

**DETEKSI ADULTERAN BERAS KETAN HITAM PADA
SEDIAAN BAHAN BAKU KOPI ROBUSTA (*COFFEA
ROBUSTA*) INSTAN SECARA FT-IR *FINGERPRINT
ANALYSIS***

LAPORAN TUGAS AKHIR

M. Buyung Iqbal

13171069



**PROGRAM STUDI SARJANA FARMASI
FAKULTAS FARMASI
UNIVERSITAS BHAKTI KENCANA
BANDUNG
2019**

**DETEKSI ADULTERAN BERAS KETAN HITAM PADA
SEDIAAN BAHAN BAKU KOPI ROBUSTA (*COFFEA
ROBUSTA*) INSTAN SECARA FT-IR FINGERPRINT
ANALYSIS**

LAPORAN TUGAS AKHIR

Diajukan untuk memenuhi persyaratan Tugas Akhir II

M. BUYUNG IQBAL

13171069

Bandung, 6 Juli 2019

Menyetujui

Pembimbing Utama



(Dr. Fauzan Zein Muttaqin, M. Si., Apt)

Pembimbing Serta



(Anne Yuliantini, M.Si)

PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI

Skripsi yang tidak dipublikasikan terdaftar dan tersedia di Perpustakaan Sekolah Tinggi Farmasi Bandung, dan terbuka untuk umum.

Referensi kepustakaan diperkenankan dicatat, tetapi pengutipan atau peringkasan hanya dapat dilakukan seizin pengarang dan harus disertai dengan kebiasaan ilmiah untuk menyebutkan sumbernya.

Memperbanyak atau menerbitkan sebagian atau seluruh skripsi haruslah seizin Ketua Program Studi di lingkungan Sekolah Tinggi Farmasi Bandung.

Dipersembahkan kepada kedua orang tua, kakak – kakakku dan orang – orang terdekatku yang selalu memberikan dorongan motivasi dan curahan kasih sayang, perhatian, do'a yang berlimpah, materi dan cinta tak pernah berhenti, semoga senantiasa berada dalam lindungan Allah SWT..

ABSTRAK

DETEKSI ADULTERAN BERAS KETAN HITAM PADA SEDIAAN BAHAN BAKU KOPI ROBUSTA (*COFFEA ROBUSTA*) INSTAN SECARA FT-IR *FINGERPRINT ANALYSIS*

Oleh:

M. BUYUNG IQBAL

13171069

Kopi merupakan salah satu hasil komoditi perkebunan yang memiliki nilai ekonomis yang cukup tinggi di antara tanaman perkebunan lainnya. Banyaknya penikmat kopi menyebabkan penggunaan kopi dimasyarakat semakin meningkat maka perlu adanya jaminan kualitas. Pentingnya kontrol kualitas produk pangan terdiri dari campuran beberapa komponen, zat aktif dan tambahan dalam kopi instan umumnya belum diketahui. *Fourier Transform Infra Red fingerprint analysis* merupakan salah satu metode yang dapat dimanfaatkan untuk evaluasi dan kontrol kualitas multikomponen dari bahan baku pangan. Biji kopi robusta diperoleh dari tiga daerah berbeda yaitu Bandung, Lampung dan Nusa Tenggara Timur (NTT) kemudian dibandingkan dengan Sampel yang diuji yaitu sampel A,B dan C. Ekstraksi dilakukan dengan metode meserasi menggunakan pelarut etanol 96%. Pengukuran Spektrum inframerah daerah sidik jari dilakukan menggunakan alat FT-IR (Agilent Cary 630 FT-IR, USA). Spektrum FT-IR dibaca pada Frekuensi $4000-650\text{ cm}^{-1}$ dan resolusi 4 cm^{-1} , dengan teknik penanganan sampel secara *reflectant* dengan mengukur *absorban* dan diolah dengan aplikasi *Microlab Expert* untuk menghasilkan spektrogram dan titik koordinat x dan y. Analisis spektrogram secara kemometrik menggunakan *Principal Component Analysis* dengan menentukan nilai *loadings* dan *scores*. Hasil *scores* PC yang digunakan adalah PC2 terhadap PC1 menyatakan sampel A diyakini positif murni, sampel B diyakini mengandung adulterant lain, Sampel C diyakini mengandung adulteran beras ketan hitam.

Kata Kunci: Adulteran, beras ketan hitam, FT-IR, *Fingerprint Analysis*, Kopi, *Principal Componen Analysis* (PCA).

ABSTRACT

DETECTION OF BLACK STICKY RICE ADULTERAN IN ROBUSTA COFFEE ROBUSTA INSTANT USING FT-IR FINGERPRINT ANALYSIS

Coffee is one of the plantation products that has a high economic value among other plantation crops. The number of coffee connoisseurs that increase coffee use in the community is increasing, it needs to be improved. The importance of product quality control consists of several components, active substances and additives in instant coffee that are not yet known. Fourier Transform Infra Red fingerprint analysis is one method that can be used for the assessment and control of multicomponent quality of food raw materials. Robusta coffee beans were obtained from three different regions from Bandung, Lampung and East Nusa Tenggara (NTT) then compared with the samples, namely samples A, B and C. Extraction was performed by the meseration method using 96% ethanol solvent. Measurement The infrared spectra of the fingerprint region is performed using an FT-IR (Agilent Cary 630 FT-IR, USA) tool. The FT-IR spectrum is read at Frequency 4000-650 cm^{-1} and resolution 4 cm^{-1} , with reflectant sample handling technique by measuring the absorbance and processed with Microlab Expert application to produce spectrogram and x and y coordinate points. Spectrogram analysis using Chemometric Principal Component Analysis (PCA) by determining the value of loadings and scores. PC scores results are used PC2 to PC1 which stated that sample A was pure, sample B containing another adulter, Sample C containing adulterant black glutinous rice.

Keywords: Adulterants, black glutinous rice, FT-IR, Fingerprint Analysis, Kemometrics, Principal Component Analysis (PCA), Coffee.

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim,

Alhamdulillahirrabhalamiin, segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat, ridho, dan kasih sayang-Nya, serta shalawat dan salam kepada Nabi Muhammad SAW, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir yang berjudul “**Deteksi Adulteran Beras Ketan Hitam Pada Sediaan Bahan Baku Kopi Robusta (*Coffea Robusta*) Instan Secara FT-IR *Fingerprint Analysis*”**”. Tugas akhir ini diajukan sebagai salah satu dari syarat untuk memenuhi persyaratan kelulusan Program studi strata I farmasi fakultas farmasi Bhakti Kencana University.

Penyusunan laporan tugas akhir ini tidak akan terwujud tanpa bantuan dan dorongan dari berbagai pihak. Maka dari itu selayaknya penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Fauzan Zein Muttaqin, M.Si., Apt., selaku pembimbing utama dan Ibu Anne Yuliantini, M. Si., selaku pembimbing serta yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran untuk memberikan bimbingan. Semoga Allah.SWT membalas segala kebaikan beliau dengan rahmat-Nya.
2. Seluruh dosen dan seluruh civitas akademika fakultas farmasi yang tidak dapat disebutkan satu persatu.
3. Papa dan mama, kedua orang tua penulis yang selalu senantiasa mendoakan dan mendukung penulis baik moril dan materil.
4. Teman-teman seperjuangan dan sahabat yang selalu memberikan dukungan semangat perjuangan dan pengalaman kebersamaan yang tak ternilai terutama FA2 Matrikulasi

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa penulisan laporan tugas akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun.

Akhir kata penulis mengucapkan *Jazakumullahu khairan katsira* dan semoga bermanfaat bagi para pembaca umumnya dan bagi penulis pada khususnya. Semoga Allah senantiasa melindungi kita serta memberikan petunjuk-Nya pada langkah kita selanjutnya. Amin.

Bandung, Juli 2017

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.. Error! Bookmark not defined.	
ABSTRAK.....	iv
ABSTRACT.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
BAB I Pendahuluan.....	1
1. Latar belakang.....	1
2. Rumusan masalah.....	5
3. Tujuan penelitian.....	5
4. Manfaat penelitian.....	6
5. Waktu dan Tempat Penelitian.....	6
BAB II Tinjauan Pustaka.....	7
II.1. Tanaman Kopi.....	7
II.2. Varietas.....	8
II.3. Pengolahan Produk.....	10
II.4. Kandungan Kimia dan Manfaat.....	11
II.5. Beras Ketan Hitam.....	11
II.6. Adulterant.....	13
II.7. <i>Fourrier transform infrared Spectroscopy</i> (FTIR).....	15
II.8. Analisis Data Kemometrik.....	22
BAB III Metodologi Penelitian.....	28
BAB IV Alat Dan Bahan.....	30

IV.1 Alat.....	30
IV.2 Bahan.....	30
BAB V Prosedur Penelitian.....	31
V.1. Pengumpulan bahan baku.....	31
V.2. Preparasi sampel.....	31
V.3. Pengukuran Spektrum inframerah.....	33
V.4. Analisis data pembuatan model sidik jari secara kemometrik.....	33
V.5. Validasi metode PCA.....	34
V.6. Analisis adulterant pada sampel.....	35
BAB VI Hasil Dan Pembahasan.....	37
VI.1 Pengumpulan bahan baku.....	37
VI.2 Preparasi sampel.....	37
VI.3 Pengukuran spektrum infra merah.....	39
VI.4 Pembuatan model sidik jari secara kemometrik.....	42
VI.5 Validasi Metode PCA.....	44
VI.6 Analisis deteksi adulteran pada sampel.....	45
BAB VII Kesimpulan dan Saran.....	49
VII.1 Kesimpulan.....	49
VII.2 Saran.....	50
DAFTAR PUSTAKA.....	69

DAFTAR TABEL

Tabel II.1. Daerah Spektroskopi Inframerah.....	16
---	----

DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1. Biji kopi Arabika dan Robusta.....	8
Gambar II.2. Komponen FT-IR.....	20

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Perhitungan randemen ekstrak.....	52
Lampiran 2. Spektrum Infra Merah.....	53
Lampiran 3. Data nilai X dan Y.....	56
Lampiran 4. Data PCA Transformasi.....	57
Lampiran 5. Transformasi.....	58

BAB I Pendahuluan

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 (Rahardjo, 2012).

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 (Rahardjo, 2012) , Produksi kopi tertinggi dihasilkan oleh propinsi Lampung sebesar 142.599 Ton dengan luas lahan sebesar 166.058 Ha (Windiarti, 2011).

Kopi yang banyak dijumpai di pasaran berasal dari dua jenis spesies tanaman yang berbeda yaitu kopi arabika dan kopi robusta. Kedua spesies ini merupakan sumber yang kaya akan senyawa aktif seperti asam nikotinat, trigonelin, asam quinolinat, asam tanat, asam pirogalat dan kafein. Kopi juga merupakan sumber penting dari polifenol, diantaranya yaitu asam kafeat, asam kumarat, asam ferulat, asam sinapat dan asam klorogenat (Asep Sukohar dkk., 2011).

Pada pembuatan kopi bubuk terdapat pencampuran biji kopi dengan bahan tambahan seperti beras ketan, pinang, dan jagung dengan cara campuran tersebut disangrai dan digiling secara bersamaan, dengan jumlah sekitar 15-20%. Salah satu alasan yang digunakan adalah untuk menambah bobot kopi bubuk yang dihasilkan, sehingga mendapatkan keuntungan ekonomi yang lebih besar (Siswoputranto, 2001).

Adulteran adalah pemalsuan produk atau pencampuran dengan penambahan bahan atau senyawa yang berbahaya, sengaja mengganti, menambah, mengubah atau merepresentasikan secara keliru suatu bahan dan atau produk pangan. Kurangnya kontrol kualitas standar dari obat dan makanan mengakibatkan banyaknya kecurangan dalam hal ini.

Sidik jari mengacu pada profil yang dapat menggambarkan sifat analit tertentu pada bahan baku, produk setengah jadi dan produk jadi setelah pengolahan yang tepat dan diperoleh dengan teknik analisis tertentu. Penelitian sidik jari dari obat-obatan herbal

merupakan penelitian interdisipliner dan komprehensif, yang didasarkan pada komposisi kimia dari produk herbal. Analisis sidik jari memerlukan kolaborasi pengetahuan akan jamu, ilmu pemisahan, ilmu analisa kimia, dan bioinformatika untuk menyediakan sistem kontrol kualitas obat herbal tradisional (Zhang, 2015).

Analisis sidik jari (*fingerprint analysis*) telah diterima secara luas sebagai model evaluasi kualitas jamu, karena perbedaan kondisi suatu negara, tradisi, pola pikir maka penelitian dan metode fingerprinting menjadi beragam di berbagai negara. Contohnya ilmuwan Jepang menerima rebusan dari resep yang terdiri dari irisan simplisia trueborn sebagai ekstraksi standar, dan sidik jari yang diperoleh dari ekstraksi standar diambil untuk standar analisis sidik jari. FDA (Food and Drug Administration) juga mulai menerima analisa sidik jari, karena metode sidik jari dapat dimanfaatkan untuk pengendalian kualitas zat produk obat herbal. Perancis, Jerman, Inggris, India dan WHO telah mengadopsi analisa sidik jari untuk mengevaluasi kualitas tanaman obat. Produsen di Cina diwajibkan oleh Food and Drug Administration Negara Cina (FDA) untuk standarisasi bahan baku yang terbuat dari pengobatan tradisional Cina, dengan menggunakan metode sidik jari kromatografi (Zhang, 2015).

Fingerprinting umumnya dibagi menjadi sidik jari kimia dan pola biologi. Sidik jari kimia digunakan untuk menganalisis kandungan kimia di tanaman herbal, terdiri dari sidik jari kromatografi dan spektral sidik jari. Sidik jari kromatografi terdiri dari kromatografi lapis tipis (KLT), kromatografi berkinerja tinggi cair (HPLC),

kromatografi gas (GC), elektroforesis kapiler (CE), sedangkan spektral sidik jari, misalnya UV, IR, MS, X-ray dan sebagainya. Sidik jari biologis terutama mengacu pada genomik sidik jari, karena komposisi genetik adalah unik untuk setiap individu, metode DNA untuk identifikasi produk herbal kurang dipengaruhi oleh usia, kondisi fisiologis, faktor lingkungan, panen, penyimpanan dan metode pengolahan. Sidik jari genom telah digunakan secara luas untuk diferensiasi individu tanaman, genus, analisis homogenitas, dan deteksi adulterants (Zhang, 2015).

Senyawa marker diklasifikasikan menjadi dua, yang pertama adalah senyawa marker aktif, yaitu senyawa atau golongan senyawa yang diketahui secara umum mempunyai kontribusi dalam aktifitas terapeutik. Yang kedua adalah senyawa marker analisis yaitu senyawa atau golongan senyawa yang digunakan untuk tujuan analisis tanpa perlu mengetahui adanya kontribusi aktifitas terapeutik atau tidak (Natural Health Product Directorate's Canada, 2012).

Spektra FT-IR dihasilkan dari interaksi antara energi sinar inframerah dan komponen kimia penyusun campuran bahan, sehingga suatu spektra FT-IR merupakan identitas khas campuran tersebut (Soleh, 2008). Pola spektrum sidik jari dilakukan untuk kontrol kualitas bahan baku pangan dan obat herbal (Mok dan Chau, 2006), pola spektrum sidik jari dapat memberikan informasi yang lebih akurat dan realistis.

Spektroskopi FT-IR dapat mengukur secara cepat sampel tanpa merusak dan mampu menganalisis beberapa komponen secara

serentak. Penggunaan FT-IR dalam analisis tumbuhan masih terbatas karena matriks dan spektrum yang dihasilkan cukup kompleks. Spektrum sidik jari FT-IR yang dihasilkan merupakan informasi data yang sangat kompleks sehingga dapat menggambarkan secara menyeluruh karakteristik kimia suatu sampel. Perubahan yang terjadi pada posisi pita dan intensitasnya dalam spektrum FT-IR akan berhubungan dengan perubahan komposisi kimia dalam suatu sampel. Oleh karena itu, spektrum FT-IR dapat digunakan untuk membedakan tumbuhan yang satu dengan yang lainnya walaupun komposisi senyawa kimianya belum diketahui secara pasti (Sun dkk., 2010).

Metode analisis ini dikembangkan dengan memanfaatkan informasi pola sidik jari yang bersifat khas, sebagai variabel yang mempengaruhi penampakan kimiawi sampel seperti aktivitas hayati dan konsentrasi (Wold dkk., 2001).

Dari latar belakang tersebut, maka pada penelitian ini dilakukan analisis sidik jari pada kopi dengan menggunakan metode FT-IR.

2. Rumusan masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut dapat dirumuskan masalah sebagai berikut:

- a. Apakah deteksi adulteran pada bahan baku sediaan kopi instan dapat ditentukan secara analisis sidik jari FT-IR ?
- b. Apakah terdapat campuran beras ketan hitam di dalam kemasan sediaan kopi yang beredar di pasaran ?

3. Tujuan penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

- a. Untuk mendeteksi adulteran pada bahan baku sediaan kopi instan dengan metode analisis sidik jari FT-IR.
- b. Untuk menentukan ada atau tidaknya campuran beras ketan hitam di dalam kemasan sediaan kopi yang beredar di pasaran.

4. Manfaat penelitian

Memberikan informasi kepada masyarakat tentang pemalsuan bahan baku dalam sediaan kopi instan.

5. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan Maret 2019 sampai dengan April 2019 bertempat di Laboratorium Sekolah Tinggi Farmasi Bandung.

BAB II Tinjauan Pustaka

II.1. Tanaman Kopi

Kopi merupakan salah satu jenis tanaman perkebunan yang sudah lama dibudidayakan dan memiliki nilai ekonomis yang lumayan tinggi. Konsumsi kopi dunia mencapai 70% berasal dari spesies kopi arabika dan 26% berasal dari spesies kopi robusta. Kopi berasal dari Afrika, yaitu daerah pegunungan di Etopia. Namun, kopi sendiri baru dikenal oleh masyarakat dunia setelah tanaman tersebut dikembangkan di luar daerah asalnya, yaitu Yaman di bagian selatan Arab, melalui para saudagar Arab (Rahardjo, 2012).

Di Indonesia, bibit kopi arabika pertama kali ditanam pada zaman kolonial Belanda, sekitar tahun 1600-an. Pada 1711, melalui perusahaan dagang Belanda / *Vereenigde Oostindische Compagnie* (VOC), ekspor kopi pertama dikirim dari Pulau Jawa ke Benua Eropa. Sejak itu, Indonesia dikenal sebagai negara yang membudidayakan tanaman kopi secara luas, di luar Arab dan Ethiopia. Perdagangan kopi sempat dimonopoli oleh VOC sekitar 1725 sampai 1780. Pada 1920, penanaman kopi mulai dilakukan oleh perusahaan-perusahaan kecil di Indonesia. Perkembangan areal perkebunan kopi semakin pesat setelah Indonesia merdeka, yakni mencakup area luar Jawa, seperti Aceh, Lampung, Sumatera Selatan, Sumatera Barat, Sumatera Utara, dan daerah lainnya (Anggara dan Marini, 2011).

II.2. Varietas

Jenis – jenis kopi di dunia sangat banyak dan beragam. Di Indonesia sendiri jenis kopi yang umumnya masyarakat ketahui adalah kopi robusta (*Coffea robusta*) dan kopi arabika (*Coffea arabica*).



Gambar II.1. Biji kopi arabika dan robusta

[Sumber: Ciptaningsih, 2012]

II.2.1. Kopi Arabika (*Coffea arabica*)

Kopi Arabika dapat tumbuh di daerah dengan ketinggian 700-1.700 mdpl, suhu 16-20 °C, dan beriklim kering tiga bulan secara berturut-turut. Walaupun berasal dari Ethiopia, Kopi Arabika menguasai sekitar 70% pasar kopi dunia dan telah dibudidayakan di berbagai negara, terutama di negara beriklim tropis atau subtropis. Kopi Arabika memiliki tinggi antara 7-12 m. Keunggulan dari Kopi Arabika antara lain bijinya berukuran besar, beraroma harum, dan cita rasanya enak. Namun kelemahannya rentan terhadap penyakit karat daun / *Hemelia Vastatrix* (HV) (Anggara dan Marini, 2011).

Ciri-ciri dari Kopi Arabika adalah sebagai berikut:

1. Beraroma wangi yang sedap menyerupai aroma perpaduan bunga dan buah;
2. Terdapat cita rasa asam yang tidak terdapat pada kopi jenis Robusta;

3. Saat disesap di mulut akan terasa kental;
4. Cita rasanya jauh lebih lembut (*mild*) dari Kopi Robusta;
5. Rasa terasa sedikit pahit (Anggara dan Marini, 2011).

II.2.2. Kopi Robusta (*coffea robusta*)

Kopi Robusta (*Coffea robusta*) adalah tanaman budidaya berbentuk pohon yang termasuk dalam famili Rubiaceae dan genus *Coffea*. Daunnya berbentuk bulat telur dengan ujung agak meruncing. Daun tumbuh berhadapan dengan batang, cabang, dan ranting-rantingnya. Permukaan atas daun mengkilat, tepi rata, pangkal tumpul, panjang 5-15 cm, lebar 4,0-6,5 cm, pertulangan menyirip, tangkai panjang 0,5-1,0 cm, dan berwarna hijau (Najiyati dan Danarti, 2012).

Kopi Robusta pertama kali ditemukan di Kongo pada 1898 dan mulai masuk ke Indonesia pada tahun 1900. Walaupun kualitas buahnya lebih rendah dari Kopi Arabika, produksinya bisa lebih tinggi dari Kopi Arabika jika dikelola secara intensif.

Ciri-ciri dari kopi Robusta adalah sebagai berikut:

1. Memiliki rasa yang lebih menyerupai coklat dan pahit;
2. Aroma yang dihasilkan khas dan manis;
3. Warna bijinya bervariasi, tergantung dari cara pengolahannya;
4. Teksturnya lebih kasar dari Kopi Arabika (Anggara dan Marini, 2011).

II.2.3. Taksonomi

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

Kingdom	: Plantae
Subkingdom	: Tracheobionta
Super Divisi	: Magnoliophyta
Divisi	: Spermatophyta
Kelas	: Magnoliopsida
Sub Kelas	: Asteridae
Ordo	: Rubiales
Family	: Rubiaceae
Genus	: Coffea
Species	: <i>Coffea Robusta</i>

II.3. Pengolahan Produk

Biji kopi yang sudah siap diperdagangkan adalah biji kopi kering yang sudah terlepas dari daging buah, kulit tanduk dan kulit ari. Butiran biji kopi yang demikian ini disebut kopi beras (*coffee beans*). Kopi beras kemudian akan mengalami proses *roasting*, penggilingan, pengemasan, hingga diperoleh kopi bubuk yang siap untuk dijual.

Roasting merupakan proses penyaringan biji kopi yang tergantung pada waktu dan suhu yang ditandai dengan perubahan kimiawi yang signifikan. Terjadi kehilangan berat kering terutama gas CO₂ dan produk pirolisis volatil lainnya. Kebanyakan produk pirolisis ini sangat menentukan cita rasa kopi. Berdasarkan suhu penyangraian yang digunakan kopi sangrai dibedakan atas tiga golongan yaitu : *light roast*, suhu yang digunakan 145-185 °C, *medium roast*, suhu

yang digunakan 185-195 °C dan *dark roast*, suhu yang digunakan 196-205 °C. Tahap awal *roasting* adalah membuang uap air pada suhu penyangraian 100 °C. Pada tahap pirolisis terjadi perubahan – perubahan komposisi kimia, yaitu pada suhu sekitar 180-200 °C. Proses *roasting* berlangsung 5-30 menit (Ridwansyah, 2003; Hecimovic, I., dkk., 2011).

II.4. Kandungan Kimia dan Manfaat

Kopi robusta memiliki banyak kandungan kimia pada bijinya seperti karbohidrat, senyawa nitrogen (protein, asam amino bebas, kafein, trigonelin), lemak (minyak kopi, diterpen), mineral, asam dan ester (asam klorogenat, asam kuintat). Senyawa-senyawa yang terkandung dalam biji kopi robusta ini memiliki manfaat tertentu seperti asam klorogenat, kafein, trigonelin, serat terlarut dan diterpen memiliki peran penting untuk menghasilkan aroma pada minuman kopi. Kafein memiliki efek menstimulasi sistem saraf pusat sebagai antagonis reseptor adenosine (Farah, 2012).

II.5. Beras Ketan Hitam

Beras ketan hitam (*Oryza sativa glutinosa*) merupakan salah satu dari varietas padi dan termasuk *family Gramineae*. Berbeda dengan beras yang biasa dikonsumsi oleh masyarakat Indonesia beras ketan mengandung kadar amilopektin yang tinggi, sehingga beras ketan lebih banyak digunakan sebagai bahan baku dalam pembuatan kue. Beras ketan sering digunakan sebagai bahan baku bubur, tepung kue, dan tape (Putra, 2013).

Beras ketan dibedakan menjadi dua macam, yaitu beras ketan putih dan beras ketan hitam. Perbedaan warna ini tergantung dari pigmen yang terkandung didalamnya. Beras ketan hitam mengandung pigmen antosianin yang berwarna ungu pekat (Putra, 2013).

Beras ketan hitam (*Oryza sativa glutinosa*) mempunyai warna ungu kehitaman. Dari sisi khasiat gizi ternyata pigmen beras yang berwarna hitam mempunyai khasiat paling baik dibandingkan dengan beras berwarna lainnya. Komponen bioaktif yang terdapat dalam beras ketan hitam adalah antosianin. Antosianin merupakan pigmen ungu khas yang terkandung dalam beras ketan hitam dan sejumlah studi beberapa tahun belakangan menunjukkan bahwa antosianin memiliki beraneka manfaat diantaranya sebagai antioksidan, antiinflammatory, senyawa anti mikroba, memiliki aktivitas anti-karsinogenik, memperbaiki penglihatan, menginduksi apoptosis, efek neuroprotektif, berpengaruh terhadap pembuluh darah dan platelet sehingga meminimalkan resiko jantung koroner (Meladhi, 2007).

Berdasarkan komposisi dan manfaat yang terdapat pada beras ketan hitam, maka beras ketan hitam dapat diolah dalam bentuk produk diantaranya adalah produk instan. Produk instan merupakan bahan makanan kering yang memiliki beberapa kelebihan seperti praktis dalam waktu (siap saji dalam waktu 3-6 menit), tidak butuh ruang luas untuk penyimpanan dan untuk dikonsumsi, ringan serta relatif murah.

II.6. Adulterant

Kegiatan pemalsuan pangan di Indonesia semakin banyak dilakukan khususnya untuk komoditas kopi. Pemalsuan adalah upaya perubahan tampilan makanan yang secara sengaja dilakukan dengan cara menambah atau mengganti bahan makanan dengan tujuan meningkatkan penampilan makanan untuk memperoleh keuntungan yang sebesar-besarnya.

Menurut Briandet dkk., (1996), harga kopi Arabika jauh lebih tinggi dibandingkan dengan Robusta. Pemalsuan pada bahan pangan khususnya kopi dapat merugikan konsumen maupun produsen. Untuk mengidentifikasi pemalsuan dalam bentuk bubuk tidak mudah dikarenakan tampilan warna kopi yang sama sehingga memerlukan metode-metode khusus.

Salah satu proses yang banyak diaplikasi oleh masyarakat dalam membuat kopi bubuk adalah pencampuran biji kopi dengan bahan tambahan seperti beras ketan, pinang, dan jagung. Salah satu alasan yang digunakan adalah untuk menambah bobot kopi bubuk yang dihasilkan. Menurut Siswoputranto (2001), proses pencampuran kopi dengan beras ketan hitam sekitar 15-20%, campuran ini disangrai dan digiling secara bersamaan.

Penentuan keaslian *autentikasi* makanan serta deteksi pemalsuan makanan merupakan isu besar dalam bidang makanan, tidak hanya bagi para produsen, akan tetapi juga bagi konsumen dan pemerintah (Lai dkk., 1995). Deteksi pemalsuan makanan merupakan hal yang penting untuk perlindungan kesehatan konsumen (Pouli dkk., 2007),

karena ada beberapa konsumen alergi terhadap bahan pemalsu yang ditambahkan ke dalam makanan sebagaimana yang terjadi di Spanyol, yang mana beberapa orang meninggal karena kasus pemalsuan minyak zaitun (Asensio dkk., 2008). Pemalsuan makanan biasanya didorong oleh alasan ekonomi dengan tujuan untuk memperoleh keuntungan yang besar dengan cara mencampur bahan berharga tinggi dengan bahan yang bernilai rendah (Gallardo-Velázquez dkk., 2009).

II.6.1. Ekstraksi

Ekstraksi adalah kegiatan penarikan kandungan kimia yang dapat larut sehingga terpisah bahan yang tidak larut dan senyawa aktif yang tidak larut seperti serat, karbohidrat, protein dan lain-lain (Depkes RI, 2000). Ekstrak adalah sediaan kering, kental, atau cair dibuat dengan menyari simplisia nabati atau hewani menurut cara yang cocok diluar pengaruh cahaya matahari langsung. Ekstrak kering harus mudah digerus menjadi serbuk (Ansel, 1989).

II.6.2. Metode Ekstraksi

Beberapa metode yang dapat digunakan dalam ekstraksi bahan alam (Depkes RI, 2000) antara lain:

a. Cara dingin

Maserasi, adalah proses pengekstrakan simplisia dengan menggunakan pelarut dengan beberapa kali pengocokan atau pengadukan pada temperature ruangan. Secara teknologi termasuk ekstraksi dengan prinsip metode pencapaian konsentrasi pada keseimbangan. Maserasi kinetik berarti dilakukan pengadukan yang kontinu. Remaserasi berarti dilakukan pengadukan pengulangan

penambahan pelarut setelah dilakukan penyaringan maserat pertama dan seterusnya.

b. Cara panas

Refluks, adalah ekstraksi dengan pelarut pada temperature titik didihnya, selama waktu tertentu dan jumlah pelarut terbatas yang relatif konstan dengan adanya pendinginan balik. Umumnya dilakukan pengulangan proses pada residu pertama sampai 3-5 kali sehingga dapat termasuk proses ekstraksi sempurna.

II.7. Fourier transform infrared Spectroscopy (FTIR)

Spektroskopi inframerah merupakan alat yang banyak digunakan untuk mengidentifikasi senyawa alami maupun buatan. Bila sinar inframerah dilewatkan melalui sampel senyawa organik, maka sejumlah frekuensi akan diserap, sedangkan frekuensi yang lain diteruskan atau ditransmisikan. Persen absorbansi atau persen transmisi frekuensi menghasilkan suatu spektrum inframerah. Transisi yang terjadi didalam serapan inframerah berkaitan dengan perubahan-perubahan vibrasi dalam molekul (Sastrohamidjojo, 2001).

Menurut Hayati (2007), spektroskopi inframerah mengandung banyak serapan yang berhubungan dengan sistem vibrasi yang berinteraksi dalam suatu molekul akan memberikan puncak-puncak yang sangat karakteristik dalam spektrum. Dengan membandingkan spektrum inframerah dari dua senyawa yang diperkirakan identik maka dapat dinyatakan kedua senyawa tersebut identik atau tidak. Akan jauh lebih sulit untuk membedakan ikatan-ikatan tertentu

dalam area sidik jari daripada dalam area yang lebih ‘bersih’ yang berada dalam area dengan bilangan gelombang yang lebih besar. Hal penting dalam area sidik jari ini adalah setiap senyawa yang berbeda menghasilkan pola lembah yang berbeda-beda pada spektrum bagian ini. Dilihat dari segi aplikasi dan instrumentasi spektroskopi inframerah dibagi ke dalam tiga jenis radiasi yaitu inframerah dekat, inframerah pertengahan, dan inframerah jauh. Daerah spektroskopi inframerah dapat dilihat pada Tabel.

Tabel II.1. Daerah Spektroskopi Inframerah Sumber: Hayati (2007)

Daerah	Panjang Gelombang μm	Bilangan Gelombang cm^{-1}
Dekat	0,78-2,5	12800-4000
Pertengahan	2,5-50	4000-200
Jauh	50-100	200-10

Daerah radiasi spektroskopi inframerah berkisar pada bilangan gelombang 12800-10 cm^{-1} atau pada panjang gelombang 0,78-100 μm . Energi dalam spektroskopi inframerah dibutuhkan untuk transisi vibrasi, maka radiasi inframerah hanya terbatas pada perubahan energi setingkat molekul. Untuk tingkat molekul, perbedaan dalam keadaan vibrasi dan rotasi digunakan untuk mengadsorbsi sinar inframerah. Jadi untuk dapat mengadsorbsi, molekul harus memiliki perubahan momen dipol sebagai akibat dari vibrasi. Radiasi medan listrik yang berubah-ubah akan berinteraksi dengan molekul dan akan menyebabkan amplitudo salah satu gerakan molekul (Khopkar, 1990).

Kelebihan teknik spektroskopi FT-IR antara lain :

1. Sebagai metode analisis yang cepat karena dapat dilakukan secara langsung pada sampel tanpa adanya tahapan pemisahan terlebih dahulu.
2. Non-destruktif, dapat menganalisis multikomponen secara cepat, tidak perlu penyiapan sampel, dan gangguan dapat diminimumkan selama penentuan suatu senyawa.
3. Dapat digunakan untuk mengidentifikasi sampel dalam berbagai fase (gas, padat atau cair). Kesulitan-kesulitan yang ditemukan dalam identifikasi dengan spektroskopi FT-IR dapat ditunjang dengan data yang diperoleh dengan menggunakan metode spektroskopi yang lain (Bunaciu dkk., 2011; Harmita, 2006).

Kekurangan teknik spektroskopi FTIR adalah interpretasi secara visual dan langsung menjadi sulit akibat adanya tumpang tindih spektrum serapan dari molekul-molekul dalam sampel, sehingga untuk memudahkannya diperlukan bantuan teknik kemometrika (Gad dkk., 2012).

II.7.1. Prinsip Dasar FTIR

Spekstroskopi FTIR menggunakan Sistem optik dengan laser yang berfungsi sebagai sumber radiasi yang kemudian diinterferensikan oleh radiasi inframerah agar sinyal radiasi yang diterima oleh detektor memiliki kualitas yang baik dan bersifat utuh (Giwangkara, 2006).

Prinsip kerja FTIR berupa inframerah yang melewati celah kesampel, dimana celah tersebut berfungsi mengontrol jumlah energi yang

disampaikan kepada sampel. Kemudian beberapa inframerah diserap oleh sampel dan yang lainnya ditransmisikan melalui permukaan sampel sehingga sinar infrared lolos ke detektor dan sinyal yang terukur kemudian dikirim ke komputer (Thermo, 2001).

Panjang gelombang serapan oleh suatu ikatan bergantung pada jenis getaran ikatan antar atom. Oleh karena itu, tipe ikatan yang berlainan akan menyerap radiasi inframerah pada panjang gelombang yang berbeda (Fessenden, 1986).

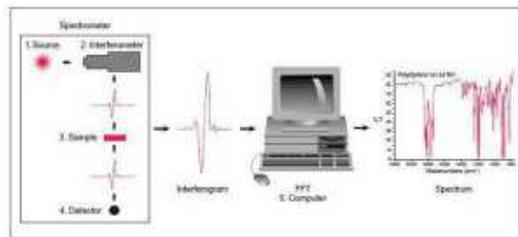
Atom-atom dalam suatu molekul tidak diam melainkan bervibrasi. Bila radiasi inframerah yang kisaran energinya sesuai dengan frekuensi vibrasi rentangan (*Stretching*) seperti *symmetrical stretching*, *asymmetrical stretching*, dan vibrasi bengkokan (*bending*) *scissoring*, *rocking*, *wagging*, dan *twisting* dari ikatan kovalen dalam kebanyakan molekul dilewatkan dalam suatu sampel, maka molekul-molekul akan menyerap energi tersebut dan terjadi transisi diantara tingkat energi vibrasi dasar dan vibrasi tereksitasi (Hendayana dkk.,1994).

II.7.2. Komponen dan Fungsi FTIR

- a. Sumber cahaya inframerah, tempat sinar datang.
- b. Interferometer, mengatur intensitas sumber sinar inframerah dengan mengubah dari posisi cermin pemantul yang memantulkan sinar dari sumber sinar ke sampel.
- c. Sampel, sinar memasuki kompartemen sampel dimana diteruskan melalui cermin dari permukaan sampel yang tergantung pada jenis analisis. Tempat sampel terbuat dari

materi seperti KBr dan NaCl yang tidak menyerap radiasi inframerah.

- d. Detektor, berfungsi mengubah sinyal radiasi inframerah menjadi sinyal listrik. Selain itu detektor dapat mendeteksi adanya perubahan panas yang terjadi karena adanya pergerakan molekul, sinar akhirnya lolos ke dektektor untuk pengukuran akhir. Fluktuasi sinar yang sampai pada detektor ini akan menghasilkan sinyal pada detektor yang disebut interferogram.
- e. Komputer, interferogram ini akan diubah menjadi spektrum inframerah dengan bantuan komputer (Tahid dkk.,1994 ; Harvey, 2000 ; George dan McIntyre, 1987).



Gambar II.2. Komponen FT-IR

Sumber : Thermonicolet Corporation, 2001.

Mekanisme yang terjadi pada alat FTIR dapat dijelaskan sebagai berikut. Sinar yang datang dari sumber sinar akan diteruskan dan kemudian akan dipecah oleh pemecah sinar menjadi dua bagian sinar yang saling tegak lurus. Sinar ini kemudian dipantulkan oleh dua cermin yaitu cermin diam dan cermin bergerak. Sinar pantulan kedua cermin akan dipantulkan kembali menuju pemecah sinar untuk saling berinteraksi. Dari pemecah sinar, sebagian sinar akan diarahkan menuju cuplikan dan sebagian menuju sumber. Gerakan

cermin yang maju mundur akan menyebabkan sinar yang sampai pada detektor akan berfluktuasi. Sinar akan saling menguatkan ketika kedua cermin memiliki jarak yang sama terhadap detektor dan akan saling melemah jika kedua cermin memiliki jarak yang berbeda. Fluktuasi sinar yang sampai pada detektor ini akan menghasilkan sinyal pada detektor yang disebut interferogram. Interferogram ini akan diubah menjadi spektrum inframerah dengan bantuan komputer berdasarkan operasi matematika (Tahid dkk.,1994).

Pada FTIR, Interferometer ini mengatur intensitas sumber sinar inframerah dengan mengubah dari posisi cermin pemantul yang memantulkan sinar dari sumber sinar ke contoh. Jadi, keberadaan interferometer membuat spektrometer mampu mengukur semua frekuensi optik secara serempak dengan mengatur intensitas dari semua frekuensi tunggal sebelum sinyal mencapai detektor. Hasil *scanning* interferometer yang berupa interferogram (pengaluran antara intensitas dan posisi cermin) ini tidak dapat diinterpretasikan dalam bentuk aslinya. Proses matematika transformasi fourier akan mengubah interferogram menjadi spektrum antara intensitas dan frekuensi (George dan McIntyre, 1987). Tempat sampel terbuat dari materi seperti KBr dan NaCl yang tidak menyerap radiasi inframerah (Harvey, 2000).

II.7.3. Spektrum FT-IR

Spektrum FT-IR merupakan hasil interaksi antara senyawa-senyawa kimia dalam matriks sampel yang kompleks. Spektrum FTIR sangat kaya dengan informasi struktur molekular dengan serangkaian pita serapan yang spesifik untuk masing-masing molekul sehingga dapat

digunakan untuk membedakan suatu bahan baku yang memiliki kemiripan (Sun dkk., 2010).

Daerah spektrum inframerah dapat dibagi menjadi dua, yaitu (Mudasir dan Candra, 2008):

1. Daerah frekuensi gugus fungsional Terletak pada daerah radiasi $4000\text{--}1400\text{ cm}^{-1}$. Pita-pita absorpsi pada daerah ini utamanya disebabkan oleh vibrasi dua atom, sedangkan frekuensinya karakteristik terhadap massa atom yang berikatan dan konstanta gaya ikatan.
2. Daerah sidik jari (*fingerprint*) Yaitu daerah yang terletak pada $1400\text{--}400\text{ cm}^{-1}$. Pita-pita absorpsi pada daerah ini berhubungan dengan vibrasi molekul secara keseluruhan. Setiap atom dalam molekul akan saling mempengaruhi sehingga dihasilkan pita-pita absorpsi yang khas untuk setiap molekul.

Spektrum sidik jari FTIR yang dihasilkan merupakan informasi data yang sangat kompleks sehingga akan menggambarkan secara menyeluruh karakteristik kimia suatu bahan. Perubahan yang terjadi pada posisi pita dan intensitasnya dalam spektrum FTIR akan berhubungan dengan perubahan komposisi kimia dalam suatu bahan. Oleh karena itu spektrum FTIR dapat digunakan untuk membedakan tumbuhan yang satu dengan yang lainnya walaupun komposisi senyawa kimianya belum diketahui secara pasti (Sun dkk., 2010).

II.7.4. Analisis Sidik Jari (*Fingerprint*)

Analisis sidik jari merupakan analisis yang dapat dimanfaatkan untuk evaluasi dan kontrol kualitas multikomponen dari tanaman obat. Komponen kimia dalam tanaman obat sangat bergantung pada musim panen, sumber tanaman, proses pengeringan, dan faktor lainnya, sehingga perlu dilakukan penentuan komponen kimia dalam tanaman obat untuk menjamin kepercayaan dalam penelitian klinis dan farmakologis, mengetahui bioaktivitas dan kemungkinan efek samping dari komponen aktif, dan untuk meningkatkan kontrol kualitas produk (Liang dkk., 2004).

Analisis ini memberikan informasi komponen kimia dalam bentuk spektrogram, kromatogram, dan grafik lainnya yang diperoleh dari teknik analitik untuk menentukan identitas, kualitas, dan keaslian tanaman obat (Borges dkk., 2007).

II.8. Analisis Data Kemometrik

II.8.1. Kemometrik

Pola spektrum inframerah yang kompleks menyebabkan interpretasi secara langsung dan visual menjadi tidak mudah. Untuk lebih memudahkannya diperlukan bantuan teknik kemometrik seperti analisis multivariat (Gad dkk., 2012).

Kemometrik merupakan suatu disiplin ilmu kimia yang menggunakan metoda matematika dan statistika yang digunakan untuk mengolah, mengevaluasi dan menginterpretasikan sejumlah besar data dan memilih desain analisis atau untuk memilih prosedur dan hasil eksperimen yang paling baik serta untuk memberikan

informasi yang relafan. Untuk memudahkan dalam interpretasi data dengan kemometrik menggunakan software komputer sehingga didapat hasil analisis yang tepat, mudah dan cepat (Otto, 2007). Teknik kombinasi spektrum FT-IR dengan metode kemometrik telah banyak digunakan, salah satunya seperti deteksi pemalsuan atau diskriminasi bahan baku pangan atau obat herbal (Liu dkk., 2008).

Metode kemometrik digunakan untuk menemukan korelasi statistika yang telah diketahui dari sampel. Dukungan kemometrik memperluas potensi spektroskopi FT-IR sebagai metode alternatif untuk menganalisis komponen tumbuhan. Penggunaan data spektrum pada kisaran tertentu dapat meningkatkan hasil analisis kemometrik (Vazquez dkk., 2000). Metode analisis ini dikembangkan dengan memanfaatkan informasi pola *fingerprint* yang bersifat khas, sebagai variabel yang mempengaruhi penampakan kimiawi sampel seperti aktivitas hayati dan konsentrasi (Wold dkk., 2001).

II.8.2. Analisis PCA (*Principal Componen Analysis*)

Metode kemometrik ini dapat menganalisis data berupa hasil derivatisasi data spektrum. Selanjutnya data spektrum yang diperoleh akan diolah dan disederhanakan oleh *Principal Component analysis* (PCA), yang selanjutnya dapat dianalisis secara kuantitatif dengan *Multiple Linear Resgesion* (MLR), *Principle Component Regression* (PCR), *Partial Least Square* (PLS), dan *Artificial Neural Network* (ANN) (Miller, 2005).

Metode kemometrik yang digunakan pada analisis ini adalah PCA (*Principal Component Analysis*). PCA merupakan interpretasi data

yang dilakukan dengan reduksi data, dimana jumlah variable dalam suatu matriks dikurangi untuk menghasilkan variable baru dengan tetap mempertahankan informasi yang dimiliki oleh data. Variable baru yang dihasilkan berupa skor atau komponen utama (Rohman, 2012).

II.8.3. Validasi Metode

Validasi metode yang digunakan dalam analisis kemometrik ini adalah Principal Component Analysis (PCA) sebuah teknik statistik yang digunakan untuk periksa keterkaitan antara seperangkat variabel secara berurutan untuk mengidentifikasi struktur dasar dari variabel-variabel tersebut juga disebut analisis faktor. Pada PCA ada dua komponen yaitu statistik dan Matriks Algebra (nilai eigen dan vektor eigen adalah matriks dasar dari PCA).

A. Statistik meliputi data sebagai berikut :

1. Standar Deviasi (SD)
2. Varians, yaitu ukuran lain dari penyebaran data dalam kumpulan data. Sebenarnya hampir identik dengan standar deviasi.
3. Kovarian adalah ukuran, kovariansi selalu diukur antara 2 dimensi.
4. Kovarian matriks.

B. Matriks Algebra, bagian ini berfungsi untuk memberikan latar belakang aljabar matriks yang dibutuhkan di PCA (nilai eigen dan vector eigen).

1. Eigen vector

Eigen factors adalah komponen utama (dari komponen PCA-komponen prafipal) mencerminkan varians umum dan varians yang unik dan dapat dilihat sebagai pendekatan yang berfokus pada varian yang berusaha mereproduksi varians variabel total dengan semua komponen dan untuk mereproduksi korelas. PCA jauh lebih umum dari pada PFA, dan biasanya menggunakan "faktor" secara bergantian dengan "komponen". Komponen utama adalah kombinasi linier dari variabel asli yang dibobot oleh kontribusinya untuk menjelaskan varians dalam dimensi ortogonal tertentu.

2. Eigen Value

Eigen value disebut juga ciri khas akar, nilai eigen untuk faktor tertentu mengukur varians dalam semua variabel yang diketahui oleh faktor tersebut. Rasio nilai eigen adalah rasio faktor jelas terhadap faktor-faktor yang berkenaan dengan variabel. Jika sebuah faktor memiliki nilai rendah, maka sedikit kontribusi terhadap varians varians dan dapat diabaikan sebagai faktor yang lebih penting. Nilai eigen mengukur jumlah variasi dalam total sampel yang dicatat oleh masing-masing faktor. Nilai dasar eigen faktor dihitung sebagai jumlah pemuatan faktor kuadrat untuk semua variabel. Perhatikan bahwa nilai eigen yang terkait dengan solusi yang tidak dilepas dan diputar akan berbeda, meskipun jumlahnya akan sama (Smith, 2002).

Eigen vectors dan Eigen values

Misalkan C adalah matriks $n \times n$ dengan I sebagai matriks identitasnya. Nilai eigen dari C didefinisikan sebagai akar dari persamaan :

$$\text{Determinan } (C - \alpha I) = |C - \alpha I| = 0 \quad (1)$$

Persamaan diatas disebut persamaan polinomial karakteristik C dan memiliki n akar. Terkait dengan masing-masing nilai eigen adalah seperangkat koordinat yang menentukan arah sumbu utama yang terkait. Ini disebut sebagai vektor eigen (x) dan dihitung sebagai:

$$Cx = \alpha x \quad (2)$$

Jadi, besaran nilai eigen menggambarkan panjang dan vektor eigen menggambarkan arah sumbu utama (Gupta, dkk., 2013)

Jika terdapat suatu matriks A berukuran $n \times n$ dan vector tak nol x berukuran, $x \in \mathbb{R}^n$, maka dapat dituliskan :

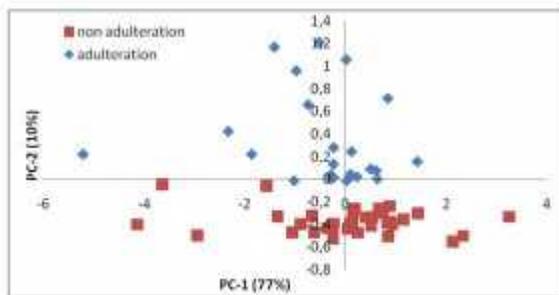
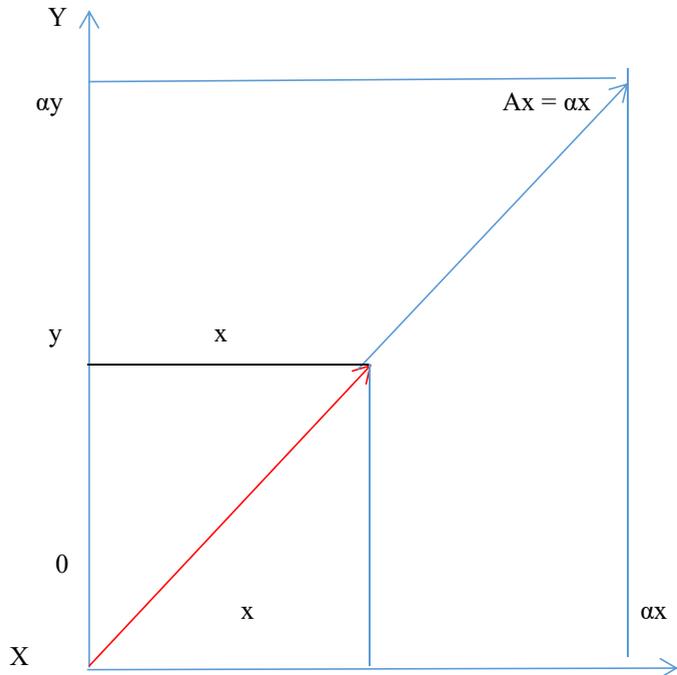
$$Ax = \alpha x \quad (3)$$

Keterangan

Ax : faktor berukuran $n \times n$

α : skala riil yang memenuhi persamaan, disebut nilai eigen (karakteristik).

x : faktor eigen



Gambar 3. Score Plot PCA 100 sampel kopi (*non-adulteration* dan *adulteration*)