

Tingkatan *roasting* paling umum dijadikan patokan terutama di Indonesia ada tiga tingkat yaitu; *light roast*, *medium roast*, dan *dark roast*. Tingkatan ini biasanya paling pas dalam memanggang kopi arabika. Untuk profesi penyangrai kopi tingkat dunia, biasanya menggunakan tingkatan *roasting* yang lebih spesifik seperti *french roast*, *vienna roast*, *cinnamon roast*, dan lain lain.

#### 1. *Light Roast*

Pada tingkatan *roasting* ini cita rasanya asam, aroma sangrai kurang tercium, tahapan pertama biji kopi yang telah di sangrai beberapa menit akan sedikit mengembang. Light roast merupakan fase dalam *roasting* yang memiliki tingkat kematangan paling rendah. Biji kopi akan memiliki warna coklat terang karena proses penyerapan panas yang dilakukan tidak terlalu lama, minyak juga tidak muncul pada biji kopi dan biji kopi cenderung kering. Light roast memiliki suhu biji kopi berada pada kisaran 180°C – 205°C. Pada suhu sekitar 205°C tersebut terjadi *first crack* dan pada saat itu pula proses *roasting* dihentikan. Kopi yang di *roasting* pada tingkatan ini memiliki keasaman dan *caffeine* yang tinggi. Tingkatan *roasting* ini cocok bagi orang yang menyukai rasa kopi mencolok, karena memiliki ciri khas seperti *citrusy*, *earthy*, dan *buttery*.

## 2. *Medium Roast*

Pada tingkatan *roasting* ini, cita rasa terasa manis dan aroma asap penyangraian sangat tajam tercium, karena biji kopi banyak mengeluarkan asap, warnanya makin hitam sampai berminyak dan kandungan gula mulai berkarbonisasi. *Medium roast* merupakan tingkatan *roasting* yang paling banyak digunakan. Biji kopi akan berwarna lebih gelap apabila dibandingkan dengan *light roast* tetapi lebih terang apabila dibandingkan dengan *dark roast*. Sama seperti *light roast*, pada *medium roast* biji kopi tidak mengeluarkan minyak pada permukaannya. *Medium roast* memiliki suhu biji kopi pada kisaran 210°C dan 220°C. Pada suhu tersebut adalah suhu dimana *first crack* usai namun *second crack* belum terjadi. Selain *caffeine* yang lebih rendah, *medium roast* menghasilkan kopi yang cenderung *balance* aroma, *balance* keasaman dan menghasilkan banyak rasa.

## 3. *Dark Roast*

*Dark roast* merupakan tingkatan paling matang pada proses *roasting* kopi, apabila melebihi tingkatan ini justru kopi menjadi tidak enak. Warna biji kopi akan lebih gelap bila dibandingkan dengan tingkatan – tingkatan *roasting* lainnya. Pada *dark roast* biji kopi hasil *roasting* mengeluarkan minyak pada permukaannya. Rasa kopi juga akan cenderung pahit dan menutupi rasa khas dari masing – masing kopi. *Dark roast* selesai di *roasting* ketika *second crack* usai terjadi atau pada suhu sekitar 240°C. Bagi yang menyukai kopi dengan kekentalan (*body*) kopi yang tebal, sangat cocok dengan profil *dark roast*.

Sejak tahun 2002 yang lalu, ada larangan perdagangan kopi bermutu rendah. Larangan sebagaimana dimaksud tertuang dalam Resolusi ICO 407 yang berlaku sejak tanggal 1 Oktober 2002. Badan Standardisasi Nasional (BSN) sendiri sudah lama membuat Standar Nasional Indonesia (SNI) tentang Biji Kopi, termasuk mutunya, seperti dijelaskan di bawah ini:

MUTU 1: Jumlah nilai cacat maksimum 11

MUTU 2: Jumlah nilai cacat 12 sampai dengan 25

MUTU 3: Jumlah nilai cacat 26 sampai dengan 44

MUTU 4a: Jumlah nilai cacat 45 sampai dengan 60

MUTU 4b: Jumlah nilai cacat 61 sampai dengan 80

MUTU 5: Jumlah nilai cacat 81 sampai dengan 150

MUTU 6: Jumlah nilai cacat 151 sampai dengan 225

Pembagian mutu 4 menjadi sub mutu 4a dan 4b seperti disampaikan di atas hanya berlaku untuk varian kopi robusta. Artinya, kopi arabika tidak dibagi menjadi sub mutu 4a dan 4b.

Bagaimana cara menentukan jenis dan nilai cacat biji kopi. Adapun penentuan besarnya jenis dan nilai cacat biji kopi adalah sebagai berikut:

1 (satu) BIJI HITAM: 1 (satu)

1 (satu) BIJI HITAM SEBAGIAN: 1/2 (setengah)

1 (satu) BIJI HITAM PECAH: 1/2 (setengah)

1 (satu) KOPI GELONDONG: 1 (satu)

1 (satu) BIJI COKLAT: 1/4 (seperempat)

1 (satu) KULIT KOPI UKURAN BESAR: 1 (satu)

1 (satu) KULIT KOPI UKURAN SEDANG: 1/2 (setengah)

1 (satu) KULIT KOPI UKURAN KECIL: 1/5 (seperlima)

1 (satu) BIJI BERKULIT TANDUK: 1/2 (setengah)

1 (satu) KULIT TANDUK UKURAN BESAR: 1/2 (setengah)

1 (satu) KULIT TANDUK UKURAN SEDANG: 1/5 (seperlima)

1 (satu) KULIT TANDUK UKURAN KECIL: 1/10 (sepersepuluh)

1 (stau) BIJI PECAH: 1/5 (seperlima)

1 (satu) BIJI MUDA: 1/5 (seperlima)

1 (satu) BIJI BERLUBANG SATU: 1/10 (sepersepuluh)

1 (satu) BIJI BERLUBANG LEBIH DARI SATU: 1/5 (seperlima)

1 (satu) BIJI BERTUTUL-TUTUL: 1/10 (sepersepuluh)

1 (satu) RANTING, TANAH ATAU BATU BERUKURAN BESAR: 5 (lima)

1 (satu) RANTING, TANAH ATAU BATU BERUKURAN SEDANG: 2 (dua)

1 (satu) RANTING, TANAH ATAU BATU BERUKURAN KECIL: 1 (satu)

Jumlah nilai cacat dihitung dari contoh uji seberat 300g. Jika satu biji kopi memiliki lebih dari satu nilai cacat, maka penentuan nilai cacat didasarkan pada bobot nilai cacat yang terbesar. Demikian informasi Mutu dan Nilai Cacat Biji Kopi ini disampaikan. Semoga bermanfaat.

Kelas mutu yang ditetapkan oleh SCAA terbagi atas 5 kelas mutu yaitu sebagai berikut :

1. Specialty Grade Green Coffee (1) : khusus biji kopi hijau tidak memiliki lebih 5 penuh cacat dari 300 gram kopi. Tidak diperbolehkan adanya cacat primer. Toleransi maksimal 5 persen di atas atau di bawah ukuran ayakan yang ditunjukkan. Kopi harus memiliki setidaknya satu ciri-ciri khusus pada

tubuh, rasa, aroma, atau keasaman. Harus bebas dari kesalahan dan cacat/noda. Kadar air antara 9-13 persen.

2. Premium Coffee Grade (2) : kelas mutu kopi premium harus tidak lebih dari 8 penuh cacat dalam 300 gram. Cacat primer diperbolehkan dengan toleransi maksimal 5 persen di atas atau di bawah ukuran ayakan yang ditunjukkan. Harus memiliki setidaknya satu ciri-ciri khusus pada tubuh, rasa, aroma, atau keasaman. Kadar air antara 9-13 persen.
3. Exchange Coffee Grade (2) : pada grade ini kopi yang cacat harus tidak lebih dari 9-23 penuh cacat dalam 300 gram. Berdasarkan beratnya harus 50 persen di atas ukuran ayakan 15 dengan tidak lebih dari 5 persen dari ukuran ayakan di bawah 14. Kadar air antara 9-13 persen.
4. Below Standard Grade (3) : 24-86 cacat dari 300 gram.
5. Off Grade (5) : lebih dari 86 cacat dari 300 gram.

### 2.3 Logika Fuzzy

*Fuzzy* secara bahasa dapat diartikan samar, dengan kata lain logika fuzzy adalah logika yang samar. Dimana pada logika fuzzy suatu nilai dapat bernilai 'true' dan 'false' secara bersamaan. Tingkat 'true' atau 'false' nilai dalam logika fuzzy tergantung pada bobot keanggotaan yang dimilikinya. Logika fuzzy memiliki derajat keanggotaan rentang antara 0 hingga 1, berbeda dengan logika digital yang hanya memiliki dua keanggotaan 0 atau 1 saja pada satu waktu. Logika fuzzy sering digunakan untuk mengekspresikan suatu nilai yang diterjemahkan dalam bahasa (linguistic), semisal untuk mengekspresikan suhu dalam ruangan apakah ruangan tersebut dingin, hangat, atau panas.

*Fuzzy Logic* adalah suatu cabang ilmu *Artificial Intelligence*, yaitu suatu pengetahuan yang membuat komputer dapat meniru kecerdasan manusia sehingga diharapkan komputer dapat melakukan hal-hal yang apabila dikerjakan manusia memerlukan kecerdasan. Logika fuzzy adalah suatu cara yang tepat untuk memetakan suatu ruang input dalam suatu ruang output dan memiliki nilai yang berlanjut. Kelebihan logika fuzzy ada pada kemampuan penalaran secara bahasa. Sehingga, dalam perancangannya tidak memerlukan persamaan matematis yang kompleks dari objek yang akan dikendalikan. Dengan kata lain *fuzzy logic* mempunyai fungsi untuk “meniru” kecerdasan yang dimiliki manusia untuk melakukan sesuatu dan mengimplementasikannya ke suatu perangkat, misalnya robot, kendaraan, peralatan rumah tangga, dan lain-lain.

Konsep *Fuzzy Logic* diperkenalkan oleh Prof. Lotfi Zadeh dari Universitas California di Berkeley pada 1965 dan dipresentasikan bukan sebagai suatu metodologi kontrol, tetapi sebagai suatu cara pemrosesan data dengan memperkenankan penggunaan *partial set membership* dibanding *crisp set membership* atau *non-membership*. Pendekatan pada set teori ini tidak diaplikasikan pada sistem kontrol sampai tahun 70-an karena kemampuan komputer yang tidak cukup pada saat itu. Profesor Zadeh berpikir bahwa orang tidak membutuhkan kepastian, masukan informasi numerik, dan belum mampu terhadap kontrol adaptif yang tinggi.

Konsep *fuzzy logic* kemudian berhasil diaplikasikan dalam bidang kontrol oleh E.H. Mamdani. Sejak saat itu aplikasi *fuzzy* berkembang kian pesat. Di tahun 1980-an negara Jepang dan negara-negara di Eropa secara agresif membangun produk nyata sehubungan dengan konsep *fuzzy logic* yang diintegrasikan dalam

produk-produk kebutuhan rumah tangga seperti *vacuum cleaner*, *microwave oven* dan kamera video. Sementara pengusaha di Amerika Serikat tidak secepat itu mencakup teknologi ini. *Fuzzy logic* berkembang pesat selama beberapa tahun terakhir. Terdapat lebih dari dua ribu produk dipasaran yang menggunakan konsep *fuzzy logic*, mulai dari mesin cuci hingga kereta berkecepatan tinggi. Setiap aplikasi tentunya menyadari beberapa keuntungan dari *fuzzy logic* seperti performa, kesederhaan, biaya rendah dan produktifitasnya.

#### Konsep *Fuzzy Logic*

- *Fuzzy logic* umumnya diterapkan pada masalahmasalah yang mengandung unsur ketidakpastian (*uncertainty*), ketidaktepatan (*imprecise*), *noisy*, dan sebagainya.
- *Fuzzy logic* menjembatani bahasa mesin yang presisi dengan bahasa manusia yang menekankan pada makna atau arti (*significance*).
- *Fuzzy logic* dikembangkan berdasarkan cara berfikir manusia.

Ada tiga proses utama jika ingin mengimplementasikan *fuzzy logic* pada suatu perangkat, yaitu fuzzifikasi, evaluasi *rule*, dan defuzzifikasi.

1. *Fuzzification*, merupakan suatu proses untuk mengubah suatu masukan dari bentuk tegas (*crisp*) menjadi *fuzzy* yang biasanya disajikan dalam bentuk himpunan-himpunan *fuzzy* dengan suatu fungsi kenggotaannya masing-masing.
2. *Interference System* (Evaluasi *Rule*), merupakan sebagai acuan untuk menjelaskan hubungan antara variable-variabel masukan dan keluaran yang mana variabel yang diproses dan yang dihasilkan

berbentuk *fuzzy*. Untuk menjelaskan hubungan antara masukan dan keluaran biasanya menggunakan “IF-THEN”.

3. *Defuzzification*, merupakan proses perubahan variabel berbentuk fuzzy tersebut menjadi data-data pasti (*crisp*) yang dapat dikirimkan ke peralatan pengendalian.

### **Logika Fuzzy dengan menggunakan Matlab**

MATLAB adalah sistem perangkat lunak interaktif dengan elemen dasar basis data array. Hal ini memungkinkan seorang pengguna (user) dapat memecahkan masalah yang berhubungan dengan komputasi dan matematika serta perhitungan teknik, khususnya yang melibatkan matriks dan vektor dengan waktu yang lebih singkat dari waktu yang dibutuhkan untuk menulis program dalam bahasa C atau FORTRAN. MATLAB dikeluarkan oleh perusahaan Mathwork Inc. Agar dapat menggunakan fungsi fungsi logika fuzzy yang ada pada MATLAB, maka harus diinstallkan terlebih dahulu TOOLBOX fuzzy. Fuzzy logic toolbox memberikan fasilitas Graphical User Interface (GUI) untuk mempermudah dalam membangun suatu sistem fuzzy.

### **Kelebihan Logika Fuzzy**

1. Konsep logika fuzzy mudah dimengerti. Konsep matematis yang mendasari penalaran fuzzy sangat sederhana dan mudah dimengerti.
2. Logika Fuzzy sangat fleksibel.
3. Logika fuzzy memiliki toleransi terhadap data-data yang tidak tepat.
4. Logika Fuzzy mampu memodelkan fungsi-fungsi non linear yang sangat kompleks.

5. Logika fuzzy dapat membangun dan mengaplikasikan pengalaman-pengalaman para pakar secara langsung tanpa harus melalui proses pelatihan.
6. Logika Fuzzy dapat bekerjasama dengan teknik-teknik kendali secara konvensional.
7. Logika fuzzy didasarkan pada bahasa alami.

#### Kekurangan Logika Fuzzy

Selain kelebihan yang telah dijelaskan di atas, ternyata Fuzzy Logic juga memiliki kekurangan. Dalam mendesain fuzzy logic, sering ditemukan kesulitan dalam menentukan preferensi atau parameter agar output yang dihasilkan akurat, yaitu :

1. Model Mamdani atau Sugeno atau model lain.
2. Penentuan model inference harus tepat, Mamdani biasanya cocok untuk masalah intuitive sedangkan sugeno untuk permasalahan yang menangani control.
3. Jumlah Nilai Linguistik untuk setiap variable.
4. Kita harus merubah nilai crisp menjadi nilai linguistik. Jumlah dari nilai linguistik yang digunakan harus sesuai dengan permasalahan yang akan kita selesaikan.
5. Batas-batas Nilai Linguistik. Batas-batas nilai linguistik akan sangat berpengaruh pada akurasi fuzzy logic.
6. Fungsi Keanggotaan: Segitiga, trapesium, phi.
7. Fuzzy rule yang tepat.

## 2.4 Himpunan Fuzzy

Himpunan *fuzzy* adalah pengelompokan sesuatu berdasarkan variabel bahasa (*linguistik variable*) yang dinyatakan dengan fungsi keanggotaan (Saelan, 2009).

Dalam logika *fuzzy* ada dua jenis himpunan, yaitu himpunan *crisp* (tegas) dan himpunan *fuzzy* (samar).

- a. Himpunan *crisp* (tegas) adalah himpunan yang menyatakan suatu obyek merupakan anggota dari satu himpunan dengan memiliki nilai keanggotaan  $(\mu) = \text{ya (1) atau tidak (0)}$ , oleh karena itu himpunan *crisp* disebut himpunan tegas.
- b. Himpunan *fuzzy* adalah himpunan yang menyatakan suatu obyek dapat menjadi anggota dari beberapa himpunan dengan nilai keanggotaan  $(\mu)$  yang berbeda.

Menurut wulandari (2011) himpunan *fuzzy* memiliki 2 atribut yaitu:

- a) Linguistik, yaitu penamaan suatu kelompok yang mewakili suatu keadaan atau kondisi tertentu dengan menggunakan bahasa alami, seperti: LAMBAT, SEDANG, CEPAT.
- b) Numerik, yaitu suatu nilai (angka) yang menunjukkan ukuran dari suatu variabel, seperti: 40, 50, 60, dan sebagainya.

Hal – hal yang perlu diketahui dalam memahami sistem *fuzzy* yaitu:

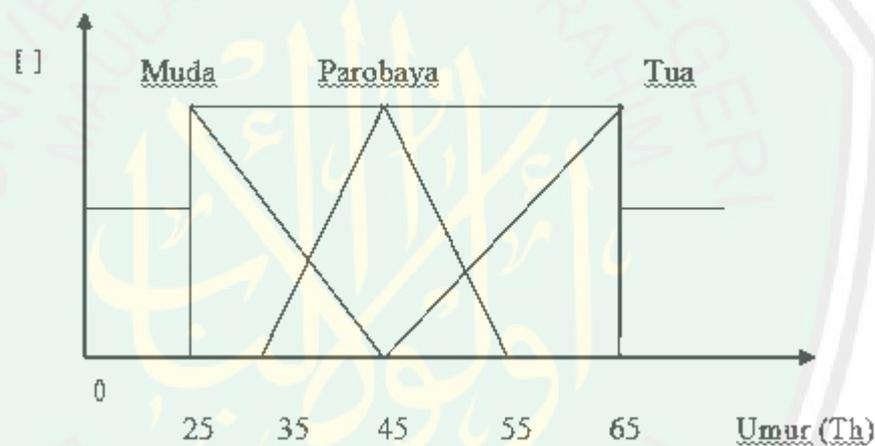
- a. Variabel *Fuzzy*

Variabel *fuzzy* merupakan variabel yang dibahas dalam suatu sistem *fuzzy*, variabel *fuzzy* terdiri dari beberapa himpunan *fuzzy*. Contoh: Variabel suhu, terbagi menjadi 5 himpunan *fuzzy* yaitu: dingin, sejuk, normal, hangat dan panas.

b. Himpunan *Fuzzy*

Himpunan *fuzzy* merupakan suatu kelompok yang mewakili suatu keadaan tertentu dalam suatu variabel *fuzzy*. Misalkan variabel umur dibagi 3 kategori, yaitu: MUDA  $< 35$  tahun, PAROBAYA  $35 \leq \text{umur} \leq 55$  tahun, TUA  $> 55$  tahun. Seseorang dapat masuk ke dua kategori secara bersamaan, misalnya seseorang yang berusia 35 tahun kurang 1 hari dapat masuk kategori MUDA dan PAROBAYA sekaligus, tetapi dengan nilai keanggotaan yang berbeda.

Lihat Gambar 2.1 dibawah:



**Gambar 2.1** Himpunan Fuzzy Variabel Umur

c. Semesta Pembicaraan

Semesta pembicaraan adalah keseluruhan nilai yang diperbolehkan untuk dioperasikan dalam suatu variabel *fuzzy*. Semesta pembicaraan merupakan himpunan bilangan real yang senantiasa naik (bertambah) secara monoton dari kiri ke kanan. Nilai semesta pembicaraan dapat berupa bilangan positif maupun negatif. Ada kalanya nilai semesta pembicaraan ini tidak dibatasi batas atasnya. Jika  $U$  adalah kumpulan objek-objek yang dilambangkan  $\{u\}$ , maka  $U$  dinyatakan sebagai semesta pembicaraan, dan  $u$  adalah elemen dari  $U$ .

Contoh :

1. Semesta pembicaraan untuk variabel umur  $[0 \ 65]$  0 tahun menyatakan umur muda 65 tahun menyatakan umur tua.

d. Domain

Domain himpunan *fuzzy* adalah keseluruhan nilai yang diperbolehkan untuk dioperasikan dalam suatu himpunan *fuzzy*. Nilai domain dapat berupa bilangan positif maupun negatif. Contoh domain dari himpunan *fuzzy* kecepatan adalah sebagai berikut:

1. LAMBAT :  $[0, 80]$

Kecepatan dikatakan LAMBAT apabila dimulai dari 0 km/jam sampai 80 km/jam.

2. SEDANG :  $[20, 140]$

Kecepatan dikatakan SEDANG apabila dimulai dari 20 km/jam sampai 140 km/jam.

3. CEPAT :  $[80, 160]$

Kecepatan dikatakan CEPAT apabila dimulai dari 80 km/jam sampai 160 km/jam.

## 2.5 Algoritma Fuzzy C-Means

*Fuzzy Clustering* adalah perluasan dari teknik analisis cluster, di mana setiap obyek dapat masuk ke dalam beberapa kelompok atau cluster tergantung pada tingkat atau derajat keanggotaannya. Jadi pada *Fuzzy clustering* diperbolehkan adanya overlap.

*Fuzzy C Means* adalah sebuah metode clustering yang mengijinkan satu data menjadi milik dua atau lebih cluster. Metode ini sering digunakan dalam

pengenalan pola (*pattern recognition*). Metode *Fuzzy C-Means* adalah salah satu metode clustering yang mengalokasikan kembali data ke dalam masing-masing cluster dengan memanfaatkan teori *Fuzzy*. Dalam metode *Fuzzy C Means* dipergunakan variabel membership function, yang merujuk pada seberapa besar kemungkinan suatu data bisa menjadi anggota ke dalam suatu. Terdapat beberapa perbedaan yang mendasar antara teknik clustering klasik dengan teknik clustering fuzzy yaitu pada partisi clustering yang bersifat klasik, suatu data hanya menjadi anggota pada satu cluster saja, sedangkan pada partisifuzzy suatu data bisa menjadi anggota pada dua cluster yang berbeda. Hal ini disebabkan karena nilai keanggotaan suatu data pada partisi fuzzy terletak pada interval nol sampai dengan satu.

Berikut langkah-langkah dalam penghitungan algoritma *fuzzy c-means*

1. *Input* data yang akan di *cluster*  $X$ , berupa *matriks* berukuran  $n \times m$  ( $n$ =jumlah *sample* data,  $m$ =atribut setiap data).  $X_{ij}$ =data *sample* ke- $i$  ( $i=1,2,\dots,n$ ), atribut ke- $j$  ( $j=1,2,\dots,m$ ).
2. Tentukan :
  - o Jumlah *cluster* =  $c$ ;
  - o Pangkat =  $w$ ;
  - o Maksimum iterasi =  $\text{MaxIter}$ ;
  - o Error terkecil yang diharapkan =  $\xi$ ;
  - o Fungsi objektif awal =  $P_0 = 0$ ;
  - o Iterasi awal =  $t = 1$ ;
3. Bangkitkan bilangan random  $\mu_i, i = 1, 2, 3, \dots, n; k = 1, 2, 3, \dots, c$ ;

sebagai elemen – elemen matriks partisi awal U. Hitung jumlah setiap kolom dengan Persamaan 2.1:

$$Q_i = \sum_{k=1}^c \mu_{ik} \quad (2.1)$$

4. Hitung pusat *cluster* ke- k:  $V_k$ , dengan  $k = 1, 2, 3, \dots, c$ ; dan  $j = 1, 2, 3, \dots, m$ . dengan Persamaan 2.2 :

$$V_{kj} = \frac{\sum_{i=1}^n ((\mu_{ik})^w * X_{ij})}{\sum_{i=1}^n (\mu_{ik})^w} \quad (2.2)$$

5. Hitung fungsi objektif pada iterasi ke-t, P dengan Persamaan 2.3

$$P_t = \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^c \left( \left[ \sum_{j=1}^m (X_{ij} - V_{kj})^2 \right] (\mu_{ik})^w \right) \quad (2.3)$$

6. Perhitungan fungsi objektif  $P_t$  dimana nilai variabel fuzzy  $X_{ij}$  di kurangi dengan dengan pusat cluster  $V_{kj}$  kemudian hasil pengurangannya di kuadratkan lalu masing-masing hasil kuadrat di jumlahkan untuk dikali dengan kuadrat dari derajat keanggotaan  $\mu_{ik}$  untuk tiap *cluster*. Setelah itu jumlahkan semua nilai di semua *cluster* untuk mendapatkan fungsi objektif  $P_t$ .
7. Hitung perubahan matriks partisi seperti persamaan 2.4 :

$$\mu_{ik} = \frac{\left[ \sum_{j=1}^m (X_{ij} - V_{kj})^2 \right]^{\frac{-1}{w-1}}}{\sum_{k=1}^c \left[ \sum_{j=1}^m (X_{ij} - V_{kj})^2 \right]^{\frac{-1}{w-1}}} \quad (2.4)$$

dengan  $i = 1, 2, \dots, n$  dan  $k = 1, 2, \dots, c$ .

Untuk mencari perubahan matrik partisi  $\mu_{ik}$ , pengurangan nilai variabel fuzzy  $X_{ij}$  di lakukan kembali terhadap pusat cluster  $V_{kj}$  lalu dikuadratkan. Kemudian dijumlahkan lalu dipangkatkan dengan  $-1/(w-1)$  dengan bobot,  $w=2$  hasilnya setiap data dipangkatkan dengan  $-1$ . Setelah proses perhitungan dilakukan, normalisasikan semua data derajat keanggotaan baru dengan cara menjumlahkan derajat keanggotaan baru  $k = 1, \dots, c$ , hasilnya kemudian dibagi dengan derajat keanggotaan yang baru. Proses ini dilakukan agar derajat keanggotaan yang baru mempunyai rentang antara 0 dan tidak lebih dari 1.

8. Cek kondisi berhenti :
  - Jika:  $(|P_t - P_{t-1}| < \zeta)$  atau  $(t > \max \text{Iter})$  maka berhenti.
  - Jika tidak,  $t=t+1$ , ulangi langkah ke-4.

## 2.6 Penelitian Terkait

Literature Review sebagai salah satu dari penerapan metode penelitian yang akan dilakukan. Diantaranya adalah mengidentifikasi kesenjangan (*identify gaps*), menghindari pembuatan ulang (*reinventing the wheel*), mengidentifikasi metode yang pernah dilakukan. Berikut ini adalah penelitian yang telah dilakukan

dan memiliki korelasi yang searah dengan penelitian yang akan dibahas dalam

Tabel 3 *Literature review*, yaitu:

**Tabel 2.3** Literature review

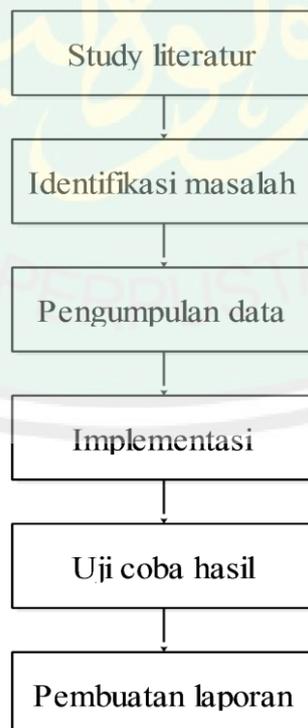
No	Judul	Peneliti	Metode	Hasil Penelitian
1.	Sistem Pendeteksi Telur Fertile dan Infertil pada Citra Telur Ayam Kampung	Diantoro, Aris. 2017.	Algoritma <i>Fuzzy C Means</i> dan <i>Naive Bayes Classifier</i>	Berdasarkan hasil uji coba training data didapat akurasi terbaik adalah sebesar 93.6% pada interval 5, 90.4% pada interval 5 dan ukuran dimensi 70x60, dan 100% pada resize 2x1. Hasil akurasi yang didapat sebesar 72%, 50% dan 90% pada uji coba testing data.
2.	Penerapan Algoritma Fuzzy C-Means Untuk Klasifikasi Citra Tenun Berdasarkan Fitur	Bifawa'idati, 'Isyi. 2017.	Algoritma Fuzzy C-Means	Klasifikasi menghasilkan vektor pusat yang kemudian diukur kemiripannya dengan vektor fitur citra uji Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem dapat mengenali citra sesuai dengan motif daerahnya dengan tingkat akurasi sebesar 94%.
3.	Pengelompokan Lagu Berdasarkan Emosi Menggunakan Algoritma <i>Fuzzy C-Means</i>	Muhja M, Agus Wahyono, Candra Dewi, 2017	Algoritma Fuzzy C-Means	Hasil pengujian menunjukkan bahwa jumlah <i>cluster</i> yang optimal untuk digunakan dalam penelitian ini adalah sebanyak 5 <i>cluster</i> . Sedangkan, nilai yang optimal untuk digunakan dalam penelitian ini yaitu 2, dengan nilai <i>cluster</i> mencapai 0.7 atau 70%.
4.	Implementasi Metode Fuzzy C-Means Pada Sistem Clustering data Varietas Padi	Nurjanah, Andi Farmadi, Fatma Indriani, 2014.	Algoritma Fuzzy C-Means	Metode Fuzzy C-Means berhasil diimplementasikan pada clustering data varietas padi lokal pasang surut kalimantan selatan yang dimutasi dengan sinar gamma. Diantara kelima varietas yang paling banyak masuk kategori tinggi yaitu varietas kuatek dengan dosis 30 krad yakni sebanyak 371 data padi atau sebesar 67,82 % data padi masuk kategori tinggi.

## BAB III METODE PENELITIAN

Pada bab ini akan dijabarkan mengenai perancangan sistem yang meliputi prosedur penelitian, alat dan bahan yang dibutuhkan untuk pengambilan data, desain sistem, desain *interface*, hingga implementasinya. Aplikasi yang dibangun merupakan aplikasi klasifikasi tingkat kematangan kopi berdasarkan hasil *roasting* menggunakan metode *fuzzy c-means*.

### 3.1 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian adalah langkah-langkah yang digunakan sebagai alat untuk mengumpulkan data dan menjawab pertanyaan-pertanyaan dalam penelitian. Adapun cara kerja atau prosedur mengenai sejumlah kegiatan yang akan dilakukan dalam penelitian ini akan di representasikan ke dalam blok diagram seperti yang terlihat pada Gambar 3.1 prosedur penelitian :



**Gambar 3.1** Prosedur penelitian

Dari pra penelitian yang merupakan tahap persiapan, studi literatur, identifikasi masalah dan pengumpulan data. Selanjutnya adalah pengolahan data, implementasi *Fuzzy C-Means(FCM)*, pengujian dan analisis hasil. Pada tahap pengolahan data terdapat beberapa kegiatan seperti seleksi data dan pembentukan data set yang merupakan bagian dari metode dalam data *mining*. Data set dikategorikan menjadi dua jenis data yaitu data *Training* dan *Testing*. Proses *Testing* dapat dilakukan apabila telah melalui proses *Training* atau pelatihan serta dianggap telah memenuhi tingkat akurasi yang telah diharapkan.

### 3.2 Deskripsi Data

Dalam pembuatan aplikasi identifikasi klasifikasi tingkat kematangan kopi dalam proses *roasting* ini terdapat dua macam data yaitu, data *Training* dan data *Testing*.

#### 3.2.1 Data Training

Data *Training* berupa data kopi *roasting* yang diperoleh dari beberapa responden dari berbagai *home roasting* yang memiliki tiga macam klasifikasi *roasting* yaitu *light roast*, *medium roast* dan *dark roast*. Penentuan klasifikasi *roasting* ini secara manual, data ini selanjutnya digunakan untuk proses pembelajaran (*Training set*). Maka survey dilakukan dengan mengambil sampel kopi *roasting* secara pasti di **rumah sangrai “BANYU BENING” Jln. Terusan bogor, Kota Malang**. Selanjutnya diambil *image* dengan kamera *smartpone*. Data citra tersebut selanjutnya dibedakan dalam folder yang berbeda tiap keadaan klasifikasinya. Jumlah keseluruhan data yang akan digunakan dalam penelitian sebesar 60 citra kopi *roasting* meliputi 20 citra *light roast*, 20 citra *medium roast*

dan 20 citra *dark roast*. Data citra tersebut kemudian akan di segmentasi dengan metode *Fuzzy C Means* pada tiap-tiap objek dan disimpan dalam sebuah folder data *Training*.

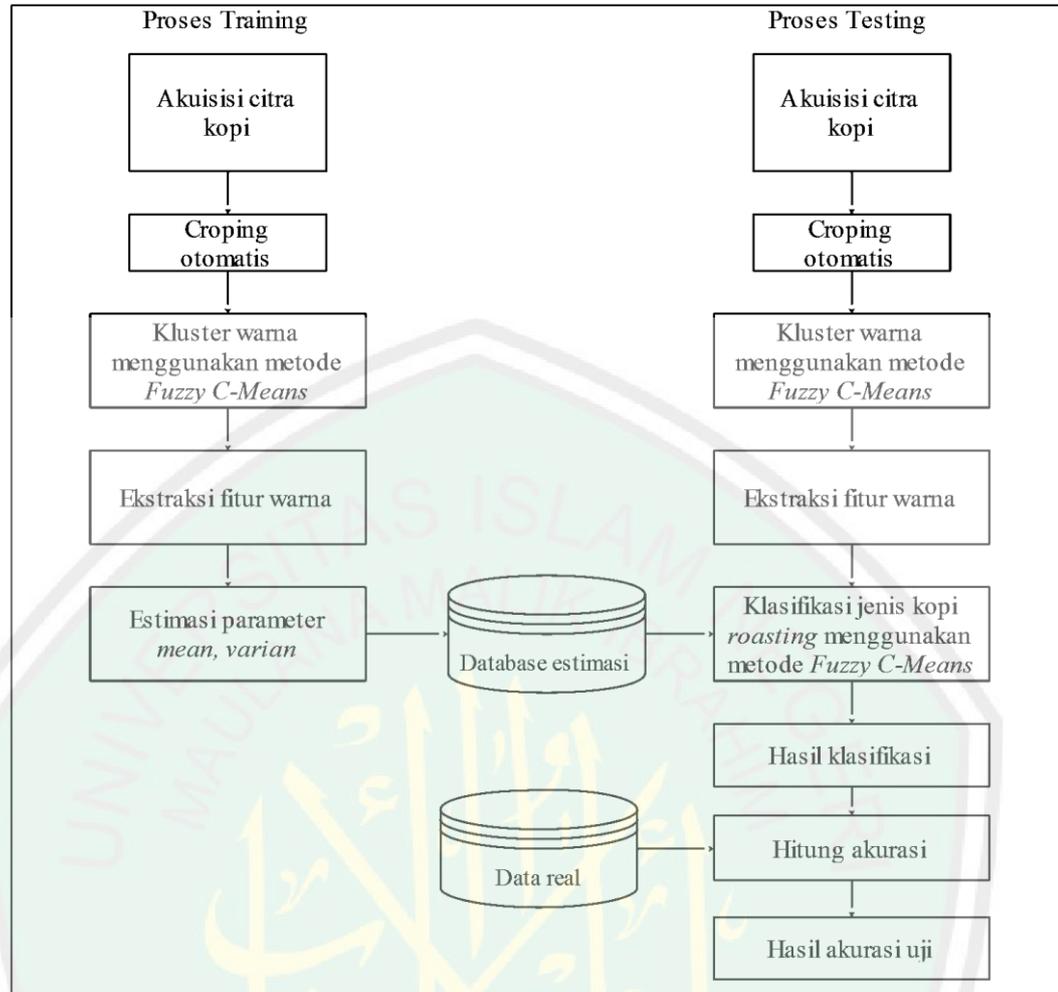
### 3.2.2 Data Testing

Data *Testing* diperoleh dari tahapan yang hampir sama dengan proses *Training* data, yaitu dari hasil pengambilan data *image* kopi dalam keadaan setelah proses *roasting*, Banyak data yang digunakan untuk proses *Testing* ini adalah sejumlah 10 data yang terbagi kedalam 3 kategori, yaitu 10 data untuk kopi jenis *light roast*, 10 data untuk jenis kopi *medium roast* dan 10 data untuk jenis kopi *dark roast*. Selanjutnya data *Testing* akan dilakukan proses identifikasi dengan metode *fuzzy c-means* untuk dapat mengidentifikasi jenis *roast* pada kopi yang diteliti terhadap klasifikasinya yaitu *light roast*, *medium roast* maupun *dark roast*.

### 3.3 Desain Sistem

Pada tahap ini, desain sistem mulai dirancang untuk menentukan bagaimana sistem akan menyelesaikan masalah yang menjadi kajian utama pada objek penelitian ini. Pada tahap ini memiliki tujuan guna memberikan gambaran apa yang akan seharusnya dikerjakan sistem dan bagaimana aplikasi identifikasi klasifikasi kopi dalam proses *roasting* ini bekerja dengan akurasi yang sesuai.

Desain sistem yang akan dibangun adalah seperti pada Gambar 3.2



**Gambar 3.2** Desain sistem

### 3.3.1 Akuisisi Citra

Sistem visual manusia tersebut terdiri atas gabungan dari proses perekaman dan pendeteksian obyek. Oleh karenanya, manusia memiliki kemampuan untuk mengenali obyek tertentu dari sekumpulan obyek yang dilihatnya. Selain itu, manusia juga mengetahui penamaan tiap obyek, yang tentunya akan mempermudah dalam mendeteksi suatu obyek. Kemampuan visual manusia, sangat berbeda dengan kemampuan sistem visual mesin (machine vision). Pada sistem visual mesin, hasil perekaman alat optik tidak dapat langsung diterjemahkan, didefinisikan dan dikenali oleh komputer. Oleh karenanya, pada sistem visual mesin dibutuhkan proses pengolahan citra terlebih dahulu. Proses pengolahan citra tingkat rendah/ dasar (low

level image processing) yang dapat digunakan adalah segmentasi. Dikarenakan citra yang digunakan adalah citra berwarna, maka dari itu dipilih metoda segmentasi amplitudo yaitu multilevel color component thresholding (pemberian ambang batas pada tiap-tiap tingkatan warna). Selanjutnya, hasil keluaran proses segmentasi warna yang berupa informasi citra ini nantinya akan digunakan untuk pengolahan citra lebih lanjut. Pengolahan lebih lanjut dari hasil segmentasi warna ini adalah deteksi obyek (object detection). Pendeteksian obyek dalam suatu citra merupakan suatu permasalahan mendasar dalam banyak aplikasi analisis citra.

Data sampel yang digunakan adalah kopi yang telah mengalami proses *roasting*, kemudian kopi diambil data citra dengan kemampuan kamera *smartphone*. Data dikumpulkan berupa citra kopi yang disimpan dengan format. \*.gif. Kopi disusun secara rapi tepat dengan pengambil data citra kopi seperti pada Gambar 3.3 Citra kopi.



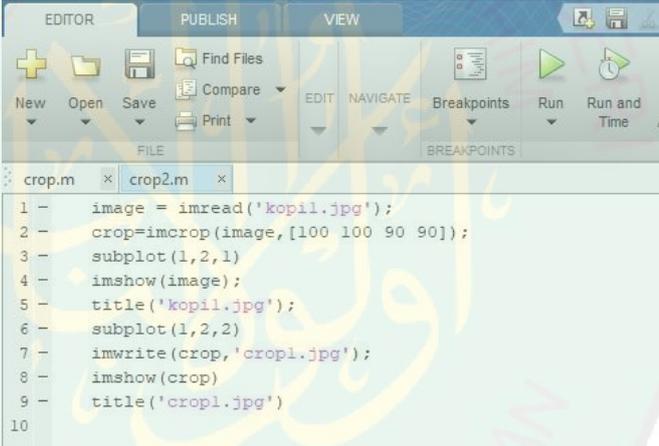
Gambar 3.3 Citra kopi

### 3.3.2 Cropping

*Cropping* sebagai proses pemotongan citra pada koordinat tertentu pada area citra. Proses ini untuk memotong bagian dari citra digunakan dua koordiant, yaitu koordinat awal yang merupakan awal koordinat bagi citra hasil pemotongan dan koordinat akhir yang merupakan titik koordinat akhir citra hasil pemotongan.

Sehingga akan membentuk bangun segi empat yang mana tiap-tiap *pixel* yang ada pada area koordinat tertentu akan disimpan dalam citra yang baru. Proses *Cropping* ini digunakan untuk memotong citra dengan mengambil bagian tertentu pada citra kopi. Bagian yang akan dipilih adalah citra kopi maksimum dan sedikit *background* pada citra tersebut. *Cropping* citra dilakukan dengan menggunakan aplikasi MATLAB. Dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Buka aplikasi matlabR2013.
2. Pada folder, pilih folder yang menyimpan file citra yang akan di olah.
3. Pilih new script, lalu tulis script seperti pada Gambar 3.4 dan save.



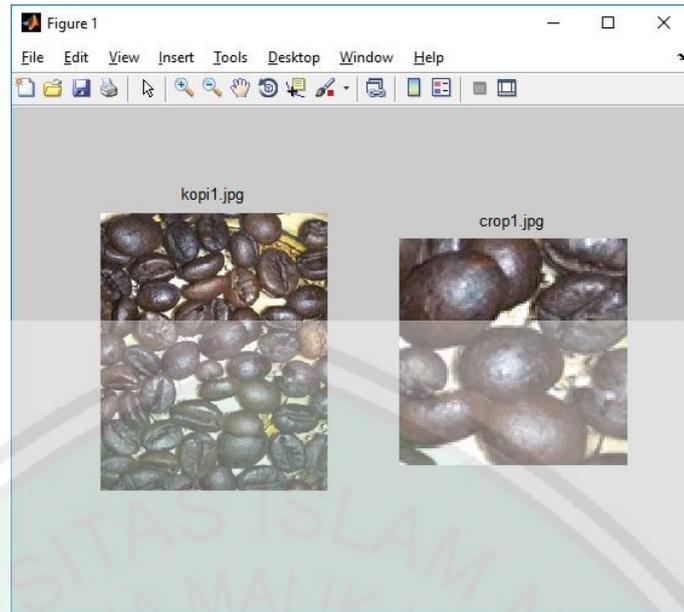
```

1 - image = imread('kopil.jpg');
2 - crop=imcrop(image,[100 100 90 90]);
3 - subplot(1,2,1)
4 - imshow(image);
5 - title('kopil.jpg');
6 - subplot(1,2,2)
7 - imwrite(crop,'cropl.jpg');
8 - imshow(crop)
9 - title('cropl.jpg')
10

```

**Gambar 3.4** Script Cropping

4. Setelah itu pada command ketikkan command sesuai dengan nama script yang sudah kita simpan tadi, “crop2”.
5. Setelah itu akan muncul hasil gambar yang telah mengalami proses cropping.

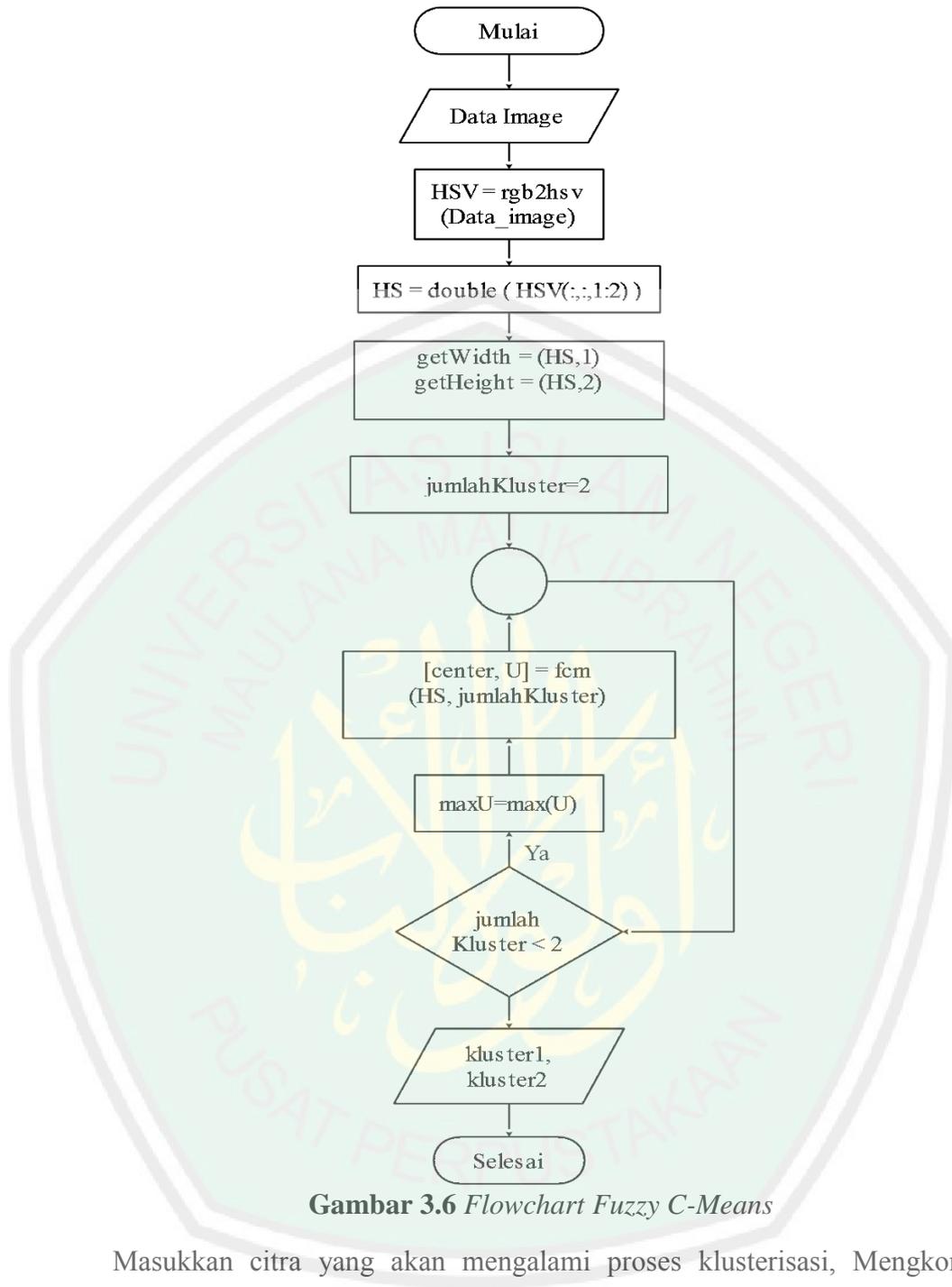


**Gambar 3.5** Hasil Cropping

6. Dan citra yang telah mengalami proses *cropping* otomatis tersimpan dalam folder yang tertuju.

### 3.3.3 Kluster Warna Fuzzy C-Means

*Fuzzy C-Means* algoritma klustering yang mempartisi data berdasarkan pada jarak antara data masukan dengan pusat kluster yang terdekat. Pusat cluster selalu diupdate berulang-ulang hingga dihasilkan pembagian kluster yang optimal. Pada algoritma ini, perulangan didasarkan pada minimisasi fungsi objektif. Langkah-langkah dalam segmentasi yang menggunakan metode *Fuzzy C Means* dan diperjelas dengan *flowchart* pada Gambar 3.6 yaitu:



**Gambar 3.6** Flowchart Fuzzy C-Means

Masukkan citra yang akan mengalami proses klusterisasi, Mengkonversi image ke dalam bentuk HSV (*Hue*, *Saturation* dan *Value*), menggunakan titik warna HS (*Hue* dan *Saturation*), Identifikasi nilai baris dan kolom *image*, menentukan jumlah kluster, hitung nilai obyektif atau *possible distance* pengelompokan piksel pada kluster sesuai jarak terkecil, hentikan iterasi jika nilai iterasi tidak berubah ambil nilai piksel (matriks partisi) baru yang memiliki bobot

terbesar. Dalam menentukan hasil kluster yang didapatkan di *output* bergantung berapa nilai yang dimasukkan atau dibatasi dalam mengkluster data citra. Sifat-sifat yang sama ini peneliti menitik beratkan pada seberapa nilai RGB (*Red*, *Green* dan *Blue*) dari kopi tersebut. Dari hasil kluster yang maksimal akan digunakan dalam proses ekstraksi fitur dalam mengambil sifat-sifat tiap data yang telah dikumpulkan peneliti.

Kluster diawali dengan memasukkan data citra, penentuan jumlah kluster, maksimum iterasi, dan menentukan error terkecil yang diharapkan. Selanjutnya menghitung jarak pusat kluster pada setiap kluster, setelah itu menghitung nilai objektif dan memperbaiki partisi matriks awal, pengelompokan piksel pada kluster terdekat serta dihentikan iterasi jika nilai tidak berubah dan ambil nilai masing-masing piksel pada tiap kluster yang memiliki bobot terbesar.

Algoritma FCM (Fuzzy C-Means) Clustering adalah salah satu algoritma yang digunakan dalam pengolahan citra. Contoh yang dibahas kali ini adalah mengenai pemotongan gambar sesuai dengan kelompok warnanya.

Algoritma ini merupakan penggabungan dari Algoritma Fuzzy Logic dan Algoritma K-Means Clustering yang sudah pernah dibahas sebelumnya. K-Means Clustering adalah salah satu algoritma klasifikasi data yang cukup banyak dipakai untuk memecahkan masalah. Hanya saja metode tersebut tidak memiliki nilai pengembalian berupa sebuah nilai pembanding untuk masing-masing cluster, sehingga digunakan algoritma Fuzzy untuk menghitung skor dari sebuah data. Dalam kasus ini Fuzzy juga digunakan untuk membatasi nilai sebuah titik warna pada masing-masing cluster agar selalu memiliki nilai total satu. Masing-masing cluster memiliki warna perwakilan yang diambil dari nilai centroid, dan semua

titik yang masuk dalam sebuah cluster akan berubah warna menjadi warna centroid pada cluster tersebut.

### 3.3.4 Ekstraksi Fitur

Ekstraksi fitur dibutuhkan untuk pengambilan karakteristik atau sifat dari citra itu sendiri. Fitur yang didapatkan berupa nilai yang berperan sebagai pembeda objek satu dengan objek yang lain. Ekstraksi fitur sendiri memiliki tiga macam jenisnya yakni bentuk, tekstur, dan warna. Adapun fitur yang diambil dari citra kopi *roasting* tersebut adalah fitur warna yakni mengambil nilai RGB (*Red, Green, Blue*). Nilai RGB (*Red, Green, Blue*) dari objek sebagai data pembeda dari objek yang lain. Setiap data citra kopi *roasting* diambil nilai warna R (*Red/Merah*), G(*Green/Hijau*), dan B(*Blue/Biru*). Jadi, ketiga nilai RGB (*Red, Green, Blue*) tersebut harus dijadikan ke dalam bentuk *array* dengan dimensi  $1 \times N$  yang biasa disebut dengan vektor. Ciri yang telah diekstrak kemudian digunakan sebagai parameter/nilai masukan untuk membedakan antara objek satu dengan lainnya pada tahapan identifikasi/ klasifikasi. Ciri yang umumnya diekstrak antara lain:

1. Ekstraksi Ciri Bentuk

Untuk membedakan bentuk objek satu dengan objek lainnya, dapat menggunakan parameter yang disebut dengan 'eccentricity'. Eccentricity merupakan nilai perbandingan antara jarak foci ellips minor dengan foci ellips mayor suatu objek. Eccentricity memiliki rentang nilai antara 0 hingga 1. Objek yang berbentuk memanjang/mendekati bentuk garis lurus, nilai eccentricitynya mendekati angka 1, sedangkan objek yang berbentuk bulat/lingkaran, nilai eccentricitynya mendekati angka 0. Parameter lainnya

yang dapat digunakan untuk membedakan bentuk suatu objek yaitu 'metric'. Metric merupakan nilai perbandingan antara luas dan keliling objek. Metric memiliki rentang nilai antara 0 hingga 1. Objek yang berbentuk memanjang/mendekati bentuk garis lurus, nilai metricnya mendekati angka 0, sedangkan objek yang berbentuk bulat/lingkaran, nilai metricnya mendekati angka 1.

## 2. Ekstraksi Ciri Ukuran

Untuk membedakan ukuran objek satu dengan objek lainnya dapat menggunakan parameter luas dan keliling. Luas merupakan banyaknya piksel yang menyusun suatu objek. Sedangkan keliling merupakan banyaknya piksel yang mengelilingi suatu objek.

## 3. Ekstraksi Ciri Geometri

Ciri geometri merupakan ciri yang didasarkan pada hubungan antara dua buah titik, garis, atau bidang dalam citra digital. Ciri geometri di antaranya adalah jarak dan sudut. Jarak antara dua buah titik (dengan satuan piksel) dapat ditentukan menggunakan persamaan euclidean, minkowski, manhattan, dll. Jarak dengan satuan piksel tersebut dapat dikonversi menjadi satuan panjang seperti milimeter, centimeter, meter, dll dengan cara membaginya dengan resolusi spasial (materi mengenai perhitungan jarak dapat dilihat pada laman berikut ini: Cara mengukur jarak antara dua objek dalam citra). Sedangkan sudut antara dua buah garis dapat ditentukan dengan perhitungan trigonometri maupun dengan analisis vektor.

#### 4. Ekstraksi Tekstur

Untuk membedakan tekstur objek satu dengan objek lainnya dapat menggunakan ciri statistik orde pertama atau ciri statistik orde dua. Ciri orde pertama didasarkan pada karakteristik histogram citra. Ciri orde pertama umumnya digunakan untuk membedakan tekstur makrostruktur (perulangan pola lokal secara periodik). Ciri orde pertama antara lain: mean, variance, skewness, kurtosis, dan entropy. Sedangkan ciri orde dua didasarkan pada probabilitas hubungan ketetangaan antara dua piksel pada jarak dan orientasi sudut tertentu. Ciri orde dua umumnya digunakan untuk membedakan tekstur mikrostruktur (pola lokal dan perulangan tidak begitu jelas). Ciri orde dua antara lain: Angular Second Moment, Contrast, Correlation, Variance, Inverse Different Moment, dan Entropy.

#### 5. Ekstraksi Warna

Untuk membedakan suatu objek dengan warna tertentu dapat menggunakan nilai hue yang merupakan representasi dari cahaya tampak (merah, jingga, kuning, hijau, biru, ungu). Nilai hue dapat dikombinasikan dengan nilai saturation dan value yang merupakan tingkat kecerahan suatu warna. Untuk mendapatkan ketiga nilai tersebut, perlu dilakukan konversi ruang warna citra yang semula RGB (Red, Green, Blue) menjadi HSV (Hue, Saturation, Value).

Ekstraksi ciri citra merupakan tahapan penting dalam bidang computer vision (pengolahan citra dan pengenalan pola). Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam memilih ciri yang tepat yang akan digunakan sebagai masukan pada tahapan klasifikasi citra antara lain:

1. Secara visual (penglihatan manusia), ciri apakah yang membedakan antara kelas satu dengan kelas lainnya?
2. Domain apakah yang akan kita gunakan untuk mengekstrak ciri tersebut? (domain spasial atau domain frekuensi?)
3. Parameter apa sajakah yang akan dipilih untuk mewakili ciri tersebut?
4. Berapa jumlah parameter yang akan kita gunakan?
5. Ciri lain apakah yang memungkinkan untuk kita kombinasikan?

Tidak mungkin apabila ciri yang kita gunakan adalah jumlah mata, jumlah telinga, maupun jumlah hidung karena antara wajah satu dengan yang lain jumlah organ-organ tersebut adalah sama. Oleh karena itu, ciri yang memungkinkan antara lain warna kulit, tekstur wajah, geometri wajah (jarak antara mata kiri dengan mata kanan, jarak antara mata kanan/kiri dengan hidung, jarak antara mata kanan/kiri dengan mulut, jarak antara hidung dengan mulut, dsb). Kita dapat memilih salah satu ataupun mengkombinasikan ciri-ciri tersebut. Proses pengenalan wajah yang baik adalah proses pengenalan yang menghasilkan akurasi yang tinggi dengan jumlah ciri seminimal mungkin agar dapat menghemat proses komputasi. Pemilihan ciri terbaik dengan jumlah seminimal mungkin dapat dilakukan pada tahapan feature selection dengan menggunakan beberapa algoritma dalam machine learning dan data mining.

### 3.3.5 Tabel Distribusi Frekuensi

Tabel distribusi frekuensi adalah salah satu bentuk penyajian data. Tabel distribusi frekuensi dibuat agar data yang telah dikumpulkan dalam jumlah yang sangat banyak dapat disajikan dalam bentuk yang jelas dan baik. Dengan kata lain, tabel distribusi frekuensi dibuat untuk menyederhanakan bentuk dan jumlah

data sehingga ketika disajikan kepada para pembaca dapat dengan mudah dipahami atau dinilai.

Jenis Tabel Distribusi Frekuensi: Tabel distribusi frekuensi data tunggal, di dalamnya disajikan frekuensi dari data angka dimana angka yang ada tidak dikelompokkan; Tabel distribusi frekuensi data kelompok, di dalamnya disajikan frekuensi dari data angka dimana angka tersebut dikelompokkan; Tabel distribusi frekuensi kumulatif, di dalamnya disajikan frekuensi yang dihitung terus meningkat atau selalu ditambahkan. Tabel distribusi frekuensi kumulatif ada dua yaitu tabel distribusi frekuensi kumulatif data tunggal dan kelompok. Tabel distribusi frekuensi relatif atau tabel presentase, didalamnya disajikan frekuensi dalam bentuk persen.

Tabel distribusi frekuensi sangat sesuai digunakan untuk ukuran data yang besar, yang dimaksud dengan data yang besar adalah data dengan item sangat banyak, biasanya sampai ribuan bahkan jutaan sehingga efektif untuk disajikan dengan tabel distribusi frekuensi. Adapun langkah – langkah dalam membuat tabel distribusi frekuensi adalah sebagai berikut:

a. Menentukan Range(R)

Bila terdapat  $n$  data yaitu  $x_1, x_2, \dots, x_n$ , maka  $R = (\text{nilai } x \text{ maksimum}) - (\text{nilai } x \text{ minimum})$ . Nilai  $x$  maksimum maksudnya data yang dimiliki memiliki nilai terbesar sedangkan nilai  $x$  minimum adalah data yang memiliki nilai terkecil.

b. Menentukan banyaknya interval kelas (k)

Banyaknya interval kelas, biasanya paling baik antara 5-15 interval kelas atau dengan menggunakan aturan *Sturges*  $k=1+3,3 \log(n)$ , dengan  $n$  adalah banyaknya data.

c. Menentukan lebar interval ( $i$ )

Lebar interval ( $i$ ) diperoleh dengan membagi *range* ( $R$ ) dengan banyaknya interval kelas ( $k$ ) dan secara matematis ditulis  $i = R/k$ . Dari lebar interval ini, selanjutnya dapat ditentukan batas bawah interval dan batas atas interval untuk setiap interval kelas.

d. Menentukan banyaknya data yang masuk ke setiap interval kelas (*tally*).

e. Menentukan frekuensi ( $f$ )

Frekuensi adalah banyaknya data yang masuk pada setiap interval kelas. Menentukan batas atas dan batas bawah interval dilakukan dengan mengkategorikan tiap-tiap jenis warna yaitu RGB (*Red*, *Green* dan *Blue*) adapun batas atas dan bawahnya dapat dilihat pada Gambar 3.7



**Gambar 3.7** Batas Atas dan Bawah warna RGB (*Red*, *Green* dan *Blue*)

### 3.3.6 Estimasi Parameter

Dalam ilmu statistika, estimasi diartikan sebagai keseluruhan proses yang menggunakan sebuah *estimator* untuk menghasilkan sebuah *estimate* dari suatu

parameter. *Estimator* adalah setiap statistik (rata-rata sampel, presentase sampel, *variansi* sampel, dan lain-lain) yang digunakan untuk mengestimasi sebuah parameter. Jika berhadapan dengan data kontinu, asumsi khas yang digunakan adalah distribusi *Gaussian*, dengan parameter model dari *mean* dan *varian*. Alur Estimasi parameter *mean* dan *varian* dapat diperjelas pada Gambar 3.8



**Gambar 3.8** Alur dalam estimasi parameter *mean* dan *varian*

Rumus yang digunakan untuk menghitung *mean* yaitu:

$$\frac{\sum f_1 x_1}{\sum f_1} \quad (3.1)$$

Keterangan:

$f_1 x_1$  adalah jumlah hasil dari nilai tengah di kali dengan frekuensi.

$f_1$  adalah jumlah frekuensi.

Sedangkan rumus yang digunakan untuk menghitung varian adalah sebagai berikut:

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n} \quad (3.2)$$

Untuk mempermudah perhitungan rumus varian bisa diturunkan sebagai berikut:

$$s^2 = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}{n(n-1)} \quad (3.3)$$

Keterangan:

$s^2$  = varian

$s$  = standar deviasi (simpangan baku)  
 $x_i$  = nilai  $x$  ke- $i$   
 $\bar{x}$  = rata - rata  
 $n$  = ukuran sampel.

### 3.4 Training dan Tesing Sistem

Sistem *Training* sebagai bagian awal dari aplikasi untuk mengidentifikasi kopi dalam proses *roasting*. Sistem ini berfungsi untuk menyiapkan segala informasi sebagai bahan pelatihan dan pengenalan yang nantinya akan digunakan sebagai bahan acuan dalam *Testing* sistem.

Terdapat beberapa tahapan yang harus dilakukan dalam fase ini, antara lain mengambil data-data yang sudah diolah kemudian dipisah kedalam data *Training*. Kemudian dilakukan proses pengolahan citra dengan memotong (cropping), *segmentasi image*, menghitung nilai frekuensi RGB (*Red*, *Green* dan *Blue*) serta melakukan ekstraksi fitur terhadap data latih, dilanjutkan dengan mengestimasi parameter data dimana *output* pada proses ini adalah nilai parameter yang meliputi *mean* dan *varian* tiap fitur tiap kelas. Selanjutnya data nilai *mean* dan *varian* yang telah diperoleh akan disimpan untuk digunakan dalam proses *Testing* sistem.

Sedangkan dalam perancangan sistem *Testing*, langkah-langkah yang harus ditempuh tidak jauh berbeda dengan sistem *Training*. Pada tahap ini metode *Fuzzy C-Means* akan diimplementasikan dengan mengacu kepada nilai *mean* dan *varian* tiap fitur data populasi tiap kelas yang telah diperoleh pada proses pelatihan sistem. Selanjutnya hasil dari tahapan ini akan dilakukan perhitungan tingkat akurasi dengan membandingkan hasil identifikasi sistem dengan data aktual.

### 3.5 Tingkatan Klasifikasi Kopi Roasting

Tingkatan *roasting* paling umum dijadikan patokan terutama di Indonesia ada tiga tingkat yaitu; *light roast*, *medium roast*, dan *dark roast*. Tingkatan ini biasanya paling pas dalam memanggang kopi arabika. Untuk profesi penyangrai kopi tingkat dunia, biasanya menggunakan tingkatan *roasting* yang lebih spesifik seperti *french roast*, *vienna roast*, *cinnamon roast*, dan lain lain.

#### 1. Light Roast

Pada tingkatan *roasting* ini cita rasanya asam, aroma sangrai kurang tercium, tahapan pertama biji kopi yang telah di sangrai beberapa menit akan sedikit mengembang. Light roast merupakan fase dalam *roasting* yang memiliki tingkat kematangan paling rendah. Biji kopi akan memiliki warna coklat terang karena proses penyerapan panas yang dilakukan tidak terlalu lama, minyak juga tidak muncul pada biji kopi dan biji kopi cenderung kering. Light roast memiliki suhu biji kopi berada pada kisaran 180°C – 205°C. Pada suhu sekitar 205°C tersebut terjadi *first crack* dan pada saat itu pula proses *roasting* dihentikan. Kopi yang di *roasting* pada tingkatan ini memiliki keasaman dan *caffeine* yang tinggi. Tingkatan *roasting* ini cocok bagi orang yang menyukai rasa kopi mencolok, karena memiliki ciri khas seperti *citrusy*, *earthy*, dan *buttery*.

#### 2. Medium Roast

Pada tingkatan *roasting* ini, cita rasa terasa manis dan aroma asap penyangraian sangat tajam tercium, karena biji kopi banyak mengeluarkan asap, warnanya makin hitam sampai berminyak dan kandungan gula mulai berkarbonisasi. Medium roast merupakan tingkatan *roasting* yang paling banyak digunakan. Biji kopi akan berwarna lebih gelap apabila dibandingkan dengan *light roast* tetapi

lebih terang apabila dibandingkan dengan *dark roast*. Sama seperti *light roast*, pada *medium roast* biji kopi tidak mengeluarkan minyak pada permukaannya. *Medium roast* memiliki suhu biji kopi pada kisaran 210°C dan 220°C. Pada suhu tersebut adalah suhu dimana *first crack* usai namun *second crack* belum terjadi. Selain *caffeine* yang lebih rendah, *medium roast* menghasilkan kopi yang cenderung *balance* aroma, *balance* keasaman dan menghasilkan banyak rasa.

### 3. Dark Roast

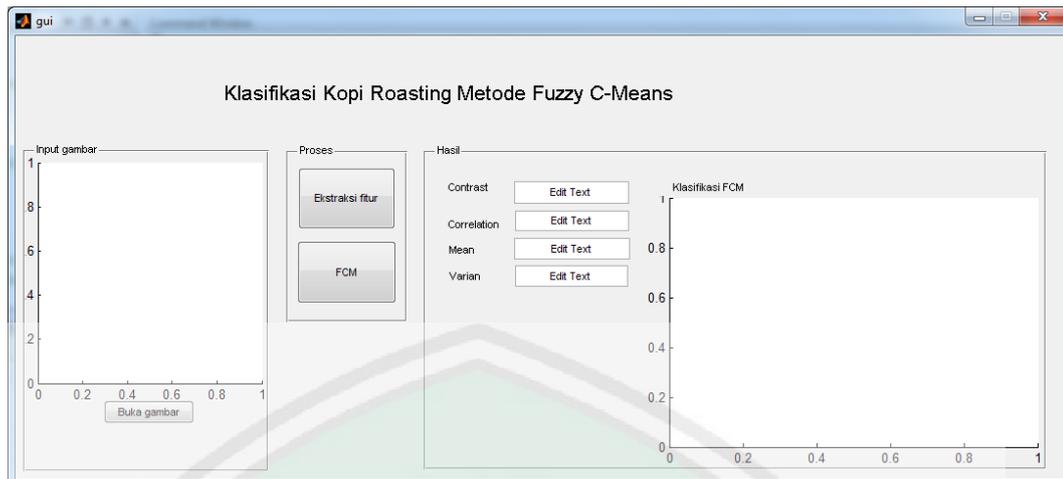
*Dark roast* merupakan tingkatan paling matang pada proses *roasting* kopi, apabila melebihi tingkatan ini justru kopi menjadi tidak enak. Warna biji kopi akan lebih gelap bila dibandingkan dengan tingkatan – tingkatan *roasting* lainnya. Pada *dark roast* biji kopi hasil *roasting* mengeluarkan minyak pada permukaannya. Rasa kopi juga akan cenderung pahit dan menutupi rasa khas dari masing – masing kopi. *Dark roast* selesai di *roasting* ketika *second crack* usai terjadi atau pada suhu sekitar 240°C. Bagi yang menyukai kopi dengan kekentalan (*body*) kopi yang tebal, sangat cocok dengan profil *dark roast*.

### 3.6 Desain Interface

Perancangan sistem untuk mengidentifikasi klasifikasi kopi dalam proses *roasting* akan diterapkan dengan tampilan yang berbasis *desktop* pada proses *Training* dan *Testing*. Berikut adalah desain *interface* aplikasi yang akan digunakan.

#### a. *Training and Testing interface*

*Training and Testing interface* berguna untuk melakukan pelatihan dan pengujian terhadap citra tenun. Hasil implementasi antarmuka pelatihan dan pengujian dapat dilihat pada Gambar 3.9 *Training* dan *Testing interface*.



**Gambar 3.9** Training dan Testing interface

Pada *Interface* ini, ada beberapa tombol, list, dll. Dengan fungsi yang berbeda-beda yaitu:

a. Pada “*Training*” Field

- Tombol “Ambil Citra ” digunakan untuk mengambil citra latihan kopi yang tersimpan dalam komputer.
- Tombol “*Cropping*” digunakan untuk memotong/*crop* citra citra latihan secara otomatis.
- Tombol “Ekstraksi Fitur” digunakan untuk melakukan pemrosesan terhadap citra yang akan dilatih. Pemrosesan tersebut meliputi klustering warna *c-means* . Kemudian yang langsung dilanjutkan ke proses ekstraksi fitur.
- Tombol “Simpan Estimasi Parameter” digunakan untuk menyimpan estimasi parameter *mean* dan *varian* pada gambar yang di *training*.

b. Pada “*Testing*” Field

- Tombol “Ambil Citra ” digunakan untuk mengambil citra uji kopi yang tersimpan dalam komputer.

- Tombol “*Cropping*” digunakan untuk memotong/*crop* citra citra uji secara otomatis.
- Tombol “Ekstraksi Fitur” digunakan untuk melakukan pemrosesan terhadap citra yang akan diuji. Pemrosesan tersebut meliputi klustering warna *c-means* . Kemudian yang langsung dilanjutkan ke proses ekstraksi fitur.
- Tombol “FCM *Classifier*” digunakan untuk melakukan pengklasifikasian citra yang di-*testing* dengan metode *Fuzzy C-Means*.
- *Text box* “Hasil klasifikasi” digunakan untuk menampilkan hasil klasifikasi dari citra yang telah diuji.

### 3.7 Implementasi Sistem

Dalam mengimplementasikan aplikasi klasifikasi kopi dalam proses *roasting* ini dibutuhkan beberapa *platform*, *platform* tersebut berupa *software* dan *hardware*, berikut platform yang digunakan:

- a. Hardware
  - Laptop Processor *Core i3*
  - Memory 2 GB
- b. Software
  - Windows 7
  - Matlab R2013b
  - Edraw

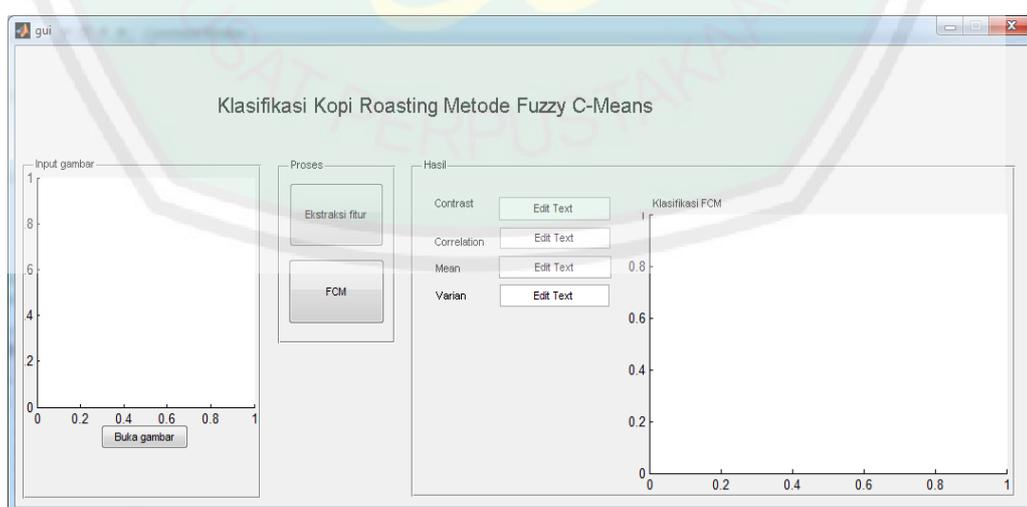
## BAB IV

### UJI COBA DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dijabarkan mengenai langkah-langkah dalam uji coba, hasil percobaan dan evaluasi terhadap penelitian yang telah dilakukan. Hasil dari uji coba penelitian yang telah dilakukan ini merupakan output dari klasifikasi kopi berdasarkan hasil *roasting*. Proses yang digunakan pada penelitian ini meliputi proses *training* dan proses *testing* atau pengujian sistem. Melalui penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan pengetahuan serta memberi kemudahan bagi orang awam khususnya dan masyarakat pada umumnya dalam membedakan kopi berdasarkan klasifikasinya.

#### 4.1 Implementasi Antarmuka

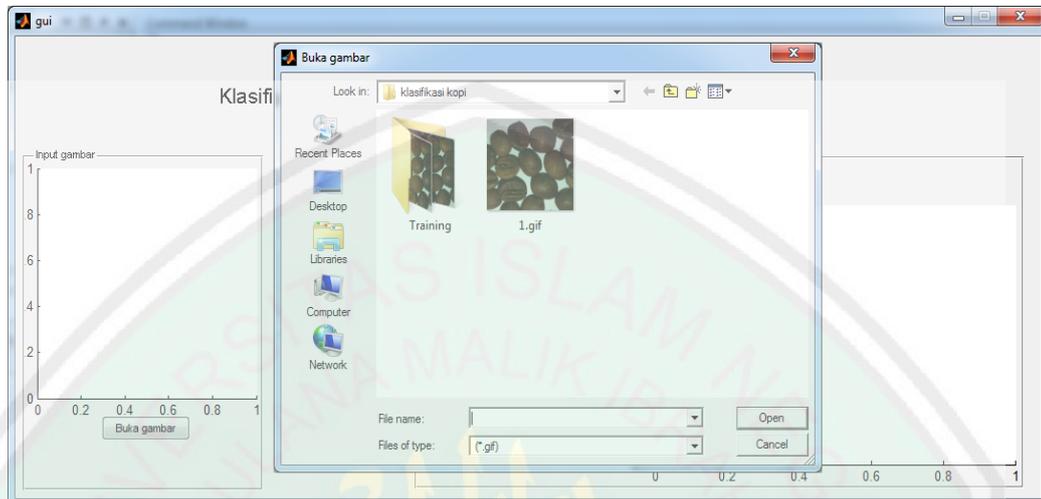
Di dalam implementasi antarmuka, dijelaskan kegunaan dari komponen komponen yang ada pada aplikasi klasifikasi kopi berdasarkan hasil *roasting* menggunakan metode *Fuzzy C-Means*. Tampilan utama dari aplikasi bisa dilihat pada Gambar 4.1



Gambar 4.1 Tampilan utama

a. Button “Buka gambar”

Dalam program ini terdapat button “buka gambar” yang berfungsi untuk menampilkan atau membuka gambar atau citra yang akan di proses.

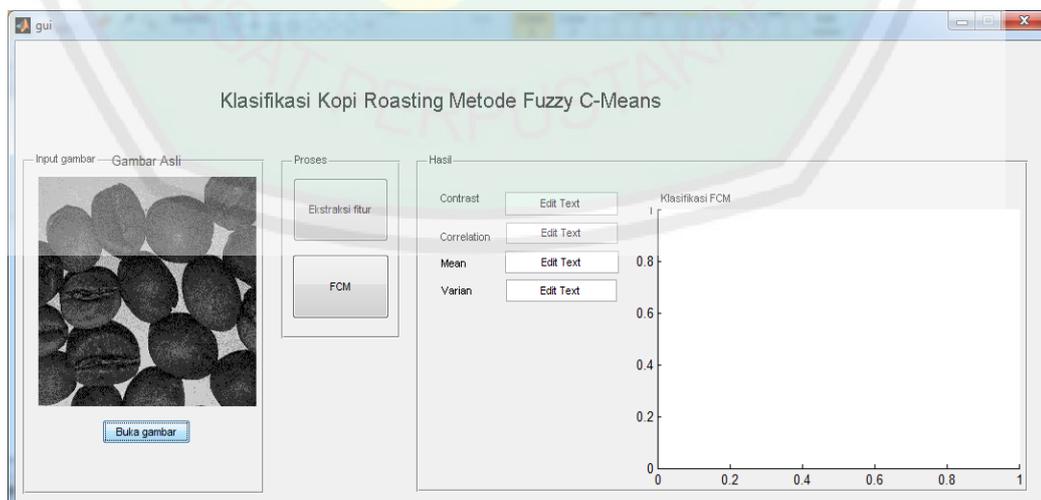


**Gambar 4.2** Tampilan citra

Button ini juga berfungsi untuk melakukan proses segmentasi setelah dipilih salah satu gambar atau citra.

b. Axes 1

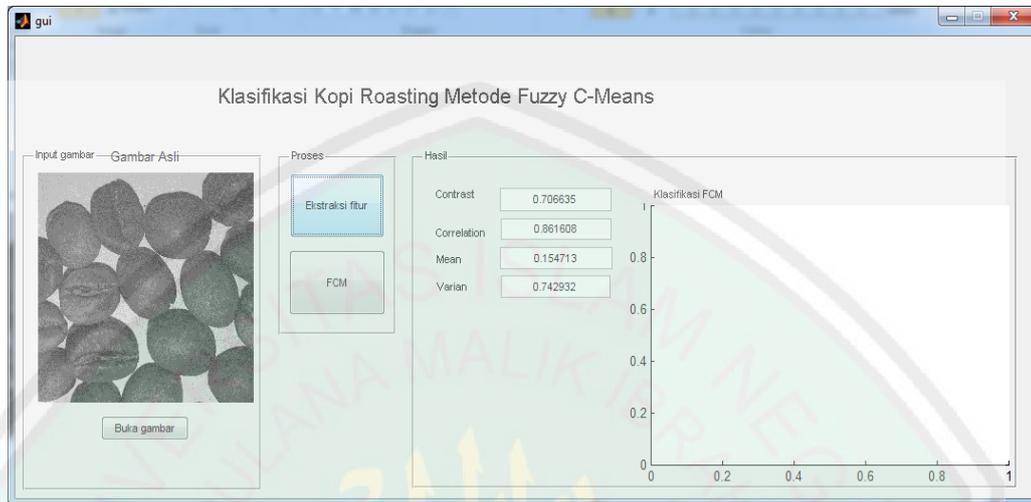
Axes ini berfungsi untuk menampilkan gambar yang telah mengalami proses segmentasi dari gambar atau citra yang telah dipilih sebelumnya.



**Gambar 4.3** Proses segmentasi citra

c. Button “Ekstraksi Fitur”

Pada button ini berfungsi untuk melakukan proses ekstraksi fitur pada citra. Hasil proses ekstraksi fitur ini dapat dilihat pada Gambar 4.4

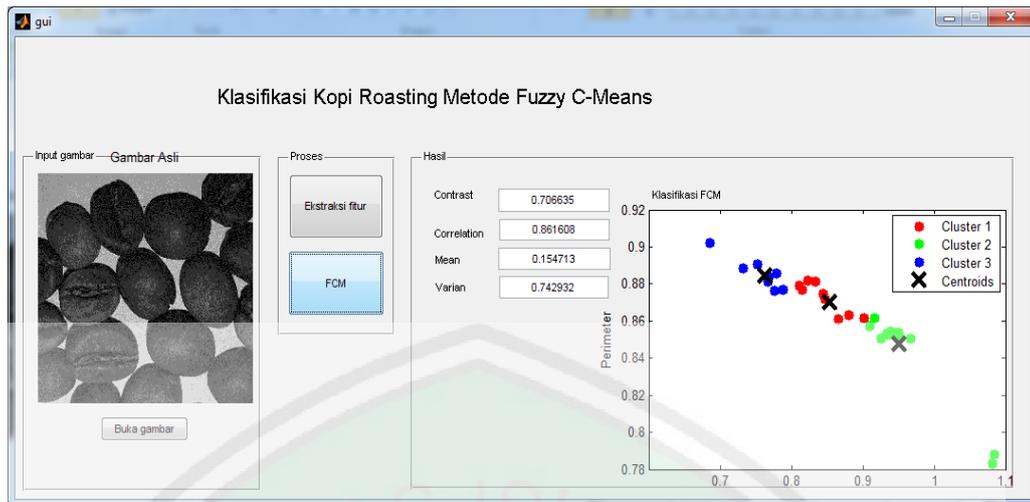


Gambar 4.4 Proses ekstraksi fitur

Setelah proses ekstraksi fitur dijalankan nantinya hasil yang diperoleh akan muncul pada 4 edit text, dimana keempat edit text tersebut sudah di jelaskan berbagai plot. Yaitu plot contrast, correlation, mean dan varian.

d. Button “FCM”

Button ini berfungsi untuk melakukan proses klasifikasi dengan menggunakan metode *Fuzzy C-Means*. Hasil dari klasifikasi dapat dilihat pada axes 2. Seperti pada Gambar 4.5



Gambar 4.5 Proses klasifikasi *Fuzzy C-Means*

Pada hasil terdapat kumpulan atom yg berbeda warna sesuai dengan klusternya masing-masing. Terdapat warna merah yang menunjukkan kluster 1 atau *light roast*, warna biru yang menunjukkan kluster 2 atau *medium roast* dan warna hijau yang menunjukkan kluster 3 atau *dark roast*. Kumpulan atom tersebut bergerak mendekati centroid yang dimana atom yang bergerak lebih dekat dengan centroid maka citra tersebut menunjukkan klusternya.

## 4.2 Implementasi Sistem

Sistem yang akan di implementasikan pada aplikasi klasifikasi kopi berdasarkan hasil roasting ini menggunakan bahasa pemrograman Matlab.

### 4.2.1 Pengambilan Citra Pada Button “Buka gambar”

Dalam proses klasifikasi tentunya diperlukan data citra yang akan di proses. Data citra sebagai input disini diambil dari folder yang terdapat berada dalam path. Potongan kode program dari pengambilan data tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.6

```
function pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
[nama_file,nama_path] = uigetfile({'*.gif'},...
    'Buka gambar');
if ~isequal (nama_file,0)
    handles.data1 = imread(fullfile(nama_path,nama_file));
    guidata(hObject,handles);
    axes(handles.axes1);
    imshow(handles.data1);
    title('Gambar Asli');
else
    return
end
```

Gambar 4.6 Source code pengambilan data citra

#### 4.2.2 Proses Ekstraksi Fitur Pada Button “Ekstraksi Fitur”

Proses ekstraksi fitur ini berfungsi untuk mendapatkan informasi citra berupa nilai mean, nilai varian, nilai contrast dan nilai correlation. Kode program untuk melakukan proses ekstraksi fitur ini dapat dilihat pada Gambar 4.7

```
function pushbutton3_Callback(hObject, eventdata, handles)
a=getimage(handles.axes1);
% b=rgb2gray(a);
[pixelCounts GLs] = imhist(a);
numberOfPixels = sum(pixelCounts);
meanGL = sum(GLs .* pixelCounts) / numberOfPixels;
varianceGL = sum((GLs - meanGL) .^ 2 .* pixelCounts) / (numberOfPixels-1);
sd = sqrt(varianceGL);
skew = sum((GLs - meanGL) .^ 3 .* pixelCounts) / ((numberOfPixels -1) * sd^3);
kur = sum((GLs - meanGL) .^ 4 .* pixelCounts) / ((numberOfPixels -1) * sd^4);
IDM=sum(numberOfPixels/(1+(pixelCounts-GLs).^2));
e=entropy(a);
GLCM2 = graycomatrix(a);
F = graycoprops(GLCM2,'all');
z=F.Contrast;
y=F.Correlation;
x=F.Energy;
w=F.Homogeneity;
set(handles.edit2,'String',z);
set(handles.edit3,'String',y);
set(handles.edit4,'String',x);
set(handles.edit5,'String',w);
```

Gambar 4.7 Source code proses ekstraksi fitur

### 4.2.3 Proses Klasifikasi Dengan Metode *Fuzzy C-Means*

Proses klasifikasi disini menggunakan *metode Fuzzy C-Means*. Dan dari proses klasifikasi tersebut akan ditampilkan pada axes. Potongan dari kode program untuk proses klasifikasi *Fuzzy C-Means* dapat dilihat pada Gambar 4.8

```
function pushbutton4_Callback(hObject, eventdata, handles)
image_folder = 'Training'; %panggil data training
filenames = dir(fullfile(image_folder, '*.gif')); %panggil data training
total_images = numel(filenames);
% disp(num2str(total_images)) %jumlah total citra training

CON = zeros(1,total_images);
CORR = zeros(1,total_images);

for n = 1:total_images
full_name = fullfile(image_folder, filenames(n).name);
Img = imread(full_name);
GLCM = graycomatrix(Img,'Offset',[0 1; -1 1; -1 0; -1 -1]);
stats = graycoprops(GLCM,{'contrast','correlation'});
CON(n) = mean(stats.Contrast);
CORR(n) = mean(stats.Correlation);
X = [CON;CORR]'; % data
end

[centers,U] = fcm(X,3);

maxU = max(U);
index1 = find(U(1,:) == maxU);
index2 = find(U(2,:) == maxU);
index3 = find(U(3,:) == maxU);

axes(handles.axes2)
plot(X(index1,1),X(index1,2),'r.','MarkerSize',24)
hold on
plot(X(index2,1),X(index2,2),'g.','MarkerSize',24)
plot(X(index3,1),X(index3,2),'b.','MarkerSize',24)
plot(centers(:,1),centers(:,2),'kx','MarkerSize',15,'LineWidth',3)
legend('Cluster 1','Cluster 2','Cluster 3','Centroids','Location','best')
%title('Cluster Assignments and Centroids 2')
xlabel('Area')
ylabel('Perimeter')
hold off
```

**Gambar 4.8** Proses klasifikasi metode *Fuzzy C-Means*

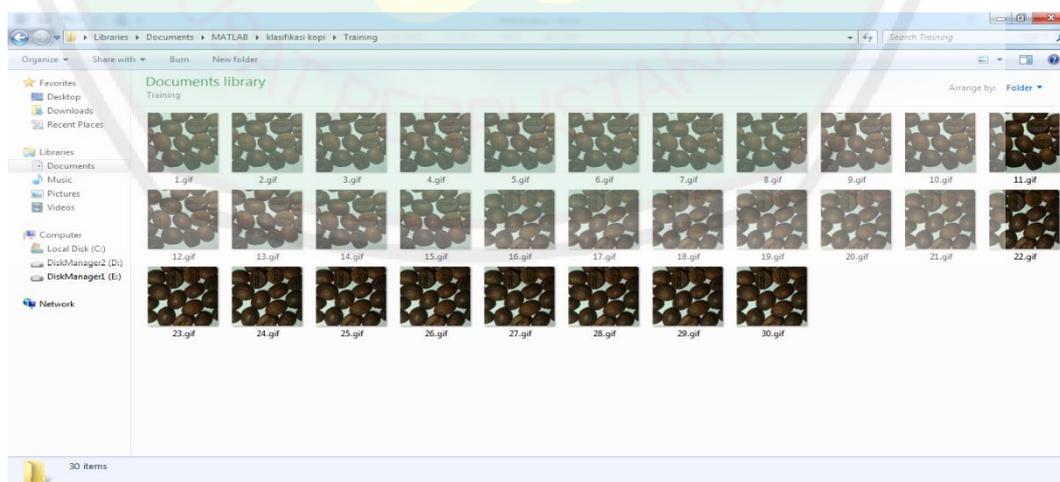
### 4.3 Pengujian

Untuk mengetahui penerapan metode *Fuzzy C-Means* pada aplikasi klasifikasi tingkat kematangan kopi berdasarkan hasil *roasting* ini maka perlu dilakukan uji coba. Berikut adalah tahapan-tahapan yang dilakukan dalam pengujian pada aplikasi ini.

#### 4.3.1 Pengumpulan Data Penelitian

Pada tahap persiapan ini data yang digunakan adalah berupa hasil pengambilan gambar obyek penelitian dalam hal ini kopi *roasting* yang kemudian disimpan dalam direktori *file* pada perangkat komputer yang akan digunakan untuk pengujian sistem dimana masing-masing data pengujian memiliki karakteristik masing-masing.

Total jumlah data yang digunakan dalam proses pengujian adalah sebanyak 90 yang terbagi menjadi 2 kategori yakni, pada proses *training* 20 data untuk *light roast*, 20 data untuk *medium roast* dan 20 data untuk *dark roast*. Selanjutnya 10 data untuk *light roast*, 10 data untuk *medium roast* dan 10 data untuk *dark roast* pada proses *testing*.



**Gambar 4.9** Contoh data citra yang di siapkan dalam satu folder

### 4.3.2 Preproses

Proses ini merupakan tahapan awal dalam mempersiapkan pengolahan data pengujian yang kemudian akan dilakukan penghitungan dengan menggunakan *Fuzzy C-Means*. Secara umum tahapan ini melakukan proses cropping secara manual dengan menentukan resolusi dari gambar sehingga dapat menampilkan data citra pada kopi yang akan melakukan proses kluster.



**Gambar 4.10** Contoh data citra yang telah di *Cropping*

Kedua adalah proses segmentasi warna citra kopi *roasting* menggunakan metode *Fuzzy C Means* untuk tujuan mencari kluster citra yang terbaik sebelum lanjut proses ekstraksi ciri. Wilayah citra kopi yang dimaksudkan adalah wilayah yang memisahkan antara objek warna citra kopi *roasting* (*foreground*) dan *background* nya.

Ketiga adalah proses ekstraksi fitur, fitur atau ciri yang digunakan adalah ciri komposisi warna dari objek kopi *roasting* yaitu nilai RGB (*Red, Green* dan *Blue*). Nilai-nilai tersebut disajikan dalam model tabulasi distribusi frekuensi.

Proses terakhir adalah estimasi parameter *output* dari tahapan ini menghasilkan nilai rata-rata (*mean*) dan variansi masing- masing citra kopi *roasting* yang merupakan parameter data penelitian. Kedua komponen nilai

tersebut nantinya akan digunakan untuk menghitung peluang yang diperoleh masing-masing data kelas yang terdiri dari 3 klasifikasi, yakni kelas *light roast*, kelas *medium roast* dan kelas *dark roast*.

#### 4.3.3 Proses Klasifikasi *Fuzzy C-Means Classifier*

Pada tahap ini dilakukan klasifikasi dengan menggunakan Fuzzy C-Means. Setelah didapat vektor-vektor fitur warna, maka dilakukan proses pengelompokan data (data clustering). Data clustering adalah proses membagi elemen-elemen data ke klaster-klaster, sehingga elemen yang memiliki kesamaan ciri akan dikelompokkan pada satu kelas, dan terpisah dengan elemen yang tidak memiliki kesamaan ciri.

#### 4.4 Hasil Uji Coba

Strategi *training* dan *testing* dilakukan untuk mengintegrasikan metode yang digunakan dalam penelitian ini ke dalam langkah-langkah terencana yang tersusun rapi sehingga diperoleh hasil yang dapat diukur tingkat kematangannya. Yang terpenting dalam strategi pengujian aplikasi adalah mendeskripsikan langkah-langkah yang akan dipakai sebagai bagian dari proses pengujian. Langkah-langkah ini direncanakan dan kemudian dijalankan sehingga dapat diperoleh nilai yang dibutuhkan untuk mengukur tingkat keberhasilan penelitian.

Setelah sistem selesai dirancang, selanjutnya harus diuji tingkat akurasi sistem dalam mengklasifikasikan jenis *roasting* yang terdapat pada kopi *roasting*. Hal ini dilakukan untuk mengetahui sejauh mana sistem dapat bekerja dalam mengklasifikasikan jenis *roasting* yang sedang diuji. Sub bab ini akan membahas mengenai hasil dari sistem yang telah dirancang dan dibuat. Perincian akan diarahkan kedalam hasil dari proses *training* dan *testing* aplikasi.

#### 4.4.1 Pengujian Tahap Akuisisi Citra

Tujuan dari pengujian tahap akuisisi adalah untuk mengetahui bahwa sistem telah mendapatkan citra tenun. Proses dilakukan dengan cara menginputkan file citra tenun ke dalam program yang telah dibuat. Hasil akuisisi citra *Light roast*, *Medium roast*, dan *Dark roast* ditunjukkan dalam Gambar 4.11



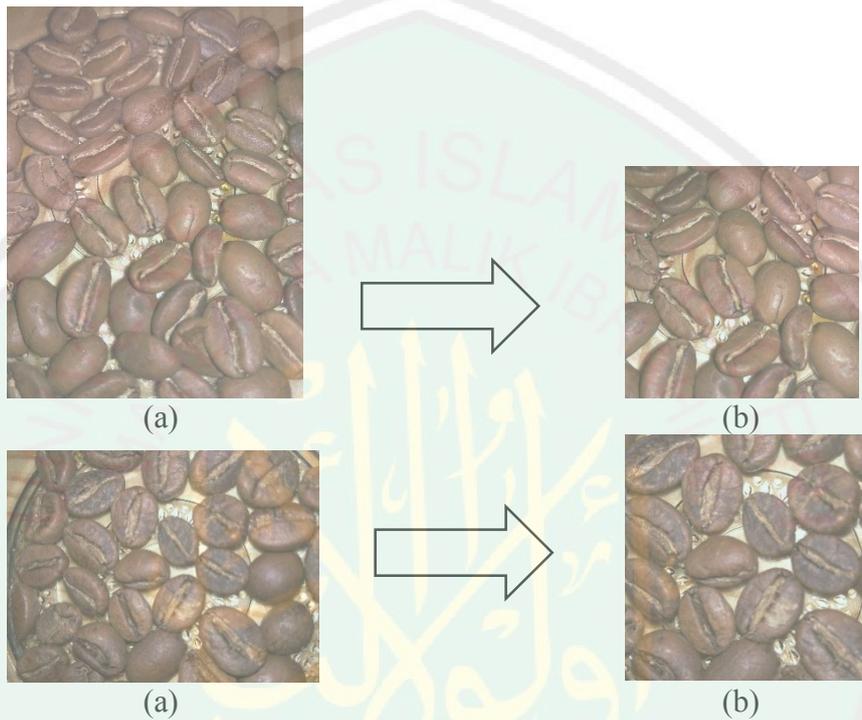
**Gambar 4.11** Hasil akuisisi citra kopi *roasting* (a) *Light roast* (b) *Medium roast* (c) *Dark roast*

Pada tahap ini, telah mendapatkan citra tenun sebanyak 30 citra *medium roast*, 30 citra kopi *Light roast*, dan 30 citra kopi *dark roast*. Dari 90 citra, nantinya akan dibagi menjadi 60 citra latih dan 30 citra uji.

#### 4.4.2 Proses Pengujian Tahap Preproses

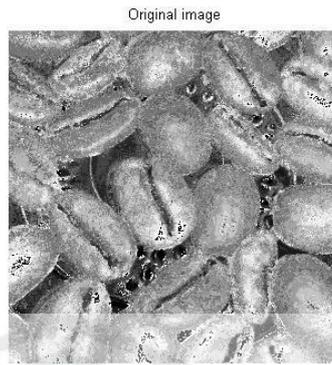
Pengujian ini dilakukan terhadap proses-proses pada tahap pengolahan citra. Pengujian bertujuan untuk mengetahui bahwa proses-proses pada tahap Pengolahan citra sudah benar, sehingga data yang disajikan dari tahap ini dipastikan dapat menjadi input pada tahap berikutnya. Pada tahap ini terdapat 4 proses yaitu:

1. Pada proses ini dilakukan cropping secara manual. Citra yang didapat memiliki ukuran citra yang berbeda beda. Sehingga, cropping citra dilakukan dengan mengambil bagian terbaik pada citra. Dari hasil cropping, didapatkan citra berukuran 650x650 piksel.



**Gambar 4.12** (a) citra hasil akuisisi , (b) citra hasil cropping

2. segmentasi warna citra kopi roasting menggunakan metode Fuzzy C Means untuk tujuan mencari kluster citra yang terbaik sebelum lanjut proses ekstraksi ciri. Wilayah citra kopi yang dimaksudkan adalah wilayah yang memisahkan antara objek warna citra kopi roasting (foreground ) dan background nya.



**Gambar 4.13** Citra hasil segmentasi

- Ekstraksi Fitur citra kopi *roasting* bertujuan untuk mengetahui beberapa informasi yang diperoleh dari citra tersebut. Proses ekstraksi fitur ini menggunakan toolbox pada aplikasi matlab. Informasi yang akan diperoleh adalah informasi mean, varian, contrast dan correlation. Informasi tersebut berfungsi untuk menunjang dari proses klasifikasi. Berikut informasi yang diperoleh dari data citra secara keseluruhan.

```

Command Window
New to MATLAB? Watch this Video, see Demos, or read Getting Started.

>> a = mean('light\Crop\Training')
a =
    102.7368

>> b = mean('light\Crop\Testing')
b =
    103.2222

```

**Gambar 4.14** Nilai mean pada klasifikasi light training dan testing

Pada gambar diatas telah diketahui nilai rata-rata atau mean pada keseluruhan gambar pada klasifikasi *light* yaitu data training adalah 102.7368 dan data testing adalah 103.2222 .



```

Command Window
New to MATLAB? Watch this Video, see Demos, or read Getting Started.

>> c = mean('medium\Crop\Training')

c =

    102.8500

>> d = mean('medium\Crop\Testing')

d =

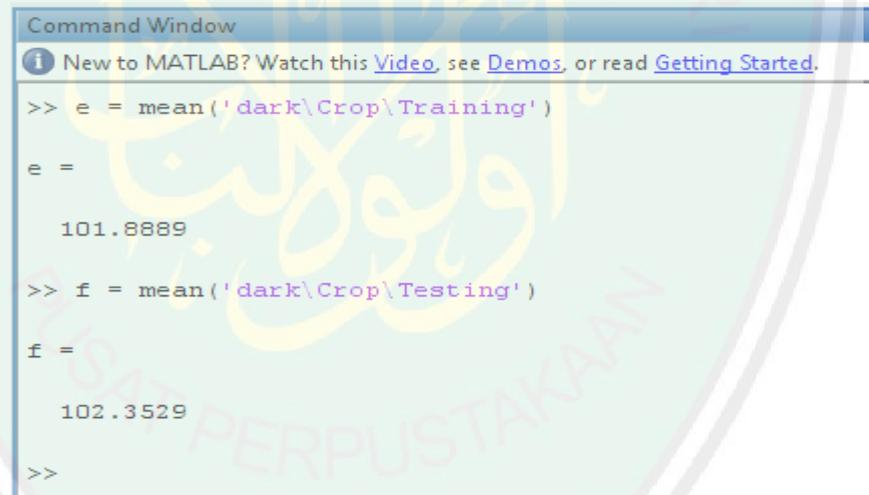
    103.3158

>>

```

**Gambar 4.15** Nilai mean pada klasifikasi medium training dan testing

Pada gambar diatas telah diketahui nilai rata-rata atau *mean* pada keseluruhan gambar pada klasifikasi *medium* yaitu data training adalah 102.8500 dan data testing adalah 103.3158 .



```

Command Window
New to MATLAB? Watch this Video, see Demos, or read Getting Started.

>> e = mean('dark\Crop\Training')

e =

    101.8889

>> f = mean('dark\Crop\Testing')

f =

    102.3529

>>

```

**Gambar 4.16** Nilai mean pada klasifikasi dark training dan testing

Pada gambar diatas telah diketahui nilai rata-rata atau *mean* pada keseluruhan gambar pada klasifikasi *dark* yaitu data training adalah 101.8889 dan data testing adalah 102.3529 .

Pada pengujian sistem menggunakan data testing, peneliti memakai data sebanyak 30 data image. Data tersebut berjumlah 10 data image klasifikasi *light* dengan penamaan file menggunakan kode L pada huruf depan, setelah itu 10 data image klasifikasi *medium* dengan penamaan file menggunakan kode M pada huruf depan dan 10 data image klasifikasi *dark* dengan penamaan file menggunakan kode D pada huruf depan. Berikut adalah hasil pengujian sistem yang telah dilakukan.

**Tabel 4.1** Hasil Pengujian Sistem

No	Data image	Contrast	Hasil klasifikasi	Kecocokan	Akurasi
1	D16.gif	1.82048	Kluster 3(Dark roast)	True	0,333333 = 33 %
2	D17.gif	1.9706	Kluster 2(Medium roast)	False	
3	D18.gif	1.88082	Kluster 2(Medium roast)	False	
4	D19.gif	1.87043	Kluster 3(Dark roast)	True	
5	D20.gif	1.97188	Kluster 1(Light roast)	False	
6	D21.gif	1.95476	Kluster 1(Light roast)	False	
7	D22.gif	1.91947	Kluster 2(Medium roast)	False	
8	D23.gif	1.94828	Kluster 3(Dark roast)	True	
9	D24.gif	1.87025	Kluster 3(Dark roast)	True	
10	D25.gif	1.92566	Kluster 2(Medium roast)	False	
11	L16.gif	0.827972	Kluster 2(Medium roast)	False	
12	L17.gif	0.904262	Kluster 2(Medium roast)	False	
13	L18.gif	0.846483	Kluster 1(Light roast)	True	
14	L19.gif	1.00777	Kluster 3(Dark roast)	False	
15	L20.gif	0.87259	Kluster 1(Light roast)	True	
16	L21.gif	0.810236	Kluster 1(Light roast)	True	

17	L22.gif	0.882048	Kluster 3(Dark roast)	False
18	L23.gif	1.01437	Kluster 3(Dark roast)	False
19	L24.gif	0.875489	Kluster 1(Light roast)	True
20	L25.gif	0.870186	Kluster 3(Dark roast)	False
21	M16.gif	1.19038	Kluster 2(Medium roast)	True
22	M17.gif	1.568944	Kluster 1(Light roast)	False
23	M18.gif	1.11502	Kluster 1(Light roast)	False
24	M19.gif	1.17204	Kluster 3(Dark roast)	False
25	M20.gif	1.13591	Kluster 1(Light roast)	False
26	M21.gif	1.17313	Kluster 3(Dark roast)	False
27	M22.gif	1.16812	Kluster 2(Medium roast)	True
28	M23.gif	1.16063	Kluster 1(Light roast)	False
29	M24.gif	1.16867	Kluster 3(Dark roast)	False
30	M25.gif	1.18809	Kluster 3(Dark roast)	False

Dari uji coba tersebut maka kita dapat simpulkan bahwa aplikasi tersebut memiliki tingkat akurasi sebesar 33% yang didapatkan dari perhitungan berikut:

$$\text{Akurasi} = \frac{\text{Jumlah kopi yang terklasifikasi dengan benar}}{\text{Jumlah kopi total}} \times 100\%$$

$$\text{akurasi} = \frac{10}{30} \times 100\% = 0.3333 \times 100\% = 33\%$$

Secara umum akurasi dapat di rumuskan pada tabel 4.2 sebagai berikut :

**Tabel 4.2** Rumus Akurasi

		Nilai sebenarnya	
		TRUE	FALSE
Nilai prediksi	TRUE	TP (True Positive) <i>Corect result</i>	FP (False Positive) <i>Unexpected result</i>
	FALSE	FN (False Negative) <i>Missing result</i>	TN (True Negative) <i>Corect absence of result</i>

Rumus :

$$\text{Akurasi} = (\text{TP} + \text{TN}) / (\text{TP} + \text{FP} + \text{FN} + \text{TN}) \times 100\%$$

Sehingga untuk uji coba aplikasi klasifikasi kopi diatas dapat di tuliskan sebagai berikut :

**Tabel 4.3** Penerapan Kasus Uji coba pada Rumus Akurasi Sistem

		Nilai sebenarnya	
		TRUE	FALSE
Nilai prediksi	TRUE	10	0
	FALSE	20	0

$$\begin{aligned} \text{Akurasi} &= (10+0)/(10+0+0+20) \times 100\% \\ &= 10/30 \times 100\% \\ &= 33\% \end{aligned}$$

Tingkatan *roasting* yang di uji coba ada tiga tingkat yaitu; *light roast*, *medium roast*, dan *dark roast*. Tingkatan ini menghasilkan nilai kepekatan yang berbeda. Berikut adalah nilai *contrast* yang dihasilkan dari masing-masing klasifikasi.

#### 1. Light Roast

Pada tingkatan *roasting* menghasilkan nilai antara 0.810236 sampai dengan 1.01437 pada tingkat kepekatannya.

## 2. *Medium Roast*

Pada tingkatan *roasting* ini menghasilkan nilai *contrast* antara 1.11502 sampai dengan 1.19038 pada tingkat kepekatannya.

## 3. Dark Roast

Pada tingkatan *roasting* ini menghasilkan nilai *contrast* antara 1.82048 sampai dengan 1.97188 pada tingkat kepekatannya.

Dari hasil proses 3 klasifikasi diatas dapat diketahui bahwa klasifikasi yang memiliki nilai *contrast* tertinggi adalah klasifikasi *dark* kemudian disusul klasifikasi *medium* dan yang terakhir adalah klasifikasi *light*. Hal tersebut menunjukkan bahwa warna hitam pada klasifikasi *dark* lebih pekat dibandingkan dengan kepekatan pada klasifikasi *medium* dan *light*. Hal tersebut mempengaruhi pada hasil klasifikasi yang akan kita cari.

Pada data proses *testing* menghasilkan tingkat akurasi 33%, hal ini disebabkan oleh berbagai macam faktor utama dalam proses akuisisi data. Pertama adalah tidak fokusnya kamera dalam pengambilan citra kopi *roasting* sehingga citra yang dihasilkan menjadi kabur/*blur*.

Kedua adalah masalah pencahayaan, dimana ini akan mempengaruhi intensitas cahaya yang dihasilkan dalam proses peneropongan/*candling* yaitu citra yang dihasilkan tidak sesuai dengan hasil yang diharapkan. Citra yang redup akibat dari pencahayaan yang kurang akan mempengaruhi hasil dalam proses *testing*. Pencahayaan hanya dari satu arah saja, jika ada cahaya berlainan arah dan dari arah yang lain sehingga menghasilkan perpaduan sumber cahaya akan mengurangi fokus terhadap komponen yang terdapat didalam kopi *roasting*.

Terakhir adalah masalah kebersihan kopi *roasting*, jika terdapat kotoran yang menempel pada sisi luar kopi akan mengakibatkan kurang optimal dalam hasil uji coba. Kotoran yang menempel akan dianggap sistem sebagai derau/*noise* gangguan terhadap proses ekstraksi fitur. Hal tersebut akan berakibat pada *roasting* yang nihil atau gagal *roasting*. Faktor selanjutnya proses pemanasan, pemanasan tidak harus dengan bantuan pemanas akan tetapi mesin *roasting* sudah bisa digunakan. Jika menggunakan mesin *roasting* masalah yang dialami adalah suhu yang dihasilkan mesin *roasting* apakah sesuai, jika tidak akan mempengaruhi proses *roasting*, sehingga daya panas yang rendah. Sehingga kerugian tersebut akan dialami *roaster*. Perubahan yang memungkinkan tersebut munculnya kesalahan sistem dalam mengidentifikasi kopi *roasting* tersebut.

#### **4.5 Integrasi Aplikasi Klasifikasi Tingkat Kematangan Kopi Berdasarkan Hasil Roasting Dengan Al-Quran**

Al-Qur'an merupakan firman Allah yang diturunkan kepada Nabi Muhammad SAW. Diturunkan sebagai wahyu untuk memecahkan persoalan-persoalan manusia dalam berbagai hal dengan bijaksana. Al-Quran mengajarkan manusia untuk selalu berusaha dan berdoa. Segala hal dibahas di dalam Al-Quran termasuk pembahasan tentang kopi yang termasuk kedalam asupan yang dapat di terima oleh tubuh manusia. Kopi merupakan salah satu minuman yang diminati oleh hampir semua golongan masyarakat dan mengandung banyak gizi dan beberapa manfaat yang terkandung didalamnya. Salah satu manfaatnya adalah membuat tubuh menjadi segar dan meningkatkan konsentrasi pada otak. Sesuai yang terkandung dalam ayat QS 2 Al Baqoroh ayat 172 :

يَا أَيُّهَا الَّذِينَ ءَامَنُوا كُلُوا مِن طَيِّبَاتِ مَا رَزَقْنَاكُمْ وَاشْكُرُوا لِلَّهِ إِن كُنتُمْ إِيَّاهُ تَعْبُدُونَ ۝ ١٧٢

*“Hai orang-orang yang beriman, makanlah di antara rezeki yang baik-baik yang Kami berikan kepadamu dan bersyukurlah kepada Allah, jika benar-benar kepada-Nya kamu menyembah.”*

Melalui firman-Nya, Allah swt. memerintahkan hamba-hamba-Nya yang beriman agar memakan makanan yang baik-baik dari rizki yang telah dianugerahkan Allah Ta’ala kepadanya, dan supaya mereka senantiasa bersyukur kepada-Nya atas rizki tersebut, jika mereka benar-benar hamba-Nya. Memakan makanan yang halal merupakan salah satu sebab terkabulnya do’a dan diterimanya ibadah. Sebagaimana memakan makanan yang haram menghalangi diterimanya do’a dan ibadah. Hal itu sebagaimana diterangkan dalam hadits yang diriwayatkan Imam Ahmad dari Abu Hurairah ra, Rasulullah bersabda:

“Wahai sekalian manusia, sesungguhnya Allah itu baik dan tidak menerima kecuali yang baik-baik. Dan sesungguhnya Allah telah memerintahkan kepada orang-orang yang beriman apa yang telah diperintahkan kepada para rasul. Dia berfirman, ‘Hai Para rasul, makanlah makanan yang baik-baik dan kerjakanlah amal shalih. Sesungguhnya Aku Mahamengetahui apa yang kamu kerjakan.’ (QS. Al-Mu’minun: 51) Dia juga berfirman, ‘Hai orang-orang yang beriman, makanlah di antara rezeki yang baik-baik yang Kami berikan kepadamu.’ (QS. Al-Baqarah: 172)



## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan penelitian yang telah dikerjakan serta uji coba yang telah dilakukan, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

Penelitian ini berhasil menerapkan metode Fuzzy C-Means untuk melakukan proses klasifikasi tingkat kematangan kopi. Dari hasil pengujian, di dapat kesimpulan bahwa klasifikasi 3 tingkatan klasifikasi menggunakan metode Fuzzy C-Means mendapatkan tingkat akurasi sebesar 33% dengan menggunakan data image sebanyak 30 citra. Pada setiap tingkatan klasifikasi menggunakan 10 data image.

#### **5.2 Saran**

Penerapan Metode Fuzzy C-Means pada penelitian ini tentunya tidaklah luput dari kesalahan dan kekurangan. Oleh karena itu penulis menyertakan beberapa saran yang dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan pengembangan sistem yang lebih baik, diantaranya:

1. Aplikasi hanya dapat melakukan klasifikasi sebanyak 3 tingkatan kopi roasting. Diharapkan ke depan, aplikasi ini dapat disempurnakan dengan melakukan lebih dari 3 tingkatan klasifikasi kopi roasting, sehingga dapat digunakan di masa mendatang.
2. Dapat dikembangkan lagi dengan pembuatan interface yang lebih menarik dengan dibuat lagi versi mobile atau web agar dapat digunakan secara lebih fleksible dan efisien.





## DAFTAR PUSTAKA

- Diantoro Aris. (2017). Sistem Pendeteksi Telur Fertil Dan Infertil Pada Citra Telur Ayam Kampung Menggunakan Metode *Fuzzy C-Means* Dan *Naïve Bayes Classifier*. Skripsi. Jurusan Teknik Informatika. Malang: UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Direktorat Jenderal Perkebunan. (2016). *Statistik Perkebunan Indonesia Komoditas Kopi*. Kementrian Pertanian Republik Indonesia. Jakarta.
- Du, G. Miao, F. Tian, S. Liu, Y. 2009. *A Modified Fuzzy Cmeans Algorithm in Remote Sensing Image Segmentation*. International Conference on Environmental Science and 54 Information Application Technology, IEEE (No.2008DTKF102).
- Hari dan Kusumadewi. 2004. *Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan*. Yogyakarta: Graha Ilmu.  
<http://disbun.jabarprov.go.id/index.php/artikel/detailartikel/121>.
- Maria, Putut Son dan Muhammad Rivai. 2013, *Klasifikasi Kualitas Biji Kopi Menggunakan Pengolahan Citra Dan Fuzzy Logic*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Najiyati, S. dan Danarti. (1998). *Budidaya Kopi dan Pengolahan Pasca Panen*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Nurjanah. 2014. *Clustering Varietas Padi Lokal Pasang Surut Kalimantan Selatan Yang Dimutasi Dengan Sinar Gamma Menggunakan Metode Fuzzy C-Means*. Skripsi. Prodi Ilmu Komputer. Banjarbaru: Universitas Lambung Mangkurat Banjarbaru.
- Prayudha Muhammad. (2011). *Perancangan Perangkat Lunak Segmentasi Citra dengan Menggunakan Metode Fuzzy Clustering*. Skripsi. Departemen Ilmu Komputer. Medan : Universitas Sumatera Utara.
- Purnama, Siti. 2016. *Proses dan Tingkatan Roasting Kopi*. Rahardjo, Pudji. 2012. *Panduan Budidaya dan Pengolahan Kopi Arabika dan Robusta*. Penebar Swadaya. Jakarta.

- Ravichandran, and Dinakaran, K. 2009. *Hybrid Fuzzy C-Means Clustering Technique for Gene Expression Data*, Volume 1 Dept. of Computer Science and Engineering Hindustan Institute of Tech., Coimbatore, India: International Journal of Research and Reviews in Applied Sciences, ISSN: 2076-734X, EISSN: 2076-7366.
- Rivasti, Rachma. 2009. *Penerapan Logika Fuzzy pada Penilaian Mutu Teh Hitam (Studi Kasus di PTPN XII Kebun Teh Kertowono, Lumajang)*. Malang: Universitas Brawijaya.
- Saelan, A., 2009, *Logika Fuzzy*, Makalah IF2091 Struktur Diskrit, Sekolah Teknik Elektro dan Informatika, Institut Teknologi Bandung.
- SNI 01-2907-2008 (SNI). Standar Nasional Indonesia. 2008. Biji Kopi (SNI 01-2907-2008). Badan Standar Nasional.
- Sofi'i, Imam. 2005. *Pemutuan Biji Kopi dengan Pengolahan Citra Digital dan Artificial Neural Network*. Tesis. Departemen Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Soleh, Mukhamad. 2013. *Sistem Pakar Penentuan Selera Konsumen Terhadap Menu Kopi Dengan Metode Fuzzy Logic*. Semarang: Universitas Dian Nuswantoro.
- Yogawati Wulandari, - (2011) *Aplikasi Metode Mamdani Dalam Penentuan Status Gizi Dengan Indeks Massa Tubuh (Imt) Menggunakan Logika Fuzzy*. S1 thesis, UNY.

## LAMPIRAN

### 1. DATA IMAGE *LIGHT ROAST*



L1.GIF



L2.GIF



L3.GIF



L4.GIF



L5.GIF



L6.GIF



L7.GIF



L8.GIF



L9.GIF



L10.GIF



L11.GIF



L12.GIF



L13.GIF



L14.GIF



L15.GIF



L16.GIF



L17.GIF



L18.GIF



L19.GIF



L20.GIF



L21.GIF



L22.GIF



L23.GIF



L24.GIF



L25.GIF



L26.GIF



L27.GIF



L28.GIF



L29.GIF



L30.GIF

## 2. DATA IMAGE *MEDIUM ROAST*



M1.GIF



M2.GIF



M3.GIF



M4.GIF



M5.GIF



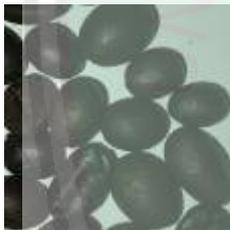
M6.GIF



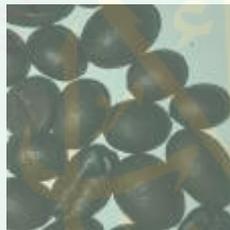
M7.GIF



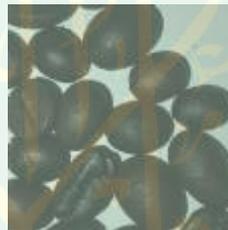
M8.GIF



M9.GIF



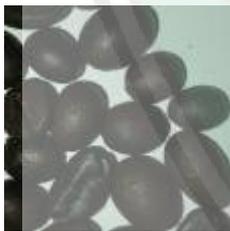
M10.GIF



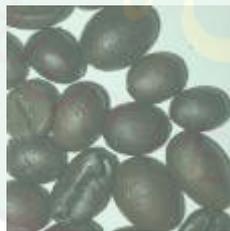
M11.GIF



M12.GIF



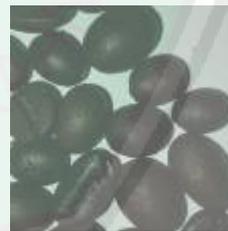
M13.GIF



M14.GIF



M15.GIF



M16.GIF



M17.GIF



M18.GIF



M19.GIF



M20.GIF



M21.GIF



M22.GIF



M23.GIF



M24.GIF



M25.GIF



M26.GIF



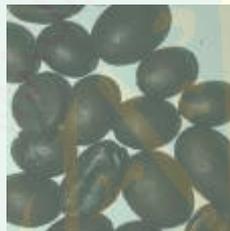
M27.GIF



M28.GIF



M29.GIF

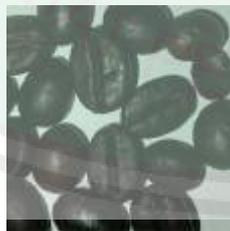


M30.GIF

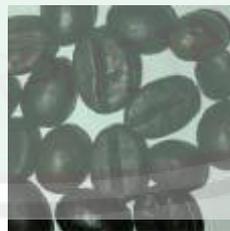
### 3. DATA IMAGE *DARK ROAST*



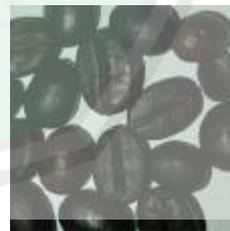
D1.GIF



D2.GIF



D3.GIF



D4.GIF



D5.GIF



D6.GIF



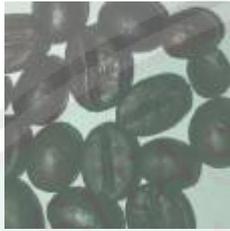
D7.GIF



D8.GIF



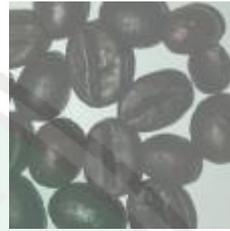
D9.GIF



D10.GIF



D11.GIF



D12.GIF



D13.GIF



D14.GIF



D15.GIF



D16.GIF



D17.GIF



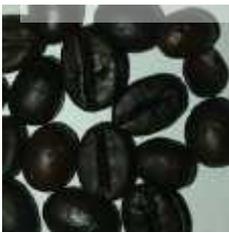
D18.GIF



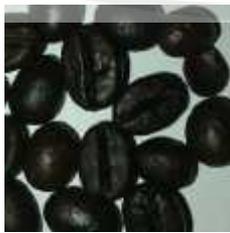
D19.GIF



D20.GIF



D21.GIF



D22.GIF



D23.GIF



D24.GIF



D25.GIF



D26.GIF



D27.GIF



D28.GIF



D29.GIF



D30.GIF

