

**POLA (*FINGERPRINT*) KOMPONEN KIMIA DAN
KARAKTERISTIK MUTU BERBAGAI KOPI ROBUSTA
LOKAL TANGGAMUS**

DISERTASI

Oleh

ALVI YANI



**PROGRAM DOKTOR ILMU PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

**POLA (*FINGERPRINT*) KOMPONEN KIMIA DAN
KARAKTERISTIK MUTU BERBAGAI KOPI ROBUSTA
LOKAL TANGGAMUS**

Disertasi untuk memperoleh gelar Doktor
Dalam Ilmu Pertanian
Pada Universitas Lampung

Dipertahankan di hadapan
Dewan Penguji Program Pascasarjana
Fakultas Pertanian Universitas Lampung

Pada tanggal 04 Juni 2025

Oleh

ALVI YANI

Tempat dan Tanggal Lahir : Padang, 25 Mei 1964
Lulus Sarjana Jurusan Biologi FMIPA-Universitas Andalas : 1988
Lulus Master of Science Institut Pertanian Bogor : 2004

**PROGRAM DOKTOR ILMU PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

Judul Disertasi : Pola (*Fingerprint*) Komponen Kimia dan Karakteristik Mutu Berbagai Kopi Robusta Lokal Tanggamus

Nama Mahasiswa : ALVI YANI

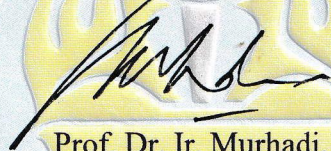
NPM : 1934171003

Program Studi : Doktor Ilmu Pertanian

Fakultas : Pertanian

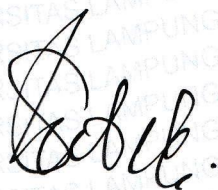
MENYETUJUI
Tim Promotor

1. Promotor

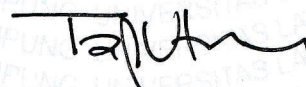


Prof. Dr. Ir. Murhadi, M.Si.
NIP.196403261989021001

2. Co-Promotor

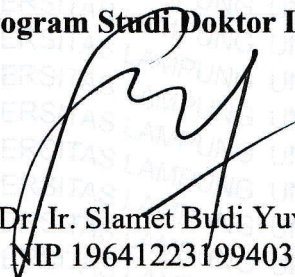


Dr. Ir. Subeki, M.Si., M.Sc
NIP 196804091993031002



Dr. Ir. Tanto Pratondo. Utomo, M.Si.
NIP. 196808071993031002

Ketua Program Studi Doktor Ilmu Pertanian

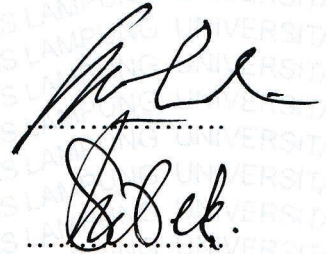


Prof. Dr. Ir. Slamet Budi Yuwono, M.S.
NIP 196412231994031003

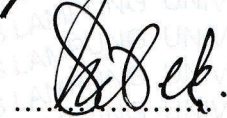
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

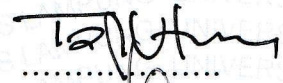
Ketua : Prof. Dr. Ir. Murhadi, M.Si.



Anggota I : Dr. Ir. Subeki, M.Si., M.Sc.

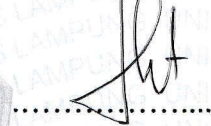


Anggota II : Dr. Ir. Tanto. Pratondo Utomo, M.Si.



Penguji

Bukan Pembimbing : Prof. Dr. Sri Hidayati, S.T.P., M.P.



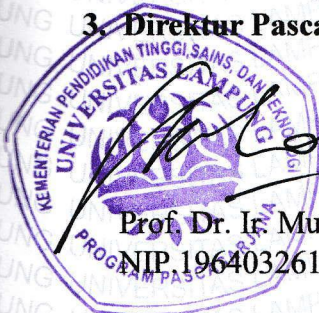
2. Dekan Fakultas Pertanian



Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P.

NIP. 196411181989021002

3. Direktur Pascasarjana Universitas Lampung



Prof. Dr. Ir. Murhadi, M.Si

NIP. 196403261989021001

Tanggal Lulus Ujian Tertutup : 21 Mei 2025

Tanggal Lulus Ujian Terbuka : 04 Juni 2025

PERNYATAAN ORISINALITAS DISERTASI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya di dalam disertasi ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar akademik di suatu perguruan tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Bandar Lampung, Juni 2025

Saya menyatakan



Alvi Yan

NPM. 1934171003

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di kota Padang, Sumatera Barat pada tanggal 25 Mei 1964, merupakan anak kedua dari empat bersaudara, dari bapak almarhum H.Sabaroeddin Madjid dan dan ibu almarhumah Hj. Ratnamala. Penulis merupakan Istri dari Drs. Kemal Nazar dan ibunda dari Raihan Ramadhan Lukman, ST.

Pendidikan Sekolah Dasar (SD) diselesaikan di SD Negeri 58 Padang, Sumatera Barat pada tahun 1976, Sekolah Menengah Pertama (SMP) di SMP Negeri 2 Padang, Sumatera Barat pada tahun 1980, selanjutnya melanjutkan ke Sekolah Menengah Atas (SMA) di SMA Negeri 1 Padang dan diselesaikan pada tahun 1983. Pada tahun 1983 penulis diterima sebagai mahasiswa baru di Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA), Universitas Andalas. Penulis meraih gelar sarjana Biologi pada tahun 1988 dengan predikat lulusan terbaik. Tahun 1989 penulis diangkat menjadi peneliti (PNS) pada Balitbang Mikrobiologi, Puslitbang Biologi, LIPI melalui test penerimaan resmi. Pada 1994 – 1995 penulis mendapatkan kesempatan untuk mengikuti Training Course bidang Mikrobiologi di Osaka University, Jepang. Tahun 1999 penulis pindah bekerja ke BPTP Lampung, Balitbang Pertanian, Departemen Pertanian dengan alasan ikut suami (lolos butuh). Tahun 2002 penulis diberi kesempatan untuk melanjutkan pendidikan S2 pada Prodi Teknologi Pasca Panen (TPP), Institut Pertanian Bogor (IPB) dan selesai tahun 2004 dengan meraih gelar Magister Sains dengan predikat Cum Laude. Awal tahun 2019 penulis diberi kesempatan mengikuti *Training Post Harvest Technology and Management for Reducing the Losses of Agricultural Commodities* di Korea Selatan. Selanjutnya pada tahun yang sama penulis melanjutkan Pendidikan S3 pada Program Doktor Ilmu Pertanian, Fakultas Pertanian Universitas Lampung. Tahun 2022 penulis pindah bekerja sebagai peneliti Ahli Madya pada Pusat Riset Agroindustri (PRA), Organisasi Riset Pertanian dan Pangan (ORPP), Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) sampai sekarang.

Karya kecil ini kupersembahkan
untuk :

Suamiku tercinta
dan tersayang

Dr. Kemal Nazar

Anakku tersayang

Raihan Ramadhan Lukman, ST

Kedua Orang tuaku (alm/almh)

H. Sabaroeddin Madjid

Hj. Ratnamala

UCAPAN TERIMA KASIH

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas segala limpahan Rahmat, Karunia, dan Keberkahan-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penyusunan disertasi yang berjudul “*Pola (Fingerprint) Komponen Kimia dan Karakteristik Mutu Berbagai Kopi Robusta Lokal Tanggamus*”, sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Doktor dalam Ilmu Pertanian di Universitas Lampung.

Penyusunan disertasi ini tidak terlepas dari dukungan, bimbingan, dan peran banyak pihak. Dengan penuh rasa hormat dan kerendahan hati, penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A., I.P.M., selaku Rektor Universitas Lampung, atas kepercayaan dan kesempatan yang telah diberikan dalam menempuh studi di Universitas Lampung;
2. Bapak Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung, atas dukungan yang diberikan selama masa studi;
3. Bapak Dr. Ir. Slamet Budi Yuwono, M.S., selaku Ketua Program Studi Doktor Ilmu Pertanian, atas arahan, motivasi, dan bantuan yang sangat berarti selama proses akademik penulis;
4. Bapak Prof. Dr. Ir. Murhadi, M.Si., selaku Promotor, atas bimbingan intensif, nasihat yang bijaksana, serta dukungan penuh sejak awal hingga selesainya disertasi ini;
5. Bapak Dr. Ir. Subeki, M.Si., selaku Co-Promotor, atas ide-ide penelitian, motivasi, dan arahan yang telah banyak membantu penulis dalam menyusun dan menyelesaikan disertasi;

6. Bapak Dr. Ir. Tanto Pratondo Utomo, M.Si., selaku Co-Promotor, atas bimbingan, saran, dan masukan yang sangat berharga selama proses penyusunan disertasi;
7. Ibu Prof. Dr. Sri Hidayati, S.T.P., M.P., selaku Penguji Disertasi, atas kritik, saran, serta motivasi yang telah memberikan perbaikan signifikan terhadap substansi disertasi;
8. Bapak Adnan, S.P., M.Si., Ph.D., selaku Penguji dan Pembahas, atas kontribusi pemikiran, saran, dan dorongan yang turut memperkaya kualitas disertasi ini;
9. Seluruh Bapak dan Ibu Dosen di Program Studi Doktor Ilmu Pertanian, atas ilmu dan wawasan yang telah diberikan selama masa studi;
10. Bapak Prof. Dr. Ir. Samsul Rizal, M.Si., selaku dosen pembimbing akademik yang telah memberikan arahan dan nasihat dalam penyelesaian Disertasi ini.
11. Suamiku tercinta, Drs. Kemal Nazar, dan anakku tersayang, Raihan Ramadhan Lukman, S.T., yang senantiasa menjadi sumber kekuatan, ketenangan, dan inspirasi, serta dengan penuh cinta dan kesabaran menemani setiap perjalanan panjang dan melelahkan dalam proses penyelesaian disertasi ini;
12. Almarhum ayah dan ibuku, yang kasih sayang dan doa-doanya menjadi cahaya dalam setiap langkah; keberhasilan ini adalah buah dari pengorbanan, kerja keras, dan cinta yang tak ternilai, meskipun kini hanya dapat dirasakan dalam kenangan dan doa;
13. Seluruh anggota keluarga besar, kakak-kakak dan adik-adik serta keponakan- keponakan tercinta di Padang, Jakarta, Bandung dan Medan atas dukungan moral dan doa yang senantiasa menguatkan penulis sepanjang perjalanan studi;
14. Pimpinan dan rekan kerja di Pusat Riset Agroindustri, Organisasi Riset Pertanian dan Pangan, Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) atas dukungan, kerja sama, dan fasilitas yang telah membantu selama proses penelitian dan penyusunan disertasi;

15. Mbak Fitria Meysti Sari dan seluruh tim Pascasarjana Program Studi Ilmu Pertanian Universitas Lampung, atas bantuan dalam proses administrasi dan dukungan teknis selama penyelesaian disertasi;
16. Serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, yang telah memberikan bantuan, dukungan, dan doa, baik secara langsung maupun tidak langsung, dalam proses penelitian maupun penulisan disertasi ini.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa disertasi ini masih memiliki berbagai keterbatasan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan untuk penyempurnaan di masa mendatang, sekaligus sebagai kontribusi dalam pengembangan ilmu pengetahuan dan peningkatan kualitas karya ilmiah penulis.

Bandar Lampung, 2025

Penulis

Alvi Yani

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN DISERTASI	ii
MENGESAHKAN	iii
PERNYATAAN ORISINALITAS DISERTASI.....	iv
UCAPAN TERIMA KASIH.....	vii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xx
ABSTRAK	xxiv
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah.....	4
1.3. Tujuan penelitian.....	5
1.4. Keluaran yang Diharapkan.....	5
1.5. Manfaat Penelitian.....	5
1.6. Nilai Kebaruan dan Kedalaman	6
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1. Tinjauan Umum.....	7
2.1.1. Deskripsi Kopi Robusta.....	7
2.2. Metode Pengolahan Kopi Robusta	8
2.2.1. Proses Panen Kopi.....	9
2.2.2. Pengolahan Kering	10
2.2.3. Proses Basah (<i>Washed</i>)	11
2.2.4. Proses Semi Basah.....	12
2.2.5. Proses Madu (<i>Honey/Pulped Kering</i>).....	13

2.2.6. Fermentasi Biji Kopi	14
2.3. Penyangraian Kopi	15
2.4. Kandungan Kimia Kopi	18
2.5. Liquid Chromatography Mass Spectrometry (LC- MS)	20
2.6. Karakteristik Mutu dan Sensori Kopi.....	23
III. KERANGKA PEMIKIRAN DAN HIPOTESIS	26
3.1. Kerangka Pemikiran	26
3.2. Hipotesis.....	27
IV. TAHAPAN DAN RUANG LINGKUP PENELITIAN.....	28
4.1. Tahap Pertama.....	28
4.2 Tahap Kedua.....	30
4.3. Tahapan Ketiga.....	31
V. PENELITIAN TAHAP 1. POLA KOMPONEN KIMIA KOPI BIJI (<i>GREEN BEAN</i>) BERBAGAI KOPI ROBUSTA LOKAL TANGGAMUS. 33	
5.1. Pendahuluan	33
5.1.1. Latar Belakang	33
5.1.2. Tujuan Penelitian.....	34
5.1.3. Manfaat Penelitian.....	34
5.2. Bahan dan Metode Penelitian.....	35
5.2.1. Tempat dan Waktu Penelitian	35
5.2.2. Bahan dan Peralatan	35
5.2.3. Rancangan Penelitian	35
5.2.4. Pelaksanaan Penelitian	35
5.2.5. Prosedur Pengamatan	38
5.2.5.1. Pengamatan Sifat Fisik Kopi Biji (<i>Green bean</i>) Klon Lokal Kopi Robusta	38
5.2.5.2. Analisis Komponen Kimia <i>Green bean</i> menggunakan UPLC- MS/MS (<i>Ultrahigh Performance Liquid Chromatography - Tandem Mass Spectrometry</i>). (berdasarkan metode Chawla and Ranjan, 2016).....	41
5.3. Hasil dan Pembahasan.....	43
5.3.1. Nilai Cacat dan Mutu Kopi Biji.....	43
5.3.2. Sifat Fisik Kopi Robusta dari beberapa Klon.....	45

5.3.3. Komponen Kimia <i>Green bean</i> klon lokal kopi Robusta Lampung dengan pengolahan secara kering dan semi basah menggunakan UPLC- MS/MS	49
5.4. Kesimpulan dan Saran.....	73
5.4.1. Kesimpulan.....	73
5.4.2. Saran	74
VI. PENELITIAN TAHAP 2. POLA KOMPONEN KIMIA KOPI SANGRAI BERBAGAI KOPI ROBUSTA LOKAL TANGGAMUS.....	75
6.1. Pendahuluan	75
6.1.1. Latar Belakang	75
6.1.2. Tujuan Penelitian.....	76
6.1.3. Manfaat Penelitian.....	76
6.2. Bahan dan Metode Penelitian	77
6.2.1. Tempat dan Waktu Penelitian	77
6.2.2. Bahan dan Peralatan	77
6.2.3. Rancangan Penelitian	77
6.2.4. Pelaksanaan Penelitian	78
6.2.5. Prosedur Pengamatan	78
6.2.5.1. Pengamatan Warna Kopi Sangrai	78
6.2.5.2. Analisis Komponen Kimia Kopi Bubuk menggunakan UPLC-MS/MS (<i>Ultrahigh Performance Liquid Chromatography - Tandem Mass Spectrometry</i>). (berdasarkan metode Chawla and Ranjan,2016)	79
6.3. Hasil dan Pembahasan.....	80
6.3.1 Pengamatan Warna.....	80
6.3.2. Komponen Kimia kopi sangrai klon lokal kopi Robusta Lampung dengan pengolahan secara kering dan semi basah menggunakan UPLC- MS/MS	83
6.4. Kesimpulan dan Saran.....	100
6.4.1. Kesimpulan.....	100
6.4.2. Saran	101
VII. PENELITIAN TAHAP 3 : KARAKTERISTIK MUTU DAN SENSORI BERBAGAI KOPI BUBUK ROBUSTA LOKAL TANGGAMUS	102
7.1. Pendahuluan	102

7.1.1. Latar Belakang.....	102
7.1.2. Tujuan Penelitian.....	103
7.1.3. Manfaat Penelitian.....	103
7.2. Bahan dan Metode Penelitian.....	103
7.2.1. Tempat dan Waktu Penelitian	103
7.2.2. Bahan dan Peralatan	104
7.2.3. Rancangan Penelitian	104
7.2.4. Pelaksanaan Penelitian	105
7.2.5. Prosedur Pengamatan	105
7.2.5.2. Analisis Karakteristik Sensoris (<i>Cupping Test</i>)	108
7.3. Hasil dan Pembahasan.....	111
7.3.1. Analisis Karakteristik Mutu Kopi Bubuk.....	111
7.3.2. Analisis Karakteristik Sensoris (<i>Cupping Test</i>)	121
7.4. Kesimpulan dan Saran.....	132
7.4.1. Kesimpulan.....	132
7.4.2. Saran.....	133
VIII.PEMBAHASAN UMUM	134
IX. KESIMPULAN UMUM, SARAN DAN IMPLIKASI PENERAPAN.....	155
9.1. Kesimpulan Umum.....	155
9.2. Saran Umum.....	156
9.3. Implikasi Penerapan	156
DAFTAR PUSTAKA	158
LAMPIRAN.....	173

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Jadwal Penelitian kajian pola (fingerprint) komponen kimia dan karakteristik mutu berbagai kopi Robusta lokal Tanggamus	32
Tabel 2. Penentuan besarnya nilai cacat biji kopi	39
Tabel 3. Syarat penggolongan mutu kopi robusta.....	39
Tabel 4. Spesifikasi instrumen UPLC- MS/MS	42
Tabel 5. Rasio pelarut yang digunakan pada sistem elusi gradien	43
Tabel 6. Nilai cacat dan mutu <i>green bean</i> dari beberapa klon lokal kopi Robusta dari dua pengolahan.....	43
Tabel 7. Sifat fisik <i>green bean</i> dari beberapa klon lokal kopi Robusta dari pengolahan secara kering dan semi basah	45
Tabel 8. Senyawa kimia yang diidentifikasi oleh UPLC- MS/MS dalam ekstrak <i>green bean</i> dari klon Randu Alas kopi Robusta lokal Lampung yang diolah secara kering	58
Tabel 9. Senyawa kimia yang diidentifikasi oleh UPLC- MS/MS dalam ekstrak <i>green bean</i> dari klon Kasio kopi Robusta lokal Lampung yang diolah secara kering	59
Tabel 10. Senyawa kimia yang diidentifikasi oleh UPLC- MS/MS dalam ekstrak <i>green bean</i> dari klon Komari kopi Robusta lokal Lampung yang diolah secara kering	60
Tabel 11. Senyawa kimia yang diidentifikasi oleh UPLC- MS/MS dalam ekstrak <i>green bean</i> dari klon Kopi Hijau kopi Robusta lokal Lampung yang diolah secara kering	61

Tabel 12. Senyawa kimia yang diidentifikasi oleh UPLC- MS/MS dalam ekstrak <i>green bean</i> dari klon Kopi Kuning kopi Robusta lokal Lampung yang diolah secara kering	62
Tabel 13. Senyawa kimia yang diidentifikasi oleh UPLC- MS/MS dalam ekstrak <i>green bean</i> dari klon Randu Alas kopi Robusta lokal Lampung yang diolah secara semi basah	63
Tabel 14. Senyawa kimia yang diidentifikasi oleh UPLC- MS/MS dalam ekstrak <i>green bean</i> dari klon Kasio kopi Robusta lokal Lampung yang diolah secara semi basah	64
Tabel 15. Senyawa kimia yang diidentifikasi oleh UPLC- MS/MS dalam ekstrak <i>green bean</i> dari klon Komari kopi Robusta lokal Lampung yang diolah secara semi basah.....	65
Tabel 16. Senyawa kimia yang diidentifikasi oleh UPLC- MS/MS dalam ekstrak <i>green bean</i> dari klon Kopi Hijau kopi Robusta lokal Lampung yang diolah secara semi basah	66
Tabel 17. Senyawa kimia yang diidentifikasi oleh UPLC- MS/MS dalam ekstrak <i>green bean</i> dari klon Kopi Kuning kopi Robusta lokal Lampung yang diolah secara semi basah	67
Tabel 18. Senyawa kimia dominan dan strukturnya yang teridentifikasi dalam ekstrak <i>green bean</i> lima klon kopi Robusta lokal Tanggamus yang diolah dengan metode kering dan semi basah.....	69
Tabel 19. Senyawa kimia yang diidentifikasi oleh UPLC- MS/MS dalam ekstrak kopi sangrai dari klon Randu Alas kopi Robusta lokal Lampung yang diolah secara kering.....	90
Tabel 20 . Senyawa kimia yang diidentifikasi oleh UPLC- MS/MS dalam ekstrak kopi sangrai dari klon Kasio kopi Robusta lokal Lampung yang diolah secara kering	90
Tabel 21. Senyawa kimia yang diidentifikasi oleh UPLC- MS/MS dalam ekstrak kopi sangrai dari klon Komari kopi Robusta lokal Lampung yang diolah secara kering	91
Tabel 22. Senyawa kimia yang diidentifikasi oleh UPLC- MS/MS dalam ekstrak kopi sangrai dari klon Kopi Hijau kopi Robusta lokal Lampung yang diolah secara kering	91

Tabel 23. Senyawa kimia yang diidentifikasi oleh UPLC- MS/MS dalam ekstrak kopi sangrai dari klon Kopi Kuning kopi Robusta lokal Lampung yang diolah secara kering	92
Tabel 24. Senyawa kimia yang diidentifikasi oleh UPLC- MS/MS dalam ekstrak kopi sangrai dari klon Randu Alas kopi Robusta lokal Lampung yang diolah secara semi basah	92
Tabel 25. Senyawa kimia yang diidentifikasi oleh UPLC- MS/MS dalam ekstrak kopi sangrai dari klon Kasio kopi Robusta lokal Lampung yang diolah secara semi basah.....	93
Tabel 26. Senyawa kimia yang diidentifikasi oleh UPLC- MS/MS dalam ekstrak kopi sangrai dari klon Komari kopi Robusta lokal Lampung yang diolah secara semi basah.....	93
Tabel 27. Senyawa kimia yang diidentifikasi oleh UPLC- MS/MS dalam ekstrak kopi sangrai dari klon Kopi Hijau kopi Robusta lokal Lampung yang diolah secara semi basah	93
Tabel 28. Senyawa kimia yang diidentifikasi oleh UPLC- MS/MS dalam ekstrak kopi sangrai dari klon Kopi Kuning kopi Robusta lokal Lampung yang diolah secara semi basah	94
Tabel 29. Senyawa kimia dominan dan strukturnya yang teridentifikasi dalam ekstrak kopi sangrai lima klon kopi Robusta lokal Tanggamus yang diolah dengan metode kering dan semi basah	96
Tabel 30. Syarat mutu kopi bubuk	105
Tabel 31. Karakteristik mutu kopi bubuk beberapa klon kopi Robusta lokal Lampung yang diolah secara kering dan semi basah	112
Tabel 32. Hasil analisis karaktersitik sensoris (cupping test) beberapa klon kopi Robusta lokal Lampung yang diolah secara kering dan semi basah	125
Tabel 33. Karakter rasa dari beberapa klon lokal kopi Robusta Lampung dari dua metode pengolahan	130
Tabel 34. Klaster senyawa kimia dari klon Randu Alas dengan pengolahan secara kering (<i>green bean</i> dan sangrai)	141
Tabel 35. Klaster senyawa kimia dari klon Randu Alas dengan pengolahan secara semi basah (<i>green bean</i> dan sangrai).....	142

Tabel 36. Klaster senyawa kimia dari klon Kasio dengan pengolahan secara kering (<i>green bean</i> dan sangrai)	143
Tabel 37. Klaster senyawa kimia dari klon Kasio dengan pengolahan secara semi basah (<i>green bean</i> dan sangrai).....	144
Tabel 38. Klaster senyawa kimia dari klon Komari dengan pengolahan secara kering (<i>green bean</i> dan sangrai)	145
Tabel 39. Klaster senyawa kimia dari klon Komari dengan pengolahan secara semi basah (<i>green bean</i> dan sangrai).....	146
Tabel 40. Klaster senyawa kimia dari klon Kopi Hijau dengan pengolahan secara kering (<i>green bean</i> dan sangrai)	148
Tabel 41. Klaster senyawa kimia dari klon Kopi Hijau dengan pengolahan secara semi basah (<i>green bean</i> dan sangrai).....	149
Tabel 42. Klaster senyawa kimia dari klon Kopi Kuning dengan pengolahan secara kering (<i>green bean</i> dan sangrai)	150
Tabel 43. Klaster senyawa kimia dari klon Kopi Kuning dengan pengolahan semi basah (<i>green bean</i> dan sangrai).....	151
Tabel 44 Jumlah cacat dan nilai cacat <i>green bean</i> beberapa klon kopi Robusta Lokal Lampung dengan pengolahan kering	174
Tabel 45 Jumlah cacat dan nilai cacat <i>green bean</i> beberapa klon kopi Robusta Lokal Lampung dengan pengolahan semi basah.....	175
Tabel 46. Data analisis rendemen <i>green bean</i> beberapa klon kopi Robusta Lokal Lampung dengan pengolahan secara kering dan semi basah...	176
Tabel 47 Data analisis kadar air <i>green bean</i> beberapa klon kopi Robusta Lokal Lampung dengan pengolahan secara kering dan semi basah...	176
Tabel 48. Data analisis densitas <i>green bean</i> beberapa klon kopi Robusta Lokal Lampung dengan pengolahan secara kering dan semi basah...	177
Tabel 49. Data analisis kadar air kopi bubuk beberapa klon kopi Robusta Lokal Lampung dengan pengolahan secara kering dan semi basah...	177
Tabel 50. Data analisis kadar abu kopi bubuk beberapa klon kopi Robusta Lokal Lampung dengan pengolahan secara kering dan semi basah...	178

Tabel 51. Data analisis alkali abu kopi bubuk beberapa klon kopi Robusta Lokal Lampung dengan pengolahan secara kering dan semi basah...	178
Tabel 52. Data analisis sari kopi bubuk beberapa klon kopi Robusta Lokal Lampung dengan pengolahan secara kering dan semi basah	179
Tabel 53. Data analisis sisa seduh kopi bubuk beberapa klon kopi Robusta Lokal Lampung dengan pengolahan secara kering dan semi basah...	179
Tabel 54. Data analisis keasaman kopi bubuk beberapa klon kopi Robusta Lokal Lampung dengan pengolahan secara kering dan semi basah...	180
Tabel 55. Data analisis sensoris atribut <i>fragrance</i> kopi bubuk beberapa klon kopi Robusta Lokal Lampung yang diolah secara kering dan semi basah	180
Tabel 56. Data analisis sensoris atribut <i>flavor</i> kopi bubuk beberapa klon kopi Robusta Lokal Lampung yang diolah secara kering dan semi basah	181
Tabel 57. Data analisis sensoris atribut <i>after test</i> kopi bubuk beberapa klon kopi Robusta Lokal Lampung yang diolah secara kering dan semi basah	181
Tabel 58. Data analisis sensoris atribut <i>salt – acid</i> kopi bubuk beberapa klon kopi Robusta Lokal Lampung yang diolah secara kering dan semi basah.....	182
Tabel 59. Data analisis sensoris atribut <i>bitter – sweet</i> kopi bubuk beberapa klon kopi Robusta Lokal Lampung yang diolah secara kering dan semi basah	182
Tabel 60. Data analisis sensoris atribut <i>mouthfeel</i> kopi bubuk beberapa klon kopi Robusta Lokal Lampung yang diolah secara kering dan semi basah.....	183
Tabel 61. Data analisis sensoris atribut <i>balance</i> kopi bubuk beberapa klon kopi Robusta Lokal Lampung yang diolah secara kering dan semi basah	183
Tabel 62. Data analisis sensoris atribut <i>uniform-cup</i> kopi bubuk beberapa klon kopi Robusta Lokal Lampung yang diolah secara kering dan semi basah	184

Tabel 63. Data analisis sensoris atribut <i>clean-up</i> kopi bubuk beberapa klon kopi Robusta Lokal Lampung yang diolah secara kering dan semi basah.....	184
Tabel 64. Data analisis sensoris atribut <i>over all</i> kopi bubuk beberapa klon kopi Robusta Lokal Lampung yang diolah secara kering dan semi basah	185
Tabel 65. Daftar Publikasi lima tahun terakhir	208

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Klon Lokal Kopi Robusta di Kabupaten Tanggamus, Lampung	2
Gambar 2. Struktur buah kopi . (1) potongan tengah, (2) endosperma, (3) epidermis, (4) perkamen (endokarp), (5) lapisan pektin, (6) pulp (mesokarp)), (7) kulit luar (pericarp, exocarp) Sumber : (Farah & Dos Santos, 2015)	8
Gambar 3. Diagram Alir Pasca Panen Kopi Robusta Secara Kering.....	36
Gambar 4. Diagram Alir Pasca Panen Kopi Robusta Secara Semi Basah.....	38
Gambar 5. Rendemen green bean dari beberapa klon lokal kopi Robusta Lampung.....	46
Gambar 6. Kadar air green bean dari beberapa klon lokal kopi Robusta Lampung.....	47
Gambar 7. Densitas green bean dari beberapa klon lokal kopi Robusta Lampung.....	48
Gambar 8. Kromatogram green bean dari klon Randu Alas, dengan pengolahan kering (a) dan pengolahan semi basah (b), menggunakan fase diam = C18; fase gerak = air/asam format (99,9/0,1 [v/v]) dan asetoni tril /asam format 99,9/0,1 [v/v] pada UPLC- MS/MS.....	51
Gambar 9. Kromatogram green bean dari klon Kasio, dengan pengolahan kering (a) dan pengolahan semi basah (b), menggunakan fase diam = C18; fase gerak = air/asam format (99,9/0,1 [v/v]) dan asetoni tril /asam format 99,9/0,1 [v/v] pada UPLC- MS/MS.	52
Gambar 10. Kromatogram green bean dari klon Komari, dengan pengolahan kering (a) dan pengolahan semi basah (b), menggunakan fase diam = C18; fase gerak = air/asam format	

(99,9/0,1 [v/v]) dan asetonitril /asam format 99,9/0,1 [v/v] pada UPLC- MS/MS.....	53
Gambar 11. Kromatogram green bean dari klon Kopi Hijau, dengan pengolahan kering (a) dan pengolahan semi basah (b), menggunakan fase diam = C18; fase gerak = air/asam format (99,9/0,1 [v/v]) dan asetonitril /asam format 99,9/0,1 [v/v] pada UPLC- MS/MS.....	54
Gambar 12. Kromatogram green bean dari klon Kopi Kuning dengan pengolahan kering (a) dan pengolahan semi basah (b), menggunakan fase diam = C18; fase gerak = air/asam format (99,9/0,1 [v/v]) dan asetonitril /asam format 99,9/0,1 [v/v] pada UPLC- MS/MS.....	55
Gambar 13. Nilai warna kopi Robusta sangrai dari beberapa klon dengan pengolahan secara kering dan semi basah.....	81
Gambar 14. Penampilan warna kopi Robusta sangrai dari beberapa klon dengan pengolahan secara kering dan semi basah.	82
Gambar 15. Kromatogram kopi sangrai dari klon Randu Alas, dengan pengolahan kering (a) dan pengolahan semi basah (b), menggunakan fase diam = C18; fase gerak = air/asam format (99,9/0,1 [v/v]) dan asetonitril /asam format 99,9/0,1 [v/v] pada UPLC- MS/MS.....	83
Gambar 16. Kromatogram kopi sangrai dari klon Kasio, dengan pengolahan kering (a) dan pengolahan semi basah (b), menggunakan fase diam = C18; fase gerak = air/asam format (99,9/0,1 [v/v]) dan asetonitril /asam format 99,9/0,1 [v/v] pada UPLC- MS/MS.	84
Gambar 17. Kromatogram kopi sangrai dari klon Komari, dengan pengolahan kering (a) dan pengolahan semi basah (b), menggunakan fase diam = C18; fase gerak = air/asam format (99,9/0,1 [v/v]) dan asetonitril /asam format 99,9/0,1 [v/v] pada UPLC- MS/MS.....	85
Gambar 18. Kromatogram kopi sangrai dari klon Kopi Hijau, dengan pengolahan kering (a) dan pengolahan semi basah (b), menggunakan fase diam = C18; fase gerak = air/asam format (99,9/0,1 [v/v]) dan asetonitril /asam format 99,9/0,1 [v/v] pada UPLC- MS/MS.	86

Gambar 19. Kromatogram kopi sangrai dari klon Kopi Kuning dengan pengolahan kering (a) dan pengolahan semi basah (b), menggunakan fase diam = C18; fase gerak = air/asam format (99,9/0,1 [v/v]) dan asetonitril /asam format 99,9/0,1 [v/v] pada UPLC- MS/MS.....	87
Gambar 20. Kadar air dari beberapa klon lokal kopi Robusta Lampung dengan dua metode pengolahan	113
Gambar 21. Kadar abu dari beberapa klon lokal kopi Robusta Lampung dengan dua metode pengolahan	115
Gambar 22. Kadar alkali abu dari beberapa klon lokal kopi Robusta Lampung dengan dua metode pengolahan	117
Gambar 23. Kadar sari kopi dari beberapa klon lokal kopi Robusta Lampung dengan dua metode pengolahan	120
Gambar 24. Profil karakteristik sensoris (citarasa) beberapa klon kopi Robusta lokal Lampung yang diolah secara kering dan semi basah	127
Gambar 25. Total skor karakteristik sensoris dari beberapa klon lokal kopi Robusta Lampung dari dua metode pengolahan	128
Gambar 26 . Kromatogram green bean klon Randu Alas hasil pengolahan kering	186
Gambar 27. Kromatogram green bean klon Kasio hasil pengolahan kering	187
Gambar 28. Kromatogram green bean klon Komari hasil pengolahan kering ...	188
Gambar 29. Kromatogram green bean klon Kopi Hijau hasil pengolahan kering.....	189
Gambar 30. Kromatogram green bean klon Kopi Kuning hasil pengolahan kering.....	190
Gambar 31. Kromatogram green bean klon Randu Alas hasil pengolahan semi basah	191
Gambar 32. Kromatogram green bean klon Kasio hasil pengolahan semi basah	192

Gambar 33. Kromatogram green bean klon Komari hasil pengolahan semi basah	193
Gambar 34. Kromatogram green bean klon Kopi Hijau hasil pengolahan semi basah	194
Gambar 35. Kromatogram green bean klon Kopi Kuning hasil pengolahan semi basah	195
Gambar 36. Kromatogram kopi sangrai klon Randu Alas hasil pengolahan kering.....	196
Gambar 37. Kromatogram kopi sangrai klon Kasio hasil pengolahan kering.....	197
Gambar 38. Kromatogram kopi sangrai klon Komari hasil pengolahan kering.....	198
Gambar 39. Kromatogram kopi sangrai klon Kopi Hijau hasil pengolahan kering.....	199
Gambar 40. Kromatogram kopi sangrai klon Kopi Kuning hasil pengolahan kering.....	200
Gambar 41. Kromatogram kopi sangrai klon Randu Alas hasil pengolahan semi basah	201
Gambar 42. . Kromatogram kopi sangrai klon Kasio hasil pengolahan semi basah	202
Gambar 43. Kromatogram kopi sangrai klon Komari hasil pengolahan semi basah.....	203
Gambar 44. Kromatogram kopi sangrai klon Kopi Hijau hasil pengolahan semi basah	204
Gambar 45. Kromatogram kopi sangrai klon Kopi Kuning hasil pengolahan semi basah	205
Gambar 46. Peta Lokasi Desa Wy Harong, Kecamatan Air Naningan, Kabupaten Tanggamus, Lampung.....	206
Gambar 47. Pelaksanaan <i>Cupping Test</i> kopi bubuk dari beberapa klon kopi Robusta Lampung dengan pengolahan kering dan semi basah	207

ABSTRAK

POLA (*FINGERPRINT*) KOMPONEN KIMIA DAN KARAKTERISTIK MUTU BERBAGAI KOPI ROBUSTA LOKAL TANGGAMUS

Oleh

ALVI YANI

Tujuan umum dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi pola *fingerprint* komponen kimia serta karakteristik mutu dari beberapa klon kopi Robusta lokal yang berasal dari Tanggamus, Lampung. Lima klon kopi Robusta, yaitu Randu Alas, Kasio, Komari, Kopi Hijau, dan Kopi Kuning, diolah dengan dua metode, yaitu kering dan semi-basah. Analisis komponen kimia dilakukan menggunakan metode UPLC- MS/MS, yang memungkinkan identifikasi senyawa spesifik pada masing-masing klon. Penelitian dilakukan dengan tiga tahap yang masing-masing bertujuan secara khusus yaitu 1). Mendapatkan pola komponen kimia *green bean* berbagai kopi Robusta lokal Tanggamus melalui proses pengolahan kering (kering) dan semi basah, 2). Mendapatkan pola komponen kimia kopi sangrai berbagai kopi Robusta lokal Tanggamus dan 3) Mengetahui karakteristik mutu dan sensori berbagai kopi bubuk Robusta lokal Tanggamus.

Pada penelitian tahap pertama menggunakan 2 perlakuan dan 3 ulangan. Perlakuan pertama yaitu pengolahan buah kopi menjadi *green bean* secara kering dan perlakuan kedua yaitu pengolahan secara semi basah. Data dianalisis secara deskriptif dengan rata-rata dan menggunakan standar deviasi. *Fingerprint* kimia *green bean* dari beberapa klon lokal kopi Robusta Lampung dianalisis secara deskriptif dan ditampilkan dalam Tabel. Pengamatan meliputi sifat fisik *green bean* yang ditentukan berdasarkan nilai cacat yang terdapat pada kopi biji, rendemen, kadar air dan densitas sedangkan analisis komponen kimia *green bean* dilakukan menggunakan UPLC- MS/MS. Penelitian tahap kedua juga dilakukan menggunakan 2 perlakuan dan 3 ulangan. Perlakuan pertama yaitu pengolahan kopi sangrai dari *green bean* yang diolah secara kering dan perlakuan kedua yaitu kopi sangrai dari *green bean* yang diolah secara semi basah. Data dianalisis secara deskriptif dengan rata-rata dan menggunakan standar deviasi. *Fingerprint* kimia kopi sangrai dari beberapa klon lokal kopi Robusta Lampung dianalisis secara deskriptif dan ditampilkan dalam Tabel. Pengamatan meliputi warna kopi sangrai dan analisis komponen kimia kopi sangrai dengan UPLC- MS/MS. Penelitian tahap ketiga menggunakan 2 perlakuan dan 3 ulangan. Perlakuan pertama yaitu pengolahan kopi bubuk dari *green bean* yang diolah secara kering dan perlakuan

kedua yaitu kopi bubuk dari *green bean* yang diolah secara semi basah. Data dianalisis secara deskriptif dengan rata-rata dan menggunakan standar deviasi. *Fingerprint* kimia kopi bubuk dari beberapa klon lokal kopi Robusta Lampung dianalisis secara deskriptif dan ditampilkan dalam Tabel. Tingkat penyangraian dilakukan pada tahapan sangrai *medium to dark*. Karakteristik mutu kopi yang diamati adalah kadar air, kadar abu, kadar kealkalian abu dan kadar sari kopi bubuk. Karakteristik sensoris meliputi *quality of aroma*, *intensity of aroma*, *quality of flavour*, *intensity of flavour*, *body*, *acidity*, *quality of aftertaste* yang merupakan pengamatan pada uji cupping.

Hasil penelitian tahap pertama menunjukkan dari analisis kromatografi terdapat kesamaan senyawa kimia pada rentang waktu retensi (R_t) awal hingga 7,38 menit pada *green bean* dari beberapa klon kopi Robusta yang diolah secara kering, serta pada R_t 7,36 menit untuk pengolahan semi basah, dengan senyawa-senyawa dominan yang ditemukan yaitu 4-aminobenzoic acid, trans-zeatin, chlorogenic acid, caffeine, hymecromone, cynarine, dan umbelliferone. Setelah waktu retensi tersebut, terdapat variasi yang signifikan pada jenis senyawa yang teridentifikasi, baik antara klon kopi Robusta maupun metode pengolahan, yang mencerminkan perbedaan genetik, kondisi lingkungan, dan pengaruh teknik pengolahan terhadap metabolisme sekunder. Pengolahan semi basah menghasilkan lebih banyak senyawa kimia (20-24 senyawa) dibandingkan dengan pengolahan kering (15-20 senyawa), yang diduga dipengaruhi oleh perbedaan dalam teknologi pengolahan. Juga diperoleh beberapa senyawa kimia yang belum teridentifikasi (*Unknown*).

Hasil penelitian tahap kedua menunjukkan nilai warna berkisar antara 44,1 – 54,2 yaitu pada tingkat penyangraian *medium to dark*. Hasil analisis komponen kimia (*fingerprint*) pada kopi sangrai klon lokal kopi Robusta yang diolah secara kering menunjukkan bahwa pola kromatogram kopi sangrai dari masing-masing klon memiliki kesamaan yang signifikan, dengan puncak utama yang terdeteksi pada waktu retensi rendah, menandakan adanya senyawa volatil yang terelusi cepat, seperti aldehid atau asam organik ringan, yang terbentuk selama proses sangrai. Puncak awal yang tinggi dan tajam pada klon-klon seperti Randu Alas dan Kasio menunjukkan konsentrasi senyawa volatil yang lebih tinggi, sedangkan klon Komari dan Kopi Hijau menunjukkan pola kromatogram yang dominan di bagian tengah waktu retensi, menandakan kehadiran senyawa dengan berat molekul menengah. Selain itu, penyangraian kopi mengubah profil senyawa kimia, dengan beberapa senyawa yang hilang atau terdegradasi, serta senyawa baru yang muncul, yang dapat mempengaruhi rasa kopi, seperti rasa pahit yang lebih intens akibat degradasi senyawa fenolik. Senyawa utama yang terdeteksi pada semua klon meliputi kafein, asam klorogenat, dan phenethylamine, yang dikenal berkontribusi terhadap karakteristik rasa kopi Robusta. Beberapa senyawa unik juga teridentifikasi, seperti methyl chlorogenate pada klon Randu Alas dan benzyl-4-(1,3-benzodioxol-5-yl)-6-methyl-2-oxo-1,2,3,4-tetrahydro-5-pyrimidinecarboxylate pada klon Kopi Kuning. Variasi dalam senyawa ini menunjukkan bahwa pemilihan klon dapat mempengaruhi kualitas dan karakteristik rasa kopi. Jumlah senyawa kimia pada kopi sangrai yang terdeteksi pada klon-klon lokal kopi Robusta yang diolah secara kering adalah 10 - 13 senyawa dan kopi sangrai pengolahan semi basah yaitu berkisar antara 9 hingga 12 senyawa. Hasil ini memberikan wawasan

penting untuk pengembangan kopi Robusta dengan karakteristik rasa yang lebih kompleks dan khas.

Hasil penelitian tahap ketiga menunjukkan semua sampel kopi bubuk berada dalam kondisi normal yang mencakup bau, rasa, dan warna yang sesuai standar. Nilai kadar air berkisar antara 1,061% - 1,283% ,kadar abu yang bervariasi antara 3,948 mlxN NaOH - 5,304% mlxN NaOH, kealkalian abu berada di rentang 37,254% - 50,152% dan sari kopi berkisar antara 23,391% - 26,615% . Klon Kopi Hijau menunjukkan performa terbaik dalam hampir semua atribut pada Uji Cupping baik untuk olah kering maupun semi basah, terutama pada metode semi basah dengan total skor tertinggi (87,29). Metode pengolahan memiliki dampak signifikan terhadap karakter rasa kopi Robusta Lampung. Kedua metode pengolahan, olah kering dan olah semi basah, masing-masing menghasilkan profil rasa yang berbeda, memberikan pilihan bagi produsen kopi untuk menyesuaikan proses pengolahan sesuai dengan preferensi rasa yang diinginkan.

Kata kunci: interpretasi data, *fingerprint* kimia, olah kering, olah semi basah, mutu, uji cupping, klon kopi Robusta

ABSTRACT

FINGERPRINT PATTERNS OF CHEMICAL COMPONENTS AND QUALITY CHARACTERISTICS OF VARIOUS LOCAL ROBUSTA COFFEE CLONES FROM TANGGAMUS

BY

ALVI YANI

The general objective of this study was to identify the *fingerprint* patterns of chemical components and the quality characteristics of several local Robusta coffee clones originating from Tanggamus, Lampung. Five Robusta coffee clones—Randu Alas, Kasio, Komari, Kopi Hijau, and Kopi Kuning—were processed using two methods: dry (kering) and semi-washed. Chemical component analysis was conducted using the UPLC- MS/MS method, which enables the identification of specific compounds in each clone. The study was carried out in three stages, each with specific objectives: (1) to determine the chemical composition *fingerprint* of green beans from various local Robusta coffee clones processed via dry (kering) and semi-washed methods, (2) to determine the chemical composition *fingerprint* of roasted coffee from various local Robusta coffee clones, and (3) to evaluate the quality and sensory characteristics of ground Robusta coffee from local Tanggamus clones.

The first stage involved two treatments and three replications. The first treatment was the processing of coffee cherries into green beans using the dry method, while the second treatment was processing using the semi-washed method. Data were analyzed descriptively using averages and standard deviations. The chemical *fingerprint* of green beans from several local Robusta coffee clones in Lampung was analyzed descriptively and presented in tables. Observations included the physical properties of green beans, determined based on defect values, yield, moisture content, and density, while the chemical composition of green beans was analyzed using UPLC- MS/MS. The second stage also used two treatments and three replications. The first treatment involved sangrai coffee from green beans processed using the dry method, while the second treatment involved sangrai coffee from green beans processed using the semi-washed method. Data were analyzed descriptively using averages and standard deviations. The chemical *fingerprint* of roasted coffee from several local Robusta coffee clones in Lampung was analyzed descriptively and presented in tables. Observations included roasted coffee color and chemical composition analysis using UPLC- MS/MS. The third stage employed

two treatments and three replications. The first treatment involved processing ground coffee from green beans processed using the dry method, while the second treatment involved processing ground coffee from green beans processed using the semi-washed method. Data were analyzed descriptively using averages and standard deviations. The chemical *fingerprint* of ground coffee from several local Robusta coffee clones in Lampung was analyzed descriptively and presented in tables. The sangrai level was set to *medium to dark*. Quality characteristics observed included moisture content, ash content, ash alkalinity, and soluble solids in ground coffee. Sensory characteristics included aroma quality, aroma intensity, flavor quality, flavor intensity, body, acidity, and aftertaste quality, evaluated through cupping tests.

The first stage results indicated that chromatographic analysis revealed similarities in chemical compounds within the initial retention time (Rt) range up to 7.38 minutes for green beans from several Robusta coffee clones processed using the dry method, and at 7.36 minutes for those processed using the semi-washed method. The dominant compounds identified included *4-aminobenzoic acid*, *trans-zeatin*, *chlorogenic acid*, *caffeine*, *hymecromone*, *cynarine*, and *umbelliferone*. After this retention time, significant variations were observed in the types of compounds identified, both among coffee clones and processing methods, reflecting genetic differences, environmental conditions, and the influence of processing techniques on secondary metabolism. The semi-washed processing method resulted in a higher number of chemical compounds (20–24) compared to the dry processing method (15–20), which is suspected to be due to differences in processing technology. Additionally, several unidentified chemical compounds (*unknown*) were detected.

The second stage results showed that the color values ranged between 44.1 and 54.2, corresponding to a *medium to dark* sangrai level. Chemical composition analysis (fingerprint) of roasted coffee from local Robusta coffee clones processed using the dry method revealed that the chromatographic patterns of roasted coffee from each clone were significantly similar, with major peaks detected at low retention times, indicating the presence of volatile compounds that elute quickly, such as aldehydes or light organic acids formed during sangrai. Clones like Randu Alas and Kasio exhibited high and sharp initial peaks, indicating higher concentrations of volatile compounds, while the Komari and Kopi Hijau clones exhibited chromatographic patterns dominated by mid-retention times, suggesting the presence of compounds with intermediate molecular weights. Furthermore, sangrai altered the chemical profile, with some compounds disappearing or degrading, while new compounds emerged, influencing the coffee's flavor, such as a more intense bitterness due to the degradation of phenolic compounds. The main compounds detected in all clones included caffeine, chlorogenic acid, and *phenethylamine*, known for contributing to the flavor characteristics of Robusta coffee. Some unique compounds were also identified, such as *methyl chlorogenate* in the Randu Alas clone and *benzyl-4-(1,3-benzodioxol-5-yl)-6-methyl-2-oxo-1,2,3,4-tetrahydro-5-pyrimidinecarboxylate* in the Kopi Kuning clone. Variations in these compounds suggest that clone selection can influence coffee quality and flavor characteristics. The number of chemical compounds detected in roasted coffee from local Robusta clones processed using the dry method ranged from 10 to 13, while those processed using the semi-washed method ranged from 9 to 12.

compounds. These findings provide valuable insights for the development of Robusta coffee with more complex and distinctive flavor characteristics.

The third stage results showed that all ground coffee samples were within normal conditions, meeting standard requirements for aroma, taste, and color. Moisture content ranged between 1.061% and 1.283%, ash content varied between 3.948 mlxN NaOH and 5.304% mlxN NaOH, ash alkalinity ranged from 37.254% to 50.152%, and soluble solids ranged from 23.391% to 26.615%. The Kopi Hijau clone exhibited the best performance in almost all attributes in the cupping test, both for kering and semi-washed processing, particularly in the semi-washed method, with the highest total score (87.29). Processing methods significantly influenced the flavor characteristics of Robusta coffee from Lampung. Both processing methods, kering and semi-washed, produced distinct flavor profiles, offering producers the flexibility to tailor processing techniques to achieve the desired taste preferences.

Keywords: data interpretation, chemical fingerprint, dry processing, semi-washed processing, quality, cupping test, Robusta coffee clone

I. PENDAHULUAN

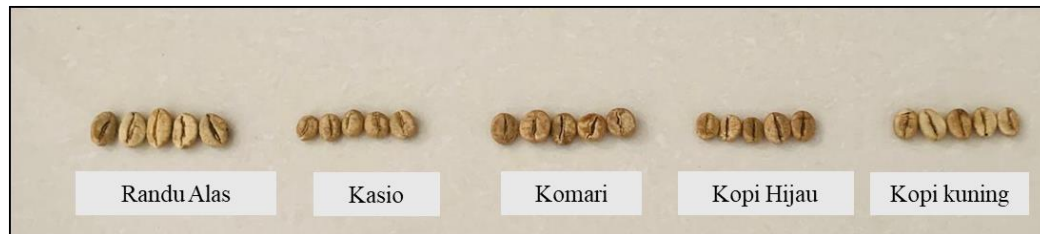
1.1. Latar Belakang

Salah satu sektor pertanian unggulan Provinsi Lampung adalah sub sektor tanaman perkebunan. Hasil analisis menunjukkan bahwa jenis komoditas unggulan sub sektor tanaman perkebunan di provinsi Lampung yang berpotensi untuk dikembangkan adalah kopi, lada, kakao, dan kelapa.

Kopi merupakan komoditi perkebunan penting bagi Indonesia, karena Indonesia merupakan negara produsen kopi ketiga dunia. Jenis kopi yang banyak diusahakan di Indonesia adalah jenis Robusta dan Arabika. Luas areal perkebunan kopi rakyat di Indonesia sampai tahun 2021 adalah 1.257,791 Ha dengan produksi sebesar 780.869 ton (Badan Pusat Statistik Lampung 2021, 2021). Provinsi Lampung merupakan salah satu daerah penghasil kopi Robusta di Indonesia terbesar kedua dengan luas areal penanaman 156.840 Ha dengan produksi 118.127 ton (Badan Pusat Statistik Lampung 2021, 2021). Sebagian besar kopi biji Lampung di ekspor ke negara-negara Amerika Serikat, Jepang, Filipina, Kanada, dan sebagian diolah menjadi kopi bubuk untuk kebutuhan lokal.

Kabupaten Tanggamus merupakan salah satu sentra produksi kopi Robusta di Provinsi Lampung dengan luas areal penanaman 41.512 Ha kedua terluas setelah Kabupaten Lampung Barat (54.106 Ha (Badan Pusat Statistik Lampung 2021, 2021). Kabupaten Tanggamus, sebagai salah satu daerah di Indonesia yang terkenal dengan kopi Robusta lokal dengan beragam klon yang dikembangkan oleh petani lokal. Meskipun klon-klon ini telah lama dikenal dan dibudidayakan, tetapi penelitian tentang komponen kimia dan karakteristik mutu kopi robusta lokal Tanggamus masih terbatas.

Petani kopi di daerah Tanggamus menanam kopi klon lokal seperti Randu Alas, Kasio, Komari, Kopi Hijau, Sailing dan Kopi Kuning secara turun temurun (Gambar 1). Klon lokal memiliki karakteristik berbeda-beda secara morfologi maupun produktivitasnya.



Gambar 1. Klon Lokal Kopi Robusta di Kabupaten Tanggamus, Lampung

Beberapa faktor yang mempengaruhi komponen kimia dan karakteristik mutu kopi adalah varietas tanaman, lingkungan tumbuh, metode pengolahan, dan teknik penyangraian kopi biji (Toledo et al., 2016). Oleh karena itu, penelitian ini menjadi sangat penting karena komponen kimia dan karakteristik mutu kopi sangat menentukan kualitas dan citarasa kopi.

Kopi Robusta memiliki rasa yang lebih pahit, sedikit asam, dan mengandung kafein dengan kadar lebih tinggi daripada Arabika (Purwanto et al., 2015). Rasa pahit yang ada pada kopi dikarenakan minuman tersebut banyak mengandung senyawa alkaloid dan fenolik (Herawati et al., 2019). Kopi biji mengandung berbagai senyawa kimia seperti karbohidrat, protein, lemak, mineral, kafein, trigonelin, asam alifatik (asam karboksilat), chlorogenic acid, glikosida, dan komponen volatil (Herawati et al., 2019; Zanin et al., 2016).

Rangkaian tahapan pengolahan kopi dimulai dari panen buah kopi, penanganan pascapanen, pengeringan, dan penyangraian biji. Beberapa metode pengolahan dapat menginduksi bermacam reaksi pada biji kopi, yang akan berpengaruh terhadap komponen kimia dan kualitas mutu kopi. Beberapa faktor yang mempengaruhi komponen kimia kopi diantaranya adalah tahapan pengolahan, fermentasi biji kopi, sangrai biji, decaffeinasi dan pencampuran (dengan non-kopi komponen) (Mills et al., 2013). Pengolahan semi basah menghilangkan sebagian

kulit buah kopi setelah penjemuran, sedangkan pengolahan kering atau kering menyebabkan biji kopi mengering secara alami dengan membiarkan mereka mengering di dalam buahnya. Kedua metode pengolahan ini menghasilkan citarasa kopi yang berbeda dan mempengaruhi komponen kimia seperti chlorogenic acid, gula, dan senyawa aroma (Dias et al., 2012).

Penyangraian adalah proses pengolahan untuk menghasilkan rasa yang menarik dalam biji kopi dan produknya. Ada berbagai metode penyangraian, tetapi karakteristik utama kopi sangrai adalah *light*, *medium* dan *dark* berdasarkan suhu penyangraian (160-240 °C) atau waktu (8-25 menit) (Aggenstoss et al., 2008).

Meskipun banyak penelitian dilakukan tentang komponen kimia dan karakteristik mutu kopi Robusta, tetapi penelitian kopi Robusta klon lokal Tanggamus melalui pengolahan kering dan semi basah hingga saat ini belum dilakukan. Oleh karena itu, dalam penelitian ini akan dilakukan analisis pola komponen kimia dan karakteristik mutu dari kopi Robusta klon lokal Tanggamus.

Pola (*fingerprint*) komponen kimia kopi adalah teknik untuk menemukan dan memetakan bahan kimia dalam biji kopi yang dapat mempengaruhi kualitas dan karakteristik rasa kopi. Analisis *fingerprint* komponen kimia kopi merupakan gambaran kuantitatif dan kualitatif berbagai senyawa kimia yang terkandung dalam kopi. Analisis ini penting untuk mengidentifikasi varietas kopi, menentukan kualitas kopi, dan memastikan bahwa produk kopi asli dan konsisten. Analisis *fingerprint* komponen kimia kopi dapat dilakukan dengan teknik kromatografi dan spektroskopi. Teknik ini dapat memisahkan, mengidentifikasi, dan mengukur kandungan senyawa-senyawa dalam kopi (Núñez, Pons, et al., 2021).

Dalam beberapa tahun terakhir, berbagai metodologi analisis telah dikembangkan untuk mengetahui karakterisasi dan keaslian kopi (Toci et al., 2016). Metode yang digunakan seperti analisis kemometrik *fingerprint* ¹H-NMR *Coffea arabica* yang dibudidayakan dalam berbagai kondisi (Hatamura et al., 2018). Penggunaan *electronic noise* untuk mendeteksi senyawa volatil (Marek et al., 2020). *Fingerprint* menggunakan HPLC-FLD menghasilkan komponen kimia untuk

membedakan asal negara produksi, varietas Arabika dan Robusta, dan tingkat penyangraian kopi (Núñez, Martínez, et al., 2021).

Analisis *fingerprint* komponen kimia kopi dapat membantu produsen kopi memastikan kualitas dan keaslian produk, serta membuat rekomendasi untuk memaksimalkan potensi rasa dan aroma kopi. Selain itu, analisis *fingerprint* juga dapat membantu dalam mengembangkan varietas kopi baru dengan profil rasa yang berbeda (Núñez et al., 2020). Beberapa senyawa yang sering diamati dalam *fingerprint* komponen kimia kopi adalah caffein, chlorogenic acid, trigonelin, asam malat, asam kafeat, dan asam kuinat. Variasi kopi, iklim, dan kondisi lingkungan tumbuh, metode pengolahan dan pemanggangan, dan faktor lain, seperti waktu panen dan proses pengeringan akan memengaruhi komponen kimia pada kopi (Núñez et al., 2020; Núñez, Pons, et al., 2021).

Dengan melakukan penelitian ini diharapkan dapat diidentifikasi pola atau *fingerprint* komponen kimia yang spesifik masing-masing klon kopi Robusta lokal Tanggamus. Selain itu, penelitian ini akan mempelajari karakteristik mutu kopi, seperti rasa, aroma, keasaman, dan bentuknya. Dengan mempelajari komponen kimia dan mutu dari berbagai klon kopi Robusta lokal Tanggamus diharapkan dapat diambil langkah-langkah untuk mengembangkan proses produksi, pengolahan, dan kualitas kopi. Selain itu, penelitian ini juga dapat menjadi sumber informasi yang bermanfaat untuk industri kopi.

1.2. Perumusan Masalah

Penelitian untuk mendapatkan pola (*fingerprint*) komponen kimia dan mengetahui karakteristik mutu berbagai kopi Robusta lokal Tanggamus perlu dilakukan. Hal ini karena masih kurangnya informasi terutama terkait dengan kopi Robusta lokal yang biasa dibudidayakan oleh petani kopi di Kabupaten Tanggamus, Provinsi Lampung. Beberapa klon kopi Robusta lokal Tanggamus antaranya adalah Randu Alas, Kasio, Komari, Kopi Hijau, dan Kopi Kuning.

Secara ringkas perumusan masalah disimpulkan :

1. Bagaimanakah pola komponen kimia kopi biji (*green bean*) berbagai kopi Robusta lokal Tanggamus?
2. Bagaimanakah pola komponen kimia kopi sangrai berbagai kopi Robusta lokal Tanggamus?
3. Bagaimanakah karakteristik mutu dan sensori berbagai kopi bubuk Robusta lokal Tanggamus?

1.3. Tujuan penelitian

1. Menganalisis pola komponen kimia *green bean* berbagai kopi Robusta lokal Tanggamus yang diolah secara kering dan semi basah.
2. Menganalisis pola komponen kimia kopi sangrai berbagai kopi Robusta lokal Tanggamus yang diolah secara kering dan semi basah.
3. Mengetahui karakteristik mutu dan sensori berbagai kopi bubuk Robusta lokal Tanggamus yang diolah secara kering dan semi basah.

1.4. Keluaran yang Diharapkan

1. Diperoleh pola komponen kimia kopi biji berbagai kopi Robusta lokal Tanggamus.
2. Diperoleh pola komponen kimia kopi sangrai berbagai kopi Robusta lokal Tanggamus.
3. Diketahui karakteristik mutu dan sensori berbagai kopi bubuk Robusta lokal Tanggamus.

1.5. Manfaat Penelitian

Penelitian ini akan meningkatkan pemahaman tentang komponen kimia yang terkandung dalam biji kopi dan kopi sangrai dari varietas kopi Robusta yang berasal dari klon lokal Tanggamus. Penelitian ini dapat membantu para peneliti, produsen kopi, dan industri dalam memahami karakteristik kimia kopi dan potensinya untuk menghasilkan kualitas yang lebih baik. Selain itu, dengan menganalisis pola (*fingerprint*) komponen kimia dalam kopi biji dan kopi sangrai, penelitian ini dapat menemukan komponen kimia tertentu berkontribusi pada profil rasa dan aroma kopi. Dengan menggunakan data ini, metode pemrosesan dan penyangraian yang

lebih baik dapat dibuat untuk mendapatkan rasa dan aroma yang diinginkan. Penelitian ini juga dapat memberikan wawasan dan saran praktis untuk meningkatkan produksi dan mutu kopi Robusta klon lokal Tanggamus melalui pemahaman komponen kimia dan karakteristik mutu kopi biji dan kopi sangrai. Hal ini akan memberikan keuntungan finansial yang signifikan bagi petani dan produsen kopi di daerah tersebut.

1.6. Nilai Kebaruan dan Kedalaman

Penelitian mengenai kajian pola (*fingerprint*) komponen kimia dan kualitas mutu berbagai kopi Robusta lokal Tanggamus memiliki nilai kebaruan dan kedalaman yang penting. Beberapa nilai kebaruan dan kedalaman penelitian tersebut adalah :

1. Hingga saat ini, kajian mengenai *fingerprint* komponen kimia dan karakteristik mutu kopi Robusta lokal Tanggamus masih terbatas, sehingga penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan baru serta pemahaman yang lebih mendalam terhadap potensi kopi lokal tersebut.
2. Data pola komponen kimia kopi biji (*green bean*), kopi Sangrai, dan karakteristik mutu berbagai klon kopi Robusta lokal Tanggamus.
3. Melalui analisis pola komponen kimia dan karakteristik mutu, penelitian ini dapat memberikan pemahaman yang baru tentang perbedaan kualitas antara klon-klon kopi tersebut. Informasi ini dapat menjadi kontribusi penting dalam memperkaya pengetahuan tentang varietas kopi Robusta lokal Tanggamus.

Nilai kedalaman penelitian ini adalah sejauh mana penelitian tersebut menyelidiki berbagai aspek komponen kimia dan karakteristik mutu kopi Robusta klon lokal Tanggamus. Hal ini dapat mencakup analisis senyawa kimia yang terkandung dalam kopi, profil sensori kopi, pengaruh faktor lingkungan terhadap karakteristik kopi, atau kaitannya dengan metode pengolahan kopi dan kualitas hasil akhirnya

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tinjauan Umum

2.1.1. Deskripsi Kopi Robusta

Sekitar 99% produksi kopi dunia berasal dari kopi Arabika (*Coffea arabica*) dan Robusta (Alonso-Salces et al., 2009; Farah & Dos Santos, 2015; Jayakumar et al., 2017). Kopi Arabika, yang biasanya digunakan dalam kopi spesial, tumbuh paling baik pada 18–22 °C, sedangkan Robusta berkualitas lebih rendah tetapi lebih kuat dan produktif pada 22–28 °C (Magrach & Ghazoul, 2015).

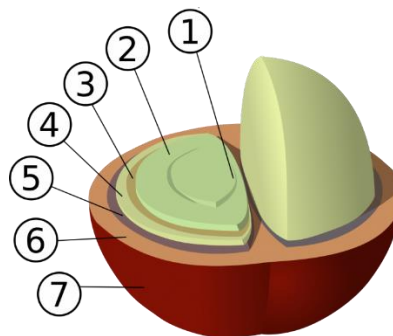
Kopi Robusta berasal dari kata ‘Robust’ yang artinya kuat, sesuai dengan gambaran postur (*body*) atau tingkat kekentalannya yang kuat. Karena rasanya yang lebih pahit dan sedikit asam dan tingkat kafein yang lebih tinggi daripada Arabika, Robusta dianggap sebagai kopi kelas dua setelah kopi Arabika. Namun, Robusta tumbuh lebih banyak daerah daripada Arabika. Kelebihan kopi jenis ini adalah lebih tahan terhadap penyakit dan hama (Farah, 2009; Purwanto et al., 2015)

Robusta didefinisikan sebagai varietas yang tumbuh luas, pohon kecil atau semak yang kuat dengan sistem akar yang dangkal. Buahnya lebih kecil dari *C. arabica*, dan matang sebelas bulan. Di Brasil, kopi Robusta, juga disebut konilon, dipanen di Afrika Barat dan Tengah dan di seluruh Asia Tenggara. *Coffea canephora* (Robusta) menghasilkan minuman yang dapat digunakan untuk membuat kopi larut maupun dicampur (*blended*) dengan kopi Arabika. Penelitian saat ini menunjukkan bahwa, meskipun memberikan karakteristik sensorik yang berbeda dari Arabika, kopi Robusta yang dibuat dan diproses dengan benar dapat menjadi sumber karakteristik yang diinginkan dalam komponen campuran dengan Arabika (Batista et al., 2015).

Beberapa sifat unggul kopi Robusta diantaranya produktivitas yang lebih tinggi daripada kopi Arabika, meskipun kualitas rasanya lebih rendah dari kopi Arabika. Selain itu, kopi Robusta lebih cocok tumbuh di dataran rendah daripada kopi Arabika. Produksi biji kopi kering bisa mencapai 2 ton/ ha jika dijaga dengan baik (Wardani et al., 2021).

Kualitas kopi mencapai 60% ketika dikebun, 30% ketika disangrai, dan 10% ketika diseduh. Proses di kebun ini terutama terjadi selama proses pascapanen. Bagaimana kopi diproses setelah dipanen akan memengaruhi hasil akhir kopi yang diseduh. Dengan kata lain, pemrosesan adalah komponen penting dalam industri kopi yang tidak boleh dilewatkan.

Dua bagian utama kopi biasanya terdiri dari pericarp dan biji. Biji dikenal sebagai *green bean* , sedangkan pericarp yang menentukan rasa kopi. Kulit, daging buah, getah, dan kulit di dalam membentuk pericarp (Kleinwächter et al., 2015). Struktur buah kopi dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Struktur buah kopi . (1) potongan tengah, (2) endosperma, (3) epidermis, (4) perkamen (endokarp), (5) lapisan pektin, (6) pulp (mesokarp)), (7) kulit luar (pericarp, exocarp) Sumber : (Farah & Dos Santos, 2015)

2.2. Metode Pengolahan Kopi Robusta

Tanaman kopi yang baru ditanam memerlukan waktu sekitar tiga hingga empat tahun untuk mulai berbuah, tergantung pada varietasnya. Ketika buah (*cerry* kopi) matang dan siap dipanen, akan berubah menjadi merah terang atau kuning tua (Batista et al., 2015).

Pengolahan pascapanen merupakan komponen penting yang membuat kopi berkualitas tinggi. Proses pengolahan biji kopi mencakup pemisahan daging buah (ekso dan mesokarp) dan perkamen (endokarp) serta pengeringan biji kopi (Kleinwächter et al., 2015). Biji kopi dapat diproses secara basah, semi-basah, atau kering. Pemrosesan basah atau semi basah mengupas buah kopi secara mekanis, yang berarti sebagian besar daging buah dihilangkan dengan cara diperas tetapi daging buah tetap menempel di perkamen. Fermentasi merusak sisa mucilaginous ini, dan kopi perkamen yang dihasilkan dikeringkan. Testa dan perkamen kering dibuang dengan kuliti sebelum dikirim (Kleinwächter et al., 2015).

Komponen biokimia dan kualitas biji kopi basah, semi-basah, dan kering sangat berbeda, terutama dalam hal kadar gula, asam amino bebas, chlorogenic acid, dan trigonelline (Batista et al., 2015; Do Carmo et al., 2020; Kleinwächter et al., 2015; Worku et al., 2018). Selain itu kualitas akhir *green bean* dipengaruhi oleh proses pengeringan, yang merupakan tahap terpenting dari proses. Karena kondisi lingkungan, terutama suhu dan kelembaban relatif, yang mendorong pertumbuhan mikroorganisme busuk (bakteri, jamur, dan ragi), kualitas kopi turun di beberapa tempat atau selama beberapa tahun (Batista et al., 2015).

2.2.1. Proses Panen Kopi

Dasar keberhasilan aktivitas kopi bergantung pada penerapan praktik pertanian dan pengolahan yang baik. Pemanenan adalah salah satu langkah terpenting yang mempengaruhi kualitas kopi. Memanen kopi sangat menantang karena buah kopi biasanya tidak matang secara seragam. Hampir semua kopi berkualitas masih dipetik secara selektif dengan tangan (Batista et al., 2015). Kualitas kopi sangat dipengaruhi oleh kematangan, dan sebagian besar cacat yang dikenal sebagai kulit hitam, hijau yang terkait dengan panen buah yang tidak merata. Buah ceri (buah petik merah) dianggap sebagai titik sempurna untuk kualitas kopi (Leandro et al., 2017) (Folmer, 2014).

Dua metode panen kopi adalah panen selektif merah dan racutan. Metode pertama menghasilkan buah kopi merah yang harus ditangani segera untuk memastikan citarasa dan kualitas fisik yang optimal (Sumule et al., 2021). Hanya buah kopi

yang berwarna merah penuh atau matang sepenuhnya yang dipilih untuk dipanen dengan metode selektif merah. Buah kopi yang tidak merah dibiarkan sampai berwarna merah dan dipanen pada tahap berikutnya. Metode ini disarankan karena buah kopi yang telah matang cenderung mudah rontok dan baunya akan menyerap tanah, menurunkan kualitas kopi. Pada metode racutan, sebaliknya, semua buah kopi dari semua dompolan, termasuk yang berwarna hijau, dipetik habis. Teknik ini biasanya digunakan ketika musim panen hampir berakhir. Uji laboratorium, buah hijau memiliki modulus elastisitas dan kekuatan pelepasan buah yang lebih tinggi daripada buah petik merah. Oleh karena itu, buah hijau lebih sulit dilepas daripada kopi dipetik merah (Kazama et al., 2021).

2.2.2. Pengolahan Kering

Pengolahan kering kopi Robusta adalah proses pengolahan kopi yang paling tua, sangat sederhana yang menghilangkan tahap pengupasan kulit buah kopi langsung dengan mengeringkan buah kopi dengan panas matahari (Kleinwächter et al., 2015) (Quispe, 2023). Proses kering ini sering disebut juga sebagai proses kering, karena selain simpel, buah kopinya pun tetap utuh. Salah satu kelemahan pengolahan kering adalah membutuhkan waktu yang lama dan tempat yang luas karena bergantung pada sinar matahari. Selain itu, buah kopi yang tidak dikupas sebelumnya sebelum pengeringan membutuhkan waktu yang lama untuk mengering.

Buah kopi yang telah dipetik dalam proses ini langsung dijemur hingga kering dengan kadar air 11-12%. Pericarp kering disebut kopi gelondongan (Indonesia) atau buah *ceri* kering. Proses menghilangkan gelondongan dari buah kopi kering secara mekanis disebut *(de) husking* atau *(de) hulling* (Farah & Dos Santos, 2015). Setelah buah kopi kering, buah tersebut dikupas dan digiling hingga menjadi kopi beras (*green bean*). Jika dilakukan di tempat yang memiliki paparan sinar matahari yang cukup, proses ini akan berhasil. Pada proses kering, waktu terbaik untuk penjemuran buah kopi adalah antara 21 dan 28 hari (Bagus Widodo et al., 2023).

Selama proses kering, baik kulit, daging, maupun lendir kopi tetap melekat pada biji kopi, memberikan cita rasa dan aroma yang kompleks. Dalam kondisi terbaik,

tambahan daging dan lendir akan memberikan cita rasa dan aroma bebuahan yang kompleks (Kleinwächter et al., 2015). Rasa bebuahan pada kopi kering tidak menunjukkan keasaman yang tinggi. Sebaliknya, proses ini akan membedakan kopi alami dari kopi buatan. Selain itu, daging dan kulit kopi memiliki rantai glukosa yang membuat biji kopi lebih manis. Tingginya intensitas body pada kopi adalah tanda lain proses ini (Alixandre et al., 2023; Kleinwächter et al., 2015).

Salah satu kekurangan proses ini adalah bahwa tidak ada proses perambangan atau perendaman. Akibatnya, tidak ada sortasi berdasarkan berat jenis kopi. Akibatnya, kopong dan biji kopi muda tidak tersortir, yang menyebabkan cacat biji saat proses sangrai kopi (Widyasari, 2023).

2.2.3. Proses Basah (*Washed*)

Salah satu proses yang paling banyak dilakukan oleh prosesor kopi di seluruh dunia adalah proses basah (*washed*). Selama proses ini, daging, kulit, dan lendir kopi dibersihkan sejak awal sehingga elemen-elemen tersebut tidak memberikan manfaat yang signifikan pada biji kopi.

Pengolahan kopi basah biasanya menghasilkan minuman yang lebih baik. Metode ini dapat diterapkan dalam berbagai cara, tetapi biasanya hanya buah merah/matang yang digunakan yang dipilih dan dipisahkan secara manual. Setelah itu dilakukan proses sortasi dengan cara perambangan, Jika biji kopi mengapung, berarti biji kopi tersebut rusak. Biji kopi yang rusak kemudian dipisahkan dari biji kopi lainnya. Selanjutnya dilakukan proses *pulping*, yaitu pengupasan kulit buah kopi dari biji kopi dengan menggunakan mesin pengupas atau pulper. Setelah dikupas, biji kopi dimasukkan ke dalam bak penampung yang sudah diisi oleh air. Proses ini dilakukan untuk mengeluarkan lendir yang masih menempel pada kulit kopi (*parchment*), selanjutnya dilakukan perendaman, Proses perendaman dan fermentasi dalam tangki dilakukan selama 12 hingga 36 jam. Selama fermentasi, yang dapat terjadi secara alami atau dengan penambahan mikroorganisme atau enzim, sisa pulp dihilangkan, keasaman meningkat, dan pH dapat turun menjadi 4,5. Kopi perkamen, kemudian dicuci secara menyeluruh di tangki air bersih atau di mesin cuci khusus. Setelah itu, biji kopi dikeringkan di atas lantai jemur atau

dalam rumah pengering (Das, 2021; Farah, 2009; Farah & Dos Santos, 2015; Mangku et al., 2022).

Setelah kopi kering, biji kopi disimpan untuk diistirahatkan atau *resting*. Untuk melepaskan kulit *parchment* (juga disebut pergamino), biji kopi dimasukkan ke dalam huller. Petani kopi menyukai proses ini karena sangat jarang terjadi kegagalan. Secara umum, kopi yang diolah secara basah, atau dicuci, akan menghasilkan rasa yang lebih jernih atau seduhan yang bersih. Selain itu, kopi yang dibuat dengan proses ini biasanya memiliki body ringan, aroma yang lebih kuat, *aftertaste* yang lebih berkesan, dan acidity yang lebih tinggi (Das, 2021). (Choi et al., 2011).

2.2.4. Proses Semi Basah

Proses semi basah adalah turunan dari proses basah. Sebagian besar tahapan tiap aktivitas dalam proses ini mirip dengan proses basah, hanya saja proses semi basah menggunakan lebih sedikit air. Pemrosesan semi basah disebut juga semi-kering menyajikan tahapan metode kering dan basah, di mana buah kopi dipulping secara mekanis dan kemudian dijemur (de Melo Pereira et al., 2019; Farah, 2009).

Dalam proses semi basah, pencucian hanya dilakukan sekali, saat gabah kopi basah keluar dari pengupas kulit. Gabah kopi ditampung dalam tandon berisi air dan kemudian diaduk supaya lendirnya berkurang. Gabah yang mengambang dibuang, dan gabah yang tenggelam disimpan dalam gudang selama 12 hingga 36 jam sebelum akhirnya dijemur. Pada proses ini, lendir tidak dihilangkan sepenuhnya melalui pencucian dan perendaman pada air bersih. Di banyak tempat di Indonesia, ini adalah kebiasaan (Farah, 2009).

Pengupasan daging buah ceri kopi dengan mesin adalah langkah pertama dalam metode giling basah. Setelah dikupas, biji kopi harus direndam di dalam air selama satu hingga dua jam agar bersih. Setelah direndam, angkat dan jemur. Pada titik ini, biji kopi harus sering dibalik untuk memastikan tingkat kekeringannya sama. Proses penjemuran tahap pertama memakan waktu sekitar dua hingga tiga hari hingga kulit *parchment* terbuka. Saat kulit *parchment* terbuka, biji kopi akan mengering lebih cepat daripada proses basah. Setelah itu, kulit *parchment* dikupas. Pengupasan ini

dilakukan dengan menggunakan huller, seperti yang dilakukan dalam proses basah. Proses penjemuran kedua akan dilakukan pada biji kopi setelah selesai. Kopi dijemur hingga kadar airnya mencapai 10-12%. Nilai ini merupakan angka standar yang digunakan industri kopi untuk mencegah kopi menjadi busuk atau rusak karena terlalu kering. Metode basah akan memberikan aroma tanah yang pahit/bitter tetapi metode semi basah sedikit berbeda. Aroma tanah ini memiliki profil yang kuat dan aroma spicy. Untuk campuran espresso, biasanya menggunakan biji kopi yang dihasilkan dari pengolahan semi basah (Batista et al., 2015; Yani & Novitasari, 2022).

2.2.5. Proses Madu (*Honey/Pulped Kering*)

Pemrosesan madu adalah kombinasi dari proses kering dan basah, buah kopi digiling secara mekanis dan dikeringkan tanpa lendir (Vinícius de Melo Pereira et al., 2017). Proses madu termasuk dalam klasifikasi proses hibrida dan merupakan favorit penyeduh dan prosesor (Amalia et al., 2021; Lee et al., 2015). Jika dilakukan dengan benar, proses pengolahan ini dapat mempertahankan karakter dasar biji dan menambahkan rasa manis dan kompleks pada biji kopi. Pengupasan kulit buah kopi, atau pulp, adalah langkah pertama dalam proses ini. Pengupasan ini dapat melibatkan air atau tidak. Kulit buah yang terkupas dan masih berlendir dijemur hingga kering. Dalam proses penjemuran, lendir kopi berubah menjadi plasma lengket yang menyerupai madu, itulah sebabnya diberikan nama "madu". Karakter akhir biji kopi ditentukan oleh jumlah lendir yang masih menempel pada gabah kopi setelah kulitnya dikupas (Herawati et al., 2022). Karena lendir dikeringkan bersama biji kopi, proses ini disebut "proses madu", dan setelah pengeringan, menghasilkan aroma seperti madu atau gula. Metode ini menghilangkan kulit dan pulpa dengan mesin depulper, meninggalkan jumlah lendir dari 20% hingga 80%. Polisakarida (selulosa dan non-selulosa), pektin, dan monosakarida (glukosa, mannose, xilosa, arabinosa, galaktosa, fruktosa, rhamnosa, dan asam uronat) adalah komponen lendir yang menyebabkan bau gula pada kopi semi kering (Avallón et al., 2001; Bastian et al., 2021). Pengolahan madu mengurangi rasa dan keasaman kopi dan membuatnya kurang sensitif terhadap fermentasi dibandingkan dengan pengolahan kering (Ribeiro et al., 2017).

2.2.6. Fermentasi Biji Kopi

Salah satu proses pasca panen yang harus diperbaiki untuk meningkatkan mutu kopi adalah fermentasi. Dibandingkan dengan minuman kopi yang dibuat tanpa difermentasi, kopi fermentasi dapat meningkatkan kualitas sensasi seperti rasa, tekstur, tubuh, dan keasaman (de Sousa et al., 2023; Elhalis et al., 2020). Fermentasi kopi dengan penambahan ragi *Saccharomyces cerevisiae* meningkatkan klasifikasi sensorik minuman kopi dengan efek positif pada kimia dan profil sensorik (de Sousa et al., 2023).

Pada tahap pengolahan buah kopi setelah panen, metode pengolahan kering (fermentasi kering) dan pengolahan basah (fermentasi basah) digunakan. Dalam fermentasi yang dicuci, buah ceri kopi dikuliti sebelum dikeringkan, dan lendir terdegradasi oleh mikroba atau proses mekanis. Dalam fermentasi kering, buah tetap utuh dan tidak dikeringkan (de Oliveira et al., 2018). Selain itu, industri kopi dan produsen pedesaan menggunakan berbagai teknik fermentasi untuk meningkatkan kualitas minuman kopi yang dihasilkan (de Sousa et al., 2023).

Perkebunan kopi rakyat biasanya menggunakan teknologi fermentasi semi basah, dimana membutuhkan tenaga kerja, modal, dan air yang lebih sedikit. Sedangkan teknologi fermentasi basah hanya digunakan oleh perkebunan kopi swasta karena membutuhkan lebih banyak tenaga kerja dan modal.

Buah kopi yang telah dipanen segera diproses, hanya buah yang benar-benar matang (berwarna merah) yang difermentasi. Untuk mencegah kulit kopi pecah, buah kopi direndam sebentar dengan air bersih. Namun dapat juga langsung dipecah kulitnya tanpa melalui perendaman. Waktu antara pemetikan dan fermentasi tidak boleh lebih dari enam jam. Setelah itu, buah digiling dengan mesin pulper, juga dikenal sebagai mesin pulper. Buah yang digiling kemudian ditumpuk atau disimpan pada wadah hingga membentuk kerucut. Gunungan yang dihasilkan dari pulping dibungkus dengan karung atau plastik, dan kemudian dibiarkan selama semalam (12–15 jam). Untuk mempercepat proses fermentasi atau menguatkan cita rasa, buah yang sudah dipulping dapat diberikan bakteri proteolitik atau yeast sebanyak 3%, (komersil. Buah setelah diperam kemudian dicuci dengan air bersih dan dijemur. Jika panasnya cukup, buah dapat dijemur langsung. Selanjutnya,

prosesnya mirip dengan pengolahan kopi biasa, hingga kopi menjadi bubuk. Selama proses fermentasi, tekstur lendir berubah dari kental dan licin menjadi encer dan cair. Hal ini disebabkan zat pektin secara luas terdegradasi oleh mikroflora alami atau enzim kopi endogen (Avallón et al., 2001).

2.3. Penyangraian Kopi

Penyangraian adalah proses yang sangat kompleks di mana kopi dipanaskan pada suhu tinggi hingga 300 °C. Banyak perubahan fisik, fisikokimia, dan kimiawi terjadi selama proses ini, dan senyawa volatil yang dihasilkan memberikan rasa kopi. Pada saat yang sama, sejumlah senyawa nonvolatil secara langsung meningkatkan rasa, dengan karakteristik seperti kepahitan, astringency, dan manis, dan juga dapat berfungsi sebagai prekursor untuk senyawa volatil. Senyawa nonvolatil ini termasuk trigonelline, chlorogenic acid, caffeine, lipid, polisakarida, dan protein. Prekursor kimia adalah senyawa apa pun yang terlibat dalam reaksi apa pun yang dapat menghasilkan senyawa lain. Oleh karena itu, istilah "prekursor" sering digunakan secara salah. Namun, dalam sistem kontinu dan kompleks seperti pemanggangan, senyawa yang dihasilkan dalam reaksi pertama kemudian dapat berpartisipasi dalam kaskade reaksi, menghasilkan senyawa lain (Toledo et al., 2016).

Pada tahap awal penyangraian, uap air dibuang dengan suhu penyangraian 100 °C. Kemudian, proses berlanjut ke tahap pirolisis, di mana komponen kimia berubah dan berat turun 10%. Proses penyangraian berlangsung antara lima dan tiga puluh menit. Sampel yang sudah matang sesuai standar segera diambil dan digiling menggunakan metode standar. Selama proses pendinginan, sedikit air ditambahkan ke biji kopi untuk mempercepat proses pendinginan dan meningkatkan keseragaman ukuran partikel pada penggilingan berikutnya. Pada akhir proses, roaster menambahkan air ke biji dalam drum penyangrai (Wang & Lim, 2015).

Reaksi Maillard, Strecker, hidrolisis, dan pirolisis adalah reaksi utama yang menyebabkan perubahan pada kopi selama proses penyangraian. Reaksi Maillard terjadi antara gula yang direduksi dan asam amino atau protein (Toledo et al., 2016). Degradasi termal dan reaksi Maillard, yang diamati selama proses penyangraian,

dianggap sebagai faktor terbesar yang menyebabkan perubahan sifat fisik dan komponen kimia biji kopi (Wang & Lim, 2017). Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengetahui bagaimana penyangraian mempengaruhi senyawa volatil dan kualitas akhir kopi (Franca et al., 2009; Moon & Shibamoto, 2009; J. S. Ribeiro et al., 2013; Somporn et al., 2011).

Aroma mempengaruhi sifat organoleptik dan daya tarik kopi. Selama proses penyangraian, aroma kopi berkembang, dan komponennya sangat tergantung pada spesies, varietas, dan asal biji mentah, serta kondisi operasi, terutama suhu dan waktu. Oleh karena itu, untuk menjaga kualitas kopi yang stabil dan mendapatkan rasa dan aroma industri yang diinginkan, pemantauan proses penyangraian merupakan tugas yang tidak dapat dihindari. Beberapa sifat kimia dan fisik yang terjadi selama proses penyangraian kopi ditandai oleh tingkat penyangraian. Sifat-sifat yang paling terkenal dari proses ini adalah perubahan komponen kimia, warna luar biji, dan perkembangan karakteristik sensorik (Ruosi et al., 2012).

Kondisi proses selama penyangraian, terutama suhu biji kopi sebagai fungsi perpindahan panas, sangat memengaruhi sifat fisik dan kimia kopi sangrai. Semua jenis perpindahan panas terjadi selama penyangraian, tetapi konveksi paling efektif dan paling tepat untuk penyangraian seragam. Penyangraian *fluidizing-bed* memungkinkan perpindahan panas konvektif yang hampir eksklusif, yang memungkinkan penyangraian cepat dan menghasilkan kopi dengan kepadatan rendah dan hasil tinggi (Aggenstoss et al., 2008). Penguapan air selama penyangraian menghasilkan tekanan gas yang mendorong ekspansi sel dalam biji kopi. Dalam kondisi ini, matriks antar dan intraseluler mudah hancur, yang menghasilkan struktur berpori pada biji kopi sangrai (Fadai et al., 2017).

Tingkat penyangraian menunjukkan bagaimana kondisi penyangraian mempengaruhi kondisi biji kopi sangrai. Tingkat sangrai dapat diukur melalui perkembangan warna, penurunan berat akibat penyangraian, penurunan bahan organik, dan kadar air. (Aggenstoss et al., 2008). Beberapa tahapan penyangraian yaitu penyangraian light (*light roast*), medium (*medium roast*), penyangraian medium-dark (*medium dark-roast*), dan penyangraian hitam (*dark roast*). Secara komersial, suhu yang dibutuhkan untuk tiga derajat pemanggangan kopi (terang,

sedang, dan gelap) harus antara 195 °C dan 245 °C (Wu et al., 2022). *Medium roast* memiliki warna biji yang lebih sedikit kecoklatan dan tidak memiliki minyak di permukaannya, tetapi permukaannya sedikit lebih halus dibandingkan *light roast*. Olahan yang dihasilkan dari *medium roast* juga memiliki rasa, aroma, dan keasaman yang lebih seimbang. Biji hasil olahan *medium roast* juga mengalami penurunan kadar kafein, tetapi masih mengandung lebih banyak kafein daripada biji hasil olahan *dark roast*. Penyangraian *medium roast* biasanya dilakukan pada suhu 210–220 °C. Ini memasuki fase antara akhir retak pertama dan awal retak kedua. Warna yang lebih gelap dan sedikit minyak yang muncul di permukaan biji adalah ciri *medium to dark roast*. Jika dibandingkan dengan *light roast* atau *medium roast* maka *medium dark roast* sangat berbeda. Proses penyangraian *medium to dark* berada di fase awal retakan kedua, atau di tengah retakan kedua, dan menggunakan suhu 225 °C atau 230 °C. Aroma gosong dan rasa kopi yang sedikit pedas muncul pada tahap penyangraian *medium to dark roast*. Biji *dark roast* biasanya berwarna coklat tua, seperti cokelat, atau terkadang hampir hitam. Kilau minyak di permukaannya terlihat di cangkir saat biji *roast dark* diseduh. Proses sangrai kopi menghilangkan rasa orisinilnya. Kopi memiliki rasa pahit, bau asap, dan rasa gosong. Jumlah kadar kafein pada olahan *dark roast* secara substansi pun menurun. Untuk mencapai tingkat *dark roast*, biji kopi disangrai ke dalam suhu 240 °C atau lebih sekitar akhir retak kedua.

Beberapa tahapan yang terjadi pada proses penyangraian kopi adalah setelah fase pengeringan, rasa dan warna biji kopi mulai berkembang. Setelah suhu biji kopi mencapai hampir 200 °C, reaksi eksotermik seperti reaksi Maillard dapat terjadi dalam biji kopi. Proses ini menghasilkan warna, rasa, dan aroma biji kopi sangrai yang unik. Selain itu, karbon dioksida diproduksi di dalam biji kopi, yang menyebabkan biji kopi membengkak. "Retak Pertama" (*first crack*) dapat diamati di beberapa titik penting dari fase ini. Sementara penjelasan fisik lengkap tentang *first crack* belum ada, suara letupan letupan yang berbeda dapat didengar, tidak seperti suara *popping popcorn*. Setelah *first crack*, warna kacang menjadi lebih gelap dan aromanya menjadi lebih kuat. Kemudian, sebuah "*second crack*", yang mirip dengan suara gertakan, terjadi ketika kacang menjadi sangat gelap. Untuk industri, proses penyangraian biasanya berakhir pada retak pertama dan kedua.

Sebelum retak pertama, rasa dan aroma biji kopi belum sepenuhnya berkembang, dan setelah retak kedua, biji kopi dianggap terbakar, menghasilkan rasa dan aroma yang tidak diinginkan (Fadai et al., 2017).

2.4. Kandungan Kimia Kopi

Dalam biji kopi (*green bean*) terkandung polisakarida tidak larut (50%), karbohidrat larut (6-12%), lipid (8-18%), protein dan asam amino bebas (9-12%), mineral (3-5%), dan polifenol. Golongan alkaloid yang paling penting pada *green bean* adalah kafein yang jumlahnya dipengaruhi oleh kondisi pertumbuhan dan varietas, juga (Debastiani et al., 2019; Dippong et al., 2022; Janda et al., 2020; Santini et al., 2011; Tugnolo et al., 2019; Yashin et al., 2017). Selain itu teknik pertanian, iklim, panen, dan prosedur pasca panen menentukan komponen *green bean*.

Reaksi Maillard, degradasi Strecker, karamelisasi karbohidrat, dan oksidasi adalah beberapa dari banyak reaksi kimia yang terjadi selama penyangraian yang menghasilkan campuran senyawa aroma yang kompleks. *Green bean* atau kopi sangrai mengandung senyawa seperti asam, aldehida, alkohol, senyawa sulfur, senyawa fenolik, pirazin, piridin, tiofena, pirol, dan furan (Yang et al., 2016).

Karbohidrat yang mendominasi *green bean* (60% berat kering) terdiri dari polisakarida larut dan tidak larut seperti selulosa, arabinogalactan, dan galactomannan. Oligosakarida seperti stachyose dan raffinose, disaccharides seperti sukrosa, dan monosakarida seperti glukosa, galaktosa, arabinosa, fruktosa, mannose, manitol, xilosa, dan ribosa. Beberapa dari karbohidrat juga ditemukan pada kulit buah dan pericarp kopi (Hu et al., 2001; Ludwig et al., 2014; Mazzafera, 1999). Kandungan lipid biji kopi Arabika lebih tinggi daripada Robusta, menyumbang 8–18% dari bahan keringnya. 75% lipid kopi terdiri dari trigliserida. Lipid lainnya termasuk sterol (seperti stig-masterol dan sitosterol), asam lemak (seperti linoleat, linolenat, oleat, palmitat, stearat, arakidik, lignoceric dan behenic), diterpen pentasiklik (seperti cafestol dan kahweol) dan asil triptamida lemak yang ditemukan dalam lilin kopi (Kurzrock & Speer, 2001a; Ludwig et al., 2014). 16-19% berat kering *green bean* terdiri dari protein, peptida, dan asam amino bebas.

Lisin, asam aspartat, asam glutamat, alanin, dan asparagin adalah asam amino utama, baik terikat protein maupun bebas (Hu et al., 2001).

Selain itu, *green bean* juga mengandung berbagai fenol (poli), yang lebih tinggi ditemukan pada kopi Robusta daripada Arabika, dan menyumbang 6-10% dari berat kering. Komponen utama adalah chlorogenic acid (CGA), terutama asam caffeoylquinic (CQA), yang paling umum adalah 5-CQA. Ada juga jumlah asam feruloylquinic dan dicaffeoylquinic yang lebih rendah. Mereka dilengkapi dengan lebih dari lima puluh asam cinnamoylquinic lainnya yang terkait struktural, serta beberapa konjugat asam cinnamoyl-amino dan cinnamoyl-glikosida, asam konjugat dan cinnamoyl-glikosida (Ludwig et al., 2014; Marinas et al., 2010). Selain itu, beberapa asam cinnamoylshikimic telah diidentifikasi dan diukur (Jaiswal et al., 2014). Kadar chlorogenic acid *green bean* Robusta lebih tinggi, mencapai 7,0–14,4%, dibandingkan dengan *green bean* Arabika, yang hanya mencapai 4,0–8,4% (Farah & Donangelo, 2006). Chlorogenic acid berkontribusi pada pembentukan aroma dan keasaman minuman kopi, serta mempengaruhi kualitas cangkir kopi (Sualeh et al., 2020).

Dalam kopi sangrai, beberapa senyawa volatil dapat ditemukan, termasuk alkohol, aldehida, ester, furan, keton, fenol, pirazin, piridin, pirol, dan senyawa belerang, yang mempengaruhi sensasi kopi (De Vivo et al., 2022; Yu et al., 2021). Polifenol, sumber antioksidan penting, ditemukan dalam buah-buahan, sayuran, sereal, dan minuman tanaman seperti anggur merah, teh, kakao, dan kopi. Proses penyangraian biji kopi mempengaruhi profil polifenol melalui reaksi Maillard dan memberikan rasa dan aroma yang menyenangkan (Corso & Benassi, 2015; Santini et al., 2011). Selain itu, kopi adalah sumber mikronutrien dan unsur-unsur penting seperti K, Ca, P, Fe, Mn, Zn, dan Cu (Debastiani et al., 2019). Selain itu penyangraian kopi mempengaruhi jumlah chlorogenic acid yang ada di dalamnya. Disebabkan oleh pemanasan suhu tinggi, kandungan chlorogenic acid biji kopi hijau turun sebesar 54% dari 4,22 gram per 100 gram setelah disangrai (Sualeh et al., 2020).

Selama penyangraian terjadi penurunan kadar karbohidrat biji kopi, protein, CGA, dan hampir total kehilangan asam amino bebas. Kadar lipid kasar, mineral, dan asam alifatik juga turun, meskipun kadar asam alifatik terkadang ada yang sedikit

meningkat. Caffein tetap stabil selama pemanggangan jika dibandingkan dengan CGA (Ludwig et al., 2014). Caffein adalah senyawa bioaktif yang banyak terdapat pada kopi, yang paling dikenal dan dipelajari dan di antaranya yang bersifat psikostimulan (Caporaso et al., 2018; Clark & Landolt, 2017). Caffein murni adalah serbuk putih berbentuk prisma hexagonal yang tidak berbau dan pahit.

2.5. Liquid Chromatography Mass Spectrometry (LC- MS)

Kromatografi cair-spektrometri massa (UPLC- MS/MS) adalah salah satu teknis analisis yang dapat menggabungkan kemampuan kromatografi cair (HPLC) dengan kemampuan spektrometri massa (MS) dengan analisis massa. Spektrometri massa memberikan informasi spektral yang membantu mengidentifikasi setiap bagian yang terpisah dari campuran, dan kromatografi cair dapat memisahkan campuran yang terdiri dari banyak bagian (Kumar et al., 2016; Niessena & Tinkeb, 1995). Teknik ini memiliki keunggulan dibandingkan metode kimia analisis lainnya karena menghasilkan sensitivitas dan spesifisitas pengukuran yang sangat tinggi. Selain itu, UPLC- MS/MS memiliki kapasitas yang lebih besar untuk menganalisis lebih banyak sampel dalam satu waktu dibandingkan dengan kromatografi gas dan cair kinerja tinggi (HPLC).

Sistem pompa UHPLC, kolom pemisahan, interface ionisasi, sistem MS: vakum, lensa fokus, analyzer, detektor ion, dan sistem data/kontrol adalah komponen utama sistem UPLC- MS/MS. Memiliki kapasitas untuk menghasilkan tekanan 15.000 psi dan diameter pengisi kolom 2,0 μm . Kekuatan sistem bergantung pada koneksi antara spektrometri massa dan UHPLC. Setiap interface dibuat dengan cara yang memungkinkan sampel terionisasi dari eluen UHPLC ditransfer ke spektrometri massa tanpa menggabungkan senyawa yang berbeda. Konfigurasi interface dalam sebagian besar sistem UPLC- MS/MS dapat diubah untuk menghasilkan ion dengan muatan positif atau negatif dari input ion spray atau electrospray (Niessen, 2013)

Tujuan penggunaan spektrometri massa secara utama adalah untuk menentukan berat molekul senyawa yang dipisahkan oleh UHPLC. Kedua dapat digunakan untuk memberikan kesimpulan dari identifikasi struktur suatu senyawa yang dipisahkan berdasarkan studi struktural atau library perbandingan fragmentasi.

Tujuan ketiga adalah untuk menunjukkan keberadaan atau identifikasi senyawa pengotor. Terakhir, analisis elemen berdasarkan studi rasio isotop dijamin dengan spektrometri massa bermassa. Penggunaan sistem analiser khusus resolusi tinggi diperlukan untuk implementasi ini (Harmita, et al., 2019).

UPLC- MS/MS sekarang dapat digunakan untuk analisis rutin dalam banyak bidang, seperti toksikologi klinis dan forensik, pemantauan obat terapeutik (TDM), dan kontrol doping. Kebutuhan akan teknik analitik dan bio-analitik yang lebih kuat yang dapat secara selektif dan akurat membedakan analit target dari campuran kompleksitas tinggi mendorong kemajuan LCMS ini. Dengan kemajuan dalam instrumen, kromatografi cair (LC) dan spektrometri massa (MS) telah menjadi teknik tanda hubung dua dimensi (2D) yang kuat (Kumar et al., 2016).

UPLC- MS/MS umumnya digunakan untuk analisis kuantitatif dan kualitatif pada berbagai bidang :

- pestisida, herbisida, dan insektisida dalam analisis keamanan pangan dan lingkungan, sehingga dalam berbagai area air dan tanah, serta dalam buah-buahan dan sayuran;
- kontaminan lingkungan yang disebabkan oleh surfaktan, agen anti-fouling, pewarna azo (sulfonasi), dan obat-obatan;
- membantu pengembangan obat dalam industri farmasi dengan melakukan analisis kualitatif dan kuantitatif obat yang berfokus pada pengotor dan profil metabolik serta menggambarkan karakteristik penyerapan, distribusi, metabolisme, dan ekskresi (ADME) obat;
- penentuan kadar obat dalam darah pemantauan obat terapeutik di laboratorium klinis di rumah sakit;
- pemeriksaan umum yang tidak diketahui dalam bidang toksikologi dan/atau forensik;
- analisis doping olahraga;
- analisis makanan yang berfokus pada bahan makanan dan keamanan pangan (pestisida dalam sayuran dan buah-buahan serta sisa obat hewan dalam makanan hewan);

- analisis metabolit molekul kecil dalam sistem kehidupan, seperti metabolit seluler dan produk alami seperti alkaloid, polifenol seperti flavonoid, mikotoksin, neurotoksin, prostaglandin (fosfo) lipid; Analisis biomakromolekul untuk senyawa biokimia penting seperti peptida, protein, (oligo) sakarida, dan (oligo) nukleotida (Niessen, 2013).

Untuk menggambarkan profil metabolit, sebagian besar studi metabolomik modern menggunakan kromatografi cair (LC) atau kromatografi gas (GC) dikombinasikan dengan spektrometri massa (MS). Di sisi lain, sidik jari metabolit dapat diidentifikasi dengan menggunakan infus langsung MS, spektroskopi NMR, dan spektroskopi inframerah tanpa memisahkan konstituen sampel sebelumnya. Seperti yang ditunjukkan oleh kontribusi pada profil karotenoid yang dipermasalahkan, teknik tambahan seperti LC dengan deteksi ultraviolet dapat digunakan untuk melengkapi metode ini. Selain itu, keragaman kimia yang luar biasa dari zat yang terkandung dalam sampel biologis memberikan sejumlah platform analitis yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi berbagai metabolit. Data dari platform metabolomik harus diintegrasikan jika lebih dari satu metode analisis digunakan. Koleksi ini membahas topik ini di bidang keamanan pangan melalui studi non-target GC-MS untuk pembuatan menggunakan dua metode berbeda (Schuhmacher et al., 2013; Souard et al., 2018).

Dengan menggunakan UPLC- MS/MS, 18 kelas senyawa telah ditemukan dalam *green bean* dan 20 kelas senyawa dalam kopi sangrai. Asam quinic, alkaloid, asam amino, dan kumarin adalah kelompok senyawa yang dominan dalam *greebean* (Yulianti et al., 2023). Dengan menggunakan LC/MS, (Kurzrock & Speer, 2001b) menemukan ester asam lemak kahweol dalam kopi Arabika. Kelebihan UPLC-MS/MS adalah memungkinkan analisis lebih lanjut dari berbagai bahan, seperti senyawa termal labil, senyawa bermassa molekul tinggi, atau bahkan protein. Kemudian, elemen elusi kolom kromatografi dikirim ke spektrometer massa melalui antarmuka khusus. Alat ini digunakan untuk memisahkan analit dari analit berdasarkan kepolarannya. Alat ini terdiri dari larutan tertentu, yang berfungsi sebagai fasa gerak tekanan tinggi, dan kolom, yang berfungsi sebagai fasa diam. Larutan mendorong fasa gerak. Campuran analit akan berbeda tergantung pada

kepolarannya dan kecepatannya untuk sampai ke detektor (waktu retensi). Ini akan terlihat pada spektrum dengan puncak terpisah.

2.6. Karakteristik Mutu dan Sensori Kopi

Dalam perdagangan kopi internasional, mutu dipengaruhi oleh 60% proses pascapanen (40% proses primer dan 20% proses sekunder) dan 40% faktor geografis (Yulianti et al., 2023). Kualitas minuman kopi berkorelasi langsung dengan komponen kimia buah kopi, faktor genetik (spesies dan varietas), dan nilai market biji kopi, praktik budaya (konduksi dan manajemen budaya) karakteristik edafoklimatik (de Melo Pereira et al., 2019) dan bentuk panen dan pengolahan pasca panen (Pereira et al., 2020).

Untuk menjamin mutu kopi, Badan Standarisasi Nasional (BSN) telah menetapkan enam Standar Nasional Indonesia (SNI). Diharapkan SNI ini akan membantu kopi Indonesia bersaing lebih baik di pasar global. Keenam SNI kopi tersebut adalah kopi bubuk SNI 01-3542-2004, biji kopi SNI 2907-2008, kopi celup SNI 01-4282-1996, kopi susu gula dalam kemasan SNI 6685:2009, kopi gula krimer dalam kemasan SNI 7708:2011, kopi mix SNI 01-4446-1998

Karakteristik yang ada pada kopi menunjukkan mutu kopi. Karakteristik kopi adalah karakteristik yang dapat diamati, diukur, dan merupakan komponen penting dari mutu kopi. Mutu fisik kopi mengacu pada SNI No.01-2907-2008 Kopi dikategorikan menjadi tujuh tingkat mutu: mutu 1, mutu 2, mutu 3, mutu 4a, mutu 4b, mutu 5, dan mutu 6 (BSN (Badan Standardisasi Nasional), 2008).

Rasa kopi sangat kompleks dan berasal dari lebih dari 700 senyawa kimia yang telah diidentifikasi. Karakteristik biologis dan fisik kopi sangat bergantung pada kultivar, kematangan buah, lokasi tumbuh geografis, produksi, pemanggangan, dan persiapan penyeduhan (Dewettinck et al., 2001; Roberts et al., 2000). Selain itu biji kopi menghasilkan senyawa volatile dan non volatil. Komponen senyawa volatil pada kopi sangrai merupakan salah satu faktor terpenting yang menentukan karakter dan kualitas kopi (Wongsa et al., 2019). Sejumlah besar penelitian telah dilakukan untuk menjelaskan bahan kimia volatil dan non-volatile yang ada dalam

kopi, yang dapat memengaruhi rasanya. Beberapa variabel, termasuk suhu penyangraian, waktu, metode penyangraian, dan proses pengering, mempengaruhi komponen volatil (Mestdagh et al., 2014; J. S. Ribeiro et al., 2011; Yeretizian et al., 2002). Pembentukan dan degradasi berbagai volatil serta kualitas akhir kopi dipengaruhi oleh derajat penyangraian (Moon & Shibamoto, 2009).

SCAA (*Specialty Coffee Association of America*) menetapkan standar analisis citarasa untuk penilaian kualitas kopi. Dalam analisis ini, panelis menyeruput kopi yang telah diseduh ke dalam cangkir atau mangkok khusus untuk menilai sifat sensoris kopi. Uji citarasa, juga disebut sebagai uji cangkir, dilakukan oleh panelis (Anonym, 2015; Błaszkiwicz et al., 2023; Widyasari, 2023). SCAA merekomendasikan standar ini untuk kopi cupping. Pedoman ini akan memastikan kemampuan untuk menilai kualitas kopi secara paling akurat.

Dalam rantai industri kopi, *cupping* adalah bagian yang sangat penting. Tujuan utama cupping test adalah mengevaluasi kopi secara objektif dan dapat direplikasi. Menggambarkan rasa profile dengan menggunakan kata-kata (atribut) dan nilai-nilai yang terkait dengan intensitas masing-masing atribut (mencari objektivitas), tidak terbatas untuk penyukai kopi (Wintgens & Zamarripa, 2008). Komponen kualitas cangkir termasuk aroma atau bau saat diseduh (aroma), rasa di lidah (rasa), rasa yang tertinggal di mulut (*aftertaste*), asin atau asam, rasa pahit atau manis, viskositas (*body*), keseragaman rasa setiap cangkir (*uniformity*), aspek keseimbangan rasa (*balance*), kesan rasa bersih (*general impression*), dan aspek rasa secara keseluruhan (*overall impression*) (Martono & Purwanto, 2021).

Atribut dasar yang dievaluasi dalam *cupping test* adalah: aroma, rasa, tubuh dan keasaman. Karakteristik kopi digambarkan dengan istilah berikut:

1. Aroma - bau atau aroma yang dirasakan oleh hidung. Perbedaan dapat diamati dalam dua fase: aroma kopi yang baru digiling dan "aroma dalam cangkir" yang muncul ketika air bersentuhan dengan kopi bubuk selama tiga hingga empat menit.

2. Rasa (*taste*)—yang dirasakan oleh lidah;
3. *Flavor*—yang merupakan kombinasi dari aroma dan taste. *Flavor* (rasa) yang berkontribusi pada kualitas kopi dijelaskan seperti anggur (*winey*) , pedas (*spicy*) , dan harum (*fragrant*). *off-flavor* seperti rumput (*grassy*), bawang (*onion*), apak (*musty*), *earthy*, mengurangi kualitas kopi.
4. *Body* adalah perasaan berat atau kaya di lidah.
5. Keasaman (*acidity*) adalah rasa yang tajam dan menyenangkan yang bervariasi dari manis hingga fruity atau citrus, dan dianggap sebagai atribut yang bermanfaat (Wintgens & Zamarripa, 2008).

III. KERANGKA PEMIKIRAN DAN HIPOTESIS

3.1. Kerangka Pemikiran

Provinsi Lampung merupakan sentra produksi kopi Robusta di Indonesia yang tersebar luas di Kabupaten Lampung Barat dan Tanggamus. Selain diproses menjadi kopi bubuk untuk pasar lokal, sebagian besar biji kopi Lampung diekspor ke beberapa negara diantaranya Amerika Serikat, Jepang, Filipina, dan Kanada.

Mengingat kebutuhan pasar terhadap kopi Robusta semakin meningkat baik dalam bentuk *green bean* maupun kopi bubuk untuk konsumsi kopi lokal, maka dibutuhkan kopi dengan kualitas tinggi dan memiliki keunikan tersendiri agar dapat dicintai oleh para konsumen. Selain itu dalam industri kopi yang kompetitif, pengetahuan mendalam tentang pola komponen kimia dan karakteristik mutu kopi terutama kopi Tanggamus dari beberapa klon dan cara pengolahan, memungkinkan produsen untuk membedakan produk mereka dari yang lain. Mereka dapat mengkomunikasikan profil rasa, aroma, keasaman, dan kekentalan kopi Tanggamus secara jelas kepada konsumen, yang membantu menciptakan identitas produk yang unik dan meningkatkan daya tarik konsumen. Klon kopi Robusta Tanggamus yang memiliki profil kimiawi dan kualitas yang unggul dapat diidentifikasi dengan melakukan analisis pola komponen kimia dan karakteristik mutunya.

3.2. Hipotesis

Hipotesis yang diajukan pada penelitian ini meliputi :

1. Terdapat perbedaan komponen kimia dan karakteristik mutu *green bean* pada berbagai klon lokal Tanggamus yang diolah secara kering dan semi basah.
2. Terdapat perbedaan dalam komponen kimia dan karakteristik mutu kopi sangrai berbagai klon kopi lokal Tanggamus yang diolah secara kering dan semi basah.
3. Terdapat klon kopi tertentu yang menunjukkan pola komponen kimia dan karakteristik mutu yang unggul yang diolah secara kering dan semi basah.

IV. TAHAPAN DAN RUANG LINGKUP PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dalam tiga tahap, mencakup ruang lingkup berikut, untuk menjawab masalah dan tujuan penelitian serta membuktikan hipotesis:

4.1. Tahap Pertama

Judul penelitian pada tahap pertama adalah : Pola komponen kimia kopi biji (*green bean*) berbagai kopi Robusta lokal Tanggamus. Beberapa tahapan kegiatan yang akan dilakukan yaitu :

a. Perencanaan Penelitian:

- Menentukan tujuan dan pertanyaan penelitian, serta ruang lingkup dan jumlah sampel yang akan digunakan.

b. Pengumpulan Sampel:

- Sampel biji kopi hijau dikumpulkan dari berbagai klon Robusta Tanggamus lokal yang diproses secara kering (alami) dan semi basah. Pengumpulan sampel dilakukan dengan hati-hati untuk memastikan integritas sampel.

c. Persiapan Sampel:

- Mempersiapkan sampel biji kopi yang telah dikumpulkan untuk analisis menggunakan metode UPLC- MS/MS
- Melakukan pengeringan dan penggilingan biji kopi untuk mendapatkan sampel yang sesuai dengan persyaratan analisis.

d. Analisis Komponen Kimia menggunakan UPLC- MS/MS:

- Menggunakan metode analisis Liquid Chromatography-Mass Spectrometry (UPLC-MS/MS) untuk mengidentifikasi dan mengukur komponen kimia dalam sampel biji kopi.

- Menganalisis komponen-komponen seperti chlorogenic acid, caffein, lipid, protein, karbohidrat, dan zat-zat lain yang relevan.
- e. Pengolahan dan Interpretasi Data:
- Data hasil analisis diproses menggunakan UPLC-MS/MS yang sesuai.
 - Mempelajari pola komponen kimia dari sampel biji kopi yang diproses secara kering dan semi basah.
 - Membandingkan komponen kimia dan metode pengolahan kopi Robusta Tanggamus lokal yang berbeda.
- f. Interpretasi Hasil dan Kesimpulan:
- Menafsirkan hasil analisis komponen kimia berdasarkan perbandingan dan perbedaan yang ditemukan antara sampel-sampel.
 - Membuat kesimpulan berdasarkan temuan penelitian dan menjawab pertanyaan penelitian yang diajukan.
- g. Pelaporan Penelitian:
- Membuat laporan tentang penelitian yang mencakup latar belakang, tujuan, metode, hasil, dan kesimpulan.
 - Menyajikan hasil dan data penelitian dengan jelas dan akurat.
 - Berdasarkan hasil penelitian, membuat saran yang relevan.

Ruang lingkup penelitian ini meliputi:

- a. Mengumpulkan sampel biji kopi Robusta klon lokal Tanggamus yang diproses secara kering (kering) dan semi basah.
- b. Analisis komponen kimia biji kopi menggunakan teknik UPLC-MS/MS analysis.
- c. Dengan menggunakan metode pengolahan kering dan semi basah, menemukan pola komponen kimia yang unik dari berbagai klon lokal kopi Robusta Tanggamus.
- d. Menginterpretasikan hasil analisis dan kesimpulan dengan mempertimbangkan hasil penelitian.

4.2 Tahap Kedua

A. Penelitian kedua akan dilaksanakan dengan judul: Pola komponen kimia kopi sangrai berbagai kopi Robusta lokal Tanggamus. Beberapa tahapan penelitian yang akan dilakukan adalah :

1. Persiapan Sampel:

- Mempersiapkan sampel biji kopi (*green bean*) yang telah dikumpulkan untuk digunakan sebagai sampel kopi sangrai dalam tingkat sangrai *medium to dark*.

2. Proses Sangrai:

- Menyangrai sampel biji kopi dengan tingkat peyangraian *medium to dark*, sesuai dengan metode yang ditetapkan.

3. Analisis Komponen Kimia menggunakan UPLC- MS/MS:

- Mengidentifikasi dan mengukur bahan kimia dalam sampel kopi sangrai dengan menggunakan metode analisis Ultra Performance Liquid Chromatography-Mass Spectrometry/MS (UPLC-MS/MS).
- Menganalisis komponen-komponen seperti chlorogenic acid, kafein, lipid, protein, karbohidrat, dan lainnya.

4. Pengolahan dan Interpretasi Data:

- Mengolah data hasil analisis menggunakan UPLC- MS/MS yang sesuai.
- Menganalisis pola komponen kimia dari sampel kopi sangrai dengan tingkat sangrai *medium to dark* yang berasal dari berbagai klon lokal kopi Robusta Tanggamus yang telah melalui proses pengolahan yang berbeda (kering dan semi basah).
- Membandingkan komponen kimia antara sampel-sampel untuk mengidentifikasi perbedaan signifikan.

5. Interpretasi Hasil dan Kesimpulan:

- Menginterpretasikan hasil analisis komponen kimia dengan mempertimbangkan perbandingan dan perbedaan antara sampel dengan tingkat sangrai yang berbeda.

- Membuat kesimpulan berdasarkan temuan penelitian dan menjawab pertanyaan penelitian yang diajukan.

Penelitian kedua akan menganalisis pola komponen kimia kopi sangrai dari berbagai klon lokal kopi Robusta Tanggamus yang diproses secara kering dan semi basah. Type tingkat sangrai yang dilakukan adalah *medium to dark*. Metode analisis UPLC-MS/MS digunakan dalam penelitian ini untuk mengidentifikasi dan mengukur unsur-unsur kimia yang ada dalam kopi sangrai. Hasil analisis akan digunakan untuk memahami perbedaan komponen kimia dan bagaimana hal itu berdampak pada karakteristik sensori kopi.

4.3. Tahapan Ketiga

Judul penelitian pada tahap ketiga adalah : Karakteristik mutu dan sensori berbagai kopi bubuk Robusta Lokal Tanggamus. Beberapa tahapan kegiatan yang akan dilakukan adalah :

1. Persiapan Sampel:
 - Mempersiapkan sampel biji kopi untuk disangrai dan dijadikan kopi bubuk.
2. Analisis Karakteristik Mutu:
 - Analisis karakteristik mutu kopi biji dan kopi bubuk Robusta dilakukan dengan menggunakan Standar Nasional Indonesia (SNI) sebagai acuan.
3. Analisis Karakteristik Sensori (*Cupping Test*):
 - Analisis karakteristik sensori kopi menggunakan metode tes cupping dengan panel pengecap yang terlatih.
4. Pengolahan dan Interpretasi Data:
 - Mengolah data dari analisis karakteristik mutu dan sensori menggunakan metode statistik yang sesuai.
 - Mengevaluasi perbedaan antara berbagai klon lokal kopi bubuk Robusta Tanggamus dari segi karakteristik mutu dan sensori.

IX. KESIMPULAN UMUM, SARAN DAN IMPLIKASI PENERAPAN

9.1. Kesimpulan Umum

Beberapa kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah:

1. Kopi Robusta lokal dari Tanggamus, Lampung, menunjukkan keanekaragaman dalam karakteristik mutu dan komponen kimia yang dipengaruhi oleh variasi klon serta metode pengolahan pascapanen. Studi ini membandingkan lima klon kopi lokal (Randu Alas, Kasio, Komari, Kopi Hijau, dan Kopi Kuning) dengan pengolahan kering dan semi-basah, serta analisis komponen kimia menggunakan metode UPLC-MS/MS. Hasilnya menunjukkan bahwa pengolahan semi-basah menghasilkan *green bean* dengan mutu yang lebih tinggi dibandingkan pengolahan kering, yang dipengaruhi oleh kontrol kualitas yang lebih baik selama proses pengolahan.
2. Analisis kimia menunjukkan adanya variasi senyawa bioaktif pada setiap klon yang berkontribusi pada karakteristik rasa dan aroma kopi. Metode pengolahan mempengaruhi profil kimia kopi secara signifikan; pengolahan semi basah menghasilkan *green bean* dengan spektrum senyawa kimia yang lebih luas/ kaya yang memberikan kualitas sensoris unik. Perbedaan komponen kimia antara *green bean* dan kopi sangrai juga menunjukkan bahwa proses penyangraian mempengaruhi struktur senyawa, mengakibatkan perubahan profil rasa dan aroma.
3. Secara keseluruhan, penelitian ini menyoroti pentingnya pemahaman tentang pengaruh genetik dan teknik pengolahan terhadap kualitas kopi, memberikan wawasan tentang potensi bioaktif yang unik dari kopi Robusta Tanggamus. Hasil ini dapat mendukung pengembangan kopi Robusta Lampung sebagai produk

unggulan dengan karakteristik yang khas, serta membantu dalam autentikasi dan peningkatan nilai tambah produk kopi dalam pasar global.

9.2. Saran Umum

Berdasarkan hasil penelitian ini, beberapa saran umum yang dapat disampaikan adalah ;

1. Metode semi-basah terbukti meningkatkan kualitas kopi, sehingga petani dapat mempertimbangkan metode ini untuk hasil yang lebih baik.
2. Setiap klon memiliki keunikan. Pemilihan klon yang tepat sesuai kondisi lingkungan dapat meningkatkan mutu kopi.
3. Teknologi seperti UPLC-MS/MS membantu mengenali komponen kimia penting dalam kopi. Penelitian lebih lanjut bisa mengidentifikasi senyawa bernilai tinggi.
4. Hasil *finger print* kimia dapat digunakan untuk menetapkan standar kualitas kopi Robusta lokal, meningkatkan daya saing di pasar.
5. Gunakan metode pengolahan yang berbeda (kering dan semi-basah) untuk menghasilkan variasi produk dengan karakteristik unik.
6. Untuk menjaga kestabilan mutu aroma dan cita rasa serta memperpanjang umur simpan kopi bubuk, disarankan agar produk disimpan pada kadar air rendah, yaitu tidak melebihi 5–7%. Nilai ini mengacu pada batas yang ditetapkan dalam Standar Nasional Indonesia (SNI 01-3542-2004) mengenai kopi bubuk.

9.3. Implikasi Penerapan

1. Dengan mengadopsi pengolahan semi-basah yang dapat meningkatkan kualitas, kopi Robusta lokal akan memiliki nilai jual yang lebih tinggi. Hal ini memberikan dampak ekonomi positif bagi petani, terutama di daerah Tanggamus. Memilih klon berdasarkan karakteristik dan kondisi lingkungan memungkinkan petani memperoleh hasil yang optimal.
2. Meningkatkan akses terhadap teknologi UPLC- MS/MS dan pelatihan analisis kimia lanjut akan memberi nilai tambah dalam proses penelitian dan pengembangan produk kopi. Hal ini membuka peluang kemitraan dengan laboratorium riset, meningkatkan kualitas hasil analisis, dan membuka

potensi produk premium. Penetapan standar kualitas berdasarkan profil kimia membantu memastikan konsistensi kualitas, menjadi nilai tambah dalam pemasaran kopi lokal ke pasar global, di mana konsumen cenderung menghargai kualitas yang konsisten.

3. Dengan menghasilkan kopi dari metode pengolahan yang berbeda, petani dan pengusaha kopi bisa menciptakan produk yang beragam, seperti kopi dengan profil rasa berbeda untuk segmen pasar yang spesifik, baik lokal maupun internasional.
4. Menjaga kadar air kopi bubuk pada kisaran $\leq 5-7\%$ penting untuk mempertahankan aroma dan cita rasa dalam jangka panjang. Pengendalian kelembaban ini mendukung kepuasan dan kepercayaan konsumen terhadap kopi lokal, serta berkontribusi pada keberlanjutan bisnis dan loyalitas konsumen.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdelwareth, A., Zayed, A., & Farag, M. A. (2021). Chemometrics-based aroma profiling for revealing origin, sangrai indices, and brewing method in coffee seeds and its commercial blends in the Middle East. *Food Chemistry*, 349(December 2020), 129162. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129162>
- Adnan, A., von Hörsten, D., Pawelzik, E., & Mörlein, D. (2017). Rapid prediction of moisture content in intact green coffee beans using near infrared spectroscopy. *Foods*, 6(5), 1–11. <https://doi.org/10.3390/foods6050038>
- Aggenstoss, J. U. B., Oisson, L. U. P., Aegi, R. U. T. H. K., Erren, R. A. P., & Scher, F. E. E. (2008). <Coffee Temp.Pdf>. 5836–5846.
- Agustina, T., Silsia, D., & Hidayat, L. (2020). The characteristic of robusta powder coffe in various size types and coffe weight on sachets. *Agritropica : Journal of Agricultural Sciences*, 3(2), 58–69. <https://doi.org/10.31186/j.agritropica.3.2.58-69>
- Agustini, S. (2020). *Sri Agustini Perubahan Sifat Fisika Kimia Kopi Robusta Asal Semendo pada Berbagai Level Penyangraian. Change on the physical and chemical properties of robusta coffee*. 79–86.
- Alixandre, R. D., Alixandre, F. T., de Lima, P. A. M., Fornazier, M. J., Krohling, C. A., Do Amaral, J. F. T., Guarçoni, R. C., da Silva Dias, R., Venturini, C. de F., Macette, H. A., Zandonadi, C. U., & Viçosi, D. B. (2023). Physical and sensorial quality of arabica coffee cultivars submitted to two types of post-harvesting processing. *Coffee Science*, 18. <https://doi.org/10.25186/v18i.2081>
- Alonso-Salces, R. M., Serra, F., Remero, F., & Heberger, K. (2009). Botanical and geographical characterization of green coffee (*Coffea arabica* and *Coffea canephora*): Chemometric evaluation of phenolic and methylxanthine contents. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(10), 4224–4235. <https://doi.org/10.1021/jf8037117>
- Amalia, F., Aditiawati, P., Yusianto, Putri, S. P., & Fukusaki, E. (2021). Gas chromatography/mass spectrometry-based metabolite profiling of coffee beans obtained from different altitudes and origins with various postharvest processing. *Metabolomics*, 17(7), 1–16. <https://doi.org/10.1007/s11306-021-01817-z>

- Anastácio, L. M., da Silva, M. de C. S., Debona, D. G., Veloso, T. G. R., Entringer, T. L., Bullergahn, V. B., da Luz, J. M. R., Moreli, A. P., Megumi, M. C., & Pereira, L. L. (2023). Relationship between physical changes in the coffee bean due to sangrai profiles and the sensory attributes of the coffee beverage. *European Food Research and Technology*, 249(2), 327–339. <https://doi.org/10.1007/s00217-022-04118-4>
- Anonym. (2015). SCAA Protocols Cupping Specialty Coffee. *Specialty Coffee Association of America*, 1–10. <http://www.scaa.org/?page=resources&d=coffee-protocols>
- Artêncio, M. M., Cassago, A. L. L., da Silva, R. K., de Moura Engracia Giralardi, J., & da Costa, F. B. (2023). Untargeted Metabolomic Approach Based on UHPL-ESI-HRMS to Investigate Metabolic Profiles of Different Coffea Species and Terroir. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 33(6), 1251–1262. <https://doi.org/10.1007/s43450-023-00454-y>
- Avallon, S., Guiraud, J. P., Guyot, B., Olguin, E., & Brillouet, J. M. (2001). Fate of mucilage cell wall polysaccharides during coffee fermentation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(11), 5556–5559. <https://doi.org/10.1021/jf010510s>
- Badan Pusat Statistik Lampung 2021. (2021). Provinsi Lampung Dalam Angka 2021. In *BPS Provinsi Lampung* (Vol. 2, Issue 2). <https://lampung.bps.go.id/publication/2021/02/26/443c020eb6a33a394e6d3df4/provinsi-lampung-dalam-angka-2021.html>
- Badan Standardisasi Nasional. (2008). *Biji kopi Badan Standardisasi Nasional*. SNI 01-290, 5–6.
- Badan Standarisasi Nasional. (1992). Cara Uji Makanan dan Minuman SNI 01-2891-1992. In *Sni 01-2891-1992* (p. 36).
- Bagus Widodo, P., Endy Yulianto, M., Dwi Ariyanto, H., & Paramita, V. (2023). Efficacy of natural and full washed post-harvest processing variations on arabica coffee characteristics. *Materials Today: Proceedings*, xxxx. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.02.376>
- Banti, M., & Atlaw, T. (2024). Physicochemical and cup quality of coffee as affected by processing methods and growing locations. *CYTA - Journal of Food*, 22(1). <https://doi.org/10.1080/19476337.2024.2329760>
- Bastian, F., Hutabarat, O. S., Dirpan, A., Nainu, F., Harapan, H., Emran, T. Bin, & Simal-Gandara, J. (2021). From plantation to cup: Changes in bioactive compounds during coffee processing. *Foods*, 10(11), 1–27. <https://doi.org/10.3390/foods10112827>
- Batista, L. R., Chalfoun de Souza, S. M., Silva e Batista, C. F., & Schwan, R. F. (2015). Coffee: Types and Production. In *Encyclopedia of Food and Health* (1st

- ed.). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384947-2.00184-7>
- Baumann, T. W. (2015). *The plant. May*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2059.6645>
- Bertrand, B., Vaast, P., Alpizar, E., Etienne, H., Davrieux, F., & Charmetant, P. (2006). Comparison of bean biochemical composition and beverage quality of Arabica hybrids involving Sudanese-Ethiopian origins with traditional varieties at various elevations in Central America. *Tree Physiology*, 26(9), 1239–1248. <https://doi.org/10.1093/treephys/26.9.1239>
- Bhumiratana, N., Adhikari, K., & Chambers, E. (2011). Evolution of sensory aroma attributes from coffee beans to brewed coffee. *Lwt*, 44(10), 2185–2192. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2011.07.001>
- Błaszkiwicz, J., Nowakowska-Bogdan, E., Barabosz, K., Kulesza, R., Dresler, E., Woszczyński, P., Biłos, Ł., Matuszek, D. B., & Szkutnik, K. (2023). Effect of green and roasted coffee storage conditions on selected characteristic quality parameters. *Scientific Reports*, 13(1), 6447. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-33609-x>
- Brando, C. H. J. (2008). Harvesting and Green Coffee Processing. *Coffee: Growing, Processing, Sustainable Production: A Guidebook for Growers, Processors, Traders, and Researchers*, 604–715. <https://doi.org/10.1002/9783527619627.ch24>
- BSN (Badan Standardisasi Nasional). (2008). SNI 01-2907-2008: Biji Kopi. *Badan Standarisasi Nasional*, 1–16.
- BSN, B. S. N. (2004). SNI 01-3542-2004 SNI Kopi Bubuk. *Standar Nasional Indonesia*, 1–10.
- Buck, N., Wohlt, D., Winter, A. R., & Ortner, E. (2021). Aroma-active compounds in robusta coffee pulp puree—evaluation of physicochemical and sensory properties. *Molecules*, 26(13). <https://doi.org/10.3390/molecules26133925>
- Budiyanto, B., Uker, D., & Izahar, T. (2021). Karakteristik Fisik Kualitas Biji Kopi Dan Kualitas Kopi Bubuk Sintaro 2 Dan Sintaro 3 Dengan Berbagai Tingkat Sangrai. *Jurnal Agroindustri*, 11(1), 54–71. <https://doi.org/10.31186/j.agroindustri.11.1.54-71>
- Buffo, R. A., & Cardelli-Freire, C. (2004). Coffee flavour: An overview. *Flavour and Fragrance Journal*, 19(2), 99–104. <https://doi.org/10.1002/ffj.1325>
- Caporaso, N., Whitworth, M. B., Grebby, S., & Fisk, I. D. (2018). Non-destructive analysis of sucrose, caffeine and trigonelline on single green coffee beans by hyperspectral imaging. *Food Research International*, 106(September 2017), 193–203. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.12.031>
- Chawla, G., & Ranjan, C. (2016). Principle, Instrumentation, and Applications of UPLC: A Novel Technique of Liquid Chromatography. *Open Chemistry Journal*, 3(1), 1–16. <https://doi.org/10.2174/1874842201603010001>

- Cheng, B., Furtado, A., Smyth, H. E., & Henry, R. J. (2016). Influence of genotype and environment on coffee quality. *Trends in Food Science and Technology*, 57, 20–30. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.09.003>
- Cheserek, J. J., Ngugi, K., Muthomi, J. W., Omondi, C. O., & Kathurima, C. W. (2022). Genetic Variability and Correlation of Biochemical and Sensory Characteristics of Coffee. *Journal of Agricultural Science*, 14(2), 95. <https://doi.org/10.5539/jas.v14n2p95>
- Choi, Y. M., Yoon, H. H., & Management, F. S. (2011). 생두 가공법에 따른 에스프레소 커피의 관능 특성. 27(6).
- Clark, I., & Landolt, H. P. (2017). Coffee, caffeine, and sleep: A systematic review of epidemiological studies and randomized controlled trials. *Sleep Medicine Reviews*, 31, 70–78. <https://doi.org/10.1016/j.smrv.2016.01.006>
- Clarke, R. ., & Macrae, R. (1987). *Volume 2: Technology* (Vol. 2).
- Corso, M. P., & Benassi, M. de T. (2015). Packaging attributes of antioxidant-rich instant coffee and their influence on the purchase intent. *Beverages*, 1(4), 273–291. <https://doi.org/10.3390/beverages1040273>
- da Silva, M. C. S., da Luz, J. M. R., Veloso, T. G. R., Gomes, W. dos S., Oliveira, E. C. da S., Anastácio, L. M., Cunha Neto, A., Moreli, A. P., Guarçoni, R. C., Kasuya, M. C. M., & Pereira, L. L. (2022). Processing techniques and microbial fermentation on microbial profile and chemical and sensory quality of the coffee beverage. *European Food Research and Technology*, 248(6), 1499–1512. <https://doi.org/10.1007/s00217-022-03980-6>
- Das, S. (2021). Post-harvest processing of coffee: An overview. *Coffee Science*, 16(January). <https://doi.org/10.25186/v16i.1976>
- de Melo Pereira, G. V., de Carvalho Neto, D. P., Magalhães Júnior, A. I., Vásquez, Z. S., Medeiros, A. B. P., Vandenberghe, L. P. S., & Soccol, C. R. (2019). Exploring the impacts of postharvest processing on the aroma formation of coffee beans – A review. *Food Chemistry*, 272, 441–452. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.08.061>
- de Oliveira, P. D., Biaggioni, M. A. M., Borém, F. M., Isquierdo, E. P., & de Oliveira Vaz Damasceno, M. (2018). Quality of natural and pulped coffee as a function of temperature changes during mechanical drying. *Coffee Science*, 13(4), 415–425. <https://doi.org/10.25186/cs.v13i4.1435>
- de Sousa, L. H. B. P., da Luz, J. M. R., da Silva, M. de C. S., Moreli, A. P., Veloso, T. G. R., Guarçoni, R. C., Moreira, T. R., Barros, M. V. P., Kasuya, M. C. M., Marcate, J. P. P., Brioschi Júnior, D., Gomes, W. dos S., Pereira, L. L., & Oliveira, E. C. da S. (2023). Relationship between sensory and microbial profiles of fermented coffee by dry and washed methods. *Food Chemistry Advances*, 2(March), 100259. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2023.100259>

- De Vivo, A., Balivo, A., & Sarghini, F. (2023). Volatile Compound Analysis to Authenticate the Geographical Origin of Arabica and Robusta Espresso Coffee. *Applied Sciences (Switzerland)*, 13(9). <https://doi.org/10.3390/app13095615>
- De Vivo, A., Genovese, A., Tricarico, M. C., Aprea, A., Sacchi, R., & Sarghini, F. (2022). Volatile compounds in espresso resulting from a refined selection of particle size of coffee powder. *Journal of Food Composition and Analysis*, 114(April), 104779. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2022.104779>
- Debastiani, R., Iochims dos Santos, C. E., Maciel Ramos, M., Sobrosa Souza, V., Amaral, L., Yoneama, M. L., & Ferraz Dias, J. (2019). Elemental analysis of Brazilian coffee with ion beam techniques: From ground coffee to the final beverage. *Food Research International*, 119, 297–304. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.02.007>
- Dewettinck, T., Van Hege, K., & Verstraete, W. (2001). The electronic nose as a rapid sensor for volatile compounds in treated domestic wastewater. *Water Research*, 35(10), 2475–2483. [https://doi.org/10.1016/S0043-1354\(00\)00530-3](https://doi.org/10.1016/S0043-1354(00)00530-3)
- Dias, E. C., Pereira, R. G. F. A., Borém, F. M., Mendes, E., De Lima, R. R., Fernandes, J. O., & Casal, S. (2012). Biogenic amine profile in unripe arabica coffee beans processed according to dry and wet methods. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(16), 4120–4125. <https://doi.org/10.1021/jf2046703>
- Dippong, T., Dan, M., Kovacs, M. H., Kovacs, E. D., Levei, E. A., & Cadar, O. (2022). Analysis of Volatile Compounds, Composition, and Thermal Behavior of Coffee Beans According to Variety and Sangrai Intensity. *Foods*, 11(19). <https://doi.org/10.3390/foods11193146>
- Do Carmo, K. B., Do Carmo, J. C. B., Krause, M. R., Moreli, A. P., & Lo Monaco, P. A. V. (2020). Quality of arabic coffee under different processing systems, drying methods and altitudes. *Bioscience Journal*, 36(4), 1116–1125. <https://doi.org/10.14393/BJ-v36n4a2020-47890>
- Dutra, E. R., Oliveira, L. S., Franca, A. S., Ferraz, V. P., & Afonso, R. J. C. F. (2001). Preliminary study on the feasibility of using the composition of coffee sangrai exhaust gas for the determination of the degree of roast. *Journal of Food Engineering*, 47(3), 241–246. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(00\)00116-3](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(00)00116-3)
- Elhalis, H., Cox, J., Frank, D., & Zhao, J. (2020). The crucial role of yeasts in the wet fermentation of coffee beans and quality. *International Journal of Food Microbiology*, 333, 108796. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2020.108796>
- Eshetu, E. F., Tolassa, K., Mohammed, A., Berecha, G., & Garedew, W. (2022). Effect of processing and drying methods on biochemical composition of coffee (*Coffea arabica* L.) varieties in Jimma Zone, Southwestern Ethiopia. *Cogent Food and Agriculture*, 8(1). <https://doi.org/10.1080/23311932.2022.2121203>
- Fadai, N. T., Melrose, J., Please, C. P., Schulman, A., & Van Gorder, R. A. (2017). A heat and mass transfer study of coffee bean sangrai. *International Journal of*

- Heat and Mass Transfer*, 104, 787–799.
<https://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2016.08.083>
- Farah, A. (2009). Coffee as a speciality and functional beverage. In *Functional and Speciality Beverage Technology*. Woodhead Publishing Limited.
<https://doi.org/10.1533/9781845695569.3.370>
- Farah, A., & Donangelo, C. M. (2006). Phenolic compounds in coffee. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 18(1), 23–36. <https://doi.org/10.1590/S1677-04202006000100003>
- Farah, A., & Dos Santos, T. F. (2015). The Coffee Plant and Beans: An Introduction. In *Coffee in Health and Disease Prevention*. Elsevier Inc.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409517-5.00001-2>
- Farah, A., Monteiro, M. C., Calado, V., Franca, A. S., & Trugo, L. C. (2006). Correlation between cup quality and chemical attributes of Brazilian coffee. *Food Chemistry*, 98(2), 373–380.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.07.032>
- Folmer, B. (2014). How can science help to create new value in coffee? *Food Research International*, 63, 477–482.
<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.03.020>
- Franca, A. S., Oliveira, L. S., Oliveira, R. C. S., Agresti, P. C. M., & Augusti, R. (2009). A preliminary evaluation of the effect of processing temperature on coffee sangrai degree assessment. *Journal of Food Engineering*, 92(3), 345–352. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.12.012>
- Frank, O., Blumberg, S., Kunert, C., Zehentbauer, G., & Hofmann, T. (2007). Structure determination and sensory analysis of bitter-tasting 4-vinylcatechol oligomers and their identification in roasted coffee by means of LC-MS/MS. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(5), 1945–1954.
<https://doi.org/10.1021/jf0632280>
- Freitas, V. V., Borges, L. L. R., Vidigal, M. C. T. R., dos Santos, M. H., & Stringheta, P. C. (2024). Coffee: A comprehensive overview of origin, market, and the quality process. *Trends in Food Science and Technology*, 146(October 2023).
<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2024.104411>
- Freitas, V. V., Rodrigues Borges, L. L., Dias Castro, G. A., Henrique dos Santos, M., Teixeira Ribeiro Vidigal, M. C., Fernandes, S. A., & Stringheta, P. C. (2023). Impact of different sangrai conditions on the chemical composition, antioxidant activities, and color of *Coffea canephora* and *Coffea arabica* L. samples. *Heliyon*, 9(9). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e19580>
- Gloess, A. N., Vietri, A., Wieland, F., Smrke, S., Schönbächler, B., López, J. A. S., Petrozzi, S., Bongers, S., Koziorowski, T., & Yeretizian, C. (2014). Evidence of different flavour formation dynamics by sangrai coffee from different origins:

- On-line analysis with PTR-ToF-MS. *International Journal of Mass Spectrometry*, 365–366, 324–337. <https://doi.org/10.1016/j.ijms.2014.02.010>
- Gokavi, N., Gangadharappa, P. M., Sathish, D., Nishani, S., Hiremath, J. S., & Koulagi, S. (2023). Genetic variability, heritability and genetic advance for quantitative traits of Arabica coffee (*Coffea arabica* L.) genotypes. *Plant Genetic Resources: Characterisation and Utilisation*, 2017. <https://doi.org/10.1017/S1479262123000680>
- Haile, M., & Hee Kang, W. (2020). The Harvest and Post-Harvest Management Practices' Impact on Coffee Quality. *Coffee - Production and Research*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.89224>
- Harmita, AAK. Harahap, Y. S. (2019). Liquid Chromatography-Tandem Mass Spectrometry (LC-MS/MS). In *P.T ISFI Penerbitan* (Issue 1). P.T.ISFI Penerbitan. http://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1091/RED2017-Eng-8ene.pdf?sequence=12&isAllowed=y%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2008.06.005%0Ahttps://www.researchgate.net/publication/305320484_SISTEM_PEMBETUNGAN_TERPUSAT_STRATEGI_MELESTARI
- Hatumura, P. H., de Oliveira, G. S., Marcheafave, G. G., Rakocovic, M., Bruns, R. E., Scarminio, I. S., & Terrile, A. E. (2018). Chemometric Analysis of ¹H NMR Fingerprints of *Coffea arabica* Green Bean Extracts Cultivated under Different Planting Densities. *Food Analytical Methods*, 11(7), 1906–1914. <https://doi.org/10.1007/s12161-017-1104-y>
- Herawati, D., Giriwono, P. E., Dewi, F. N. A., Kashiwagi, T., & Andarwulan, N. (2019). Critical sangrai level determines bioactive content and antioxidant activity of Robusta coffee beans. *Food Science and Biotechnology*, 28(1), 7–14. <https://doi.org/10.1007/s10068-018-0442-x>
- Herawati, D., Loisanjaya, M. O., Kamal, R. H., Adawiyah, D. R., & Andarwulan, N. (2022). Profile of Bioactive Compounds, Aromas, and Cup Quality of Excelsa Coffee (*Coffea liberica* var. *dewevrei*) Prepared from Diverse Postharvest Processes. *International Journal of Food Science*, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/2365603>
- Hu, Q., Zhou, T., Zhang, L., & Fang, Y. (2001). Study of the separation and determination of monosaccharides in soluble coffee by capillary zone electrophoresis with electrochemical detection. *Analyst*, 126(3), 298–301. <https://doi.org/10.1039/b006223p>
- Jaiswal, R., Matei, M. F., Subedi, P., & Kuhnert, N. (2014). Does roasted coffee contain chlorogenic acid lactones or/and cinnamoylshikimate esters? *Food Research International*, 61, 214–227. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.09.040>
- Janda, K., Jakubczyk, K., Baranowska-Bosiacka, I., Kapczuk, P., Kochman, J., Rębacz-Marón, E., & Gutowska, I. (2020). Mineral composition and antioxidant potential of coffee beverages depending on the brewing method. *Foods*, 9(2).

<https://doi.org/10.3390/foods9020121>

- Janne Carvalho Ferreira, L., de Souza Gomes, M., Maciel de Oliveira, L., & Diniz Santos, L. (2023). Coffee fermentation process: A review. *Food Research International*, 169(April), 112793. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.112793>
- Jayakumar, M., Rajavel, M., Surendran, U., Gopinath, G., & Ramamoorthy, K. (2017). Impact of climate variability on coffee yield in India—with a micro-level case study using long-term coffee yield data of humid tropical Kerala. *Climatic Change*, 145(3–4), 335–349. <https://doi.org/10.1007/s10584-017-2101-2>
- Jitjaroen, W., Chaisri, D., & Panjai, L. (2023). Characterization of active-aroma wheel in contemporary coffee processes via gas chromatography-olfactometry, and sensory perspective. *Coffee Science*, 18. <https://doi.org/10.25186/v18i.2059>
- Jung, H., Lee, Y. J., & Yoon, W. B. (2018). Effect of moisture content on the grinding process and powder properties in food: A review. *Processes*, 6(6), 6–10. <https://doi.org/10.3390/pr6060069>
- Kazama, E. H., da Silva, R. P., Tavares, T. de O., Correa, L. N., de Lima Estevam, F. N., Nicolau, F. E. de A., & Maldonado Júnior, W. (2021). Methodology for selective coffee harvesting in management zones of yield and maturation. *Precision Agriculture*, 22(3), 711–733. <https://doi.org/10.1007/s11119-020-09751-1>
- Khemira, H., Medebesh, A., Hassen Mehrez, K., & Hamadi, N. (2023). Effect of fertilization on yield and quality of Arabica coffee grown on mountain terraces in southwestern Saudi Arabia. *Scientia Horticulturae*, 321(June), 112370. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2023.112370>
- Kim, I., Jung, S., Kim, E., Lee, J. W., Kim, C. Y., Ha, J. H., & Jeong, Y. (2021). Physicochemical characteristics of Ethiopian Coffea arabica cv. Heirloom coffee extracts with various sangrai conditions. *Food Science and Biotechnology*, 30(2), 235–244. <https://doi.org/10.1007/s10068-020-00865-w>
- Kiwuka, C., Goudsmit, E., Tournebize, R., De Aquino, S. O., Douma, J. C., Bellanger, L., Crouzillat, D., Stoffelen, P., Sumirat, U., Legnate, H., Marraccini, P., De Kochko, A., Andrade, A. C., Mulumba, J. W., Musoli, P., Anten, N. P. R., & Poncet, V. (2021). Genetic diversity of native and cultivated Ugandan Robusta coffee (Coffea canephora Pierre ex A. Froehner): Climate influences, breeding potential and diversity conservation. *PLoS ONE*, 16(2 February), 1–19. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0245965>
- Kleinwächter, M., Bytof, G., & Selmar, D. (2015). Coffee Beans and Processing. In *Coffee in Health and Disease Prevention*. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409517-5.00009-7>
- Kleinwächter, M., & Selmar, D. (2010). Influence of drying on the content of sugars

- in wet processed green Arabica coffees. *Food Chemistry*, 119(2), 500–504. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.06.048>
- Kumar, P., Dinesh, S., & Rini, R. (2016). LCMS- A review and a recent update. *Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 5(5), 377–391. <https://doi.org/10.20959/wjpps20165-6656>
- Kurzrock, T., & Speer, K. (2001a). Diterpenes and diterpene esters in coffee. *Food Reviews International*, 17(4), 433–450. <https://doi.org/10.1081/FRI-100108532>
- Kurzrock, T., & Speer, K. (2001b). Identification of kahweol fatty acid esters in Arabica coffee by means of LC/MS. *Journal of Separation Science*, 24(10–11), 843–848. [https://doi.org/10.1002/1615-9314\(20011101\)24:10/11<843::AID-JSSC843>3.0.CO;2-9](https://doi.org/10.1002/1615-9314(20011101)24:10/11<843::AID-JSSC843>3.0.CO;2-9)
- Leandro, P. D., Ney, S. S., Gilberto, S. A., Paulo, R. C., Fernando, A. P. da S., & Lidiane, dos S. G. O. (2017). Coffee production through wet process: Ripeness and quality. *African Journal of Agricultural Research*, 12(36), 2783–2787. <https://doi.org/10.5897/ajar2017.12485>
- Lee, L. W., Cheong, M. W., Curran, P., Yu, B., & Liu, S. Q. (2015). Coffee fermentation and flavor - An intricate and delicate relationship. *Food Chemistry*, 185, 182–191. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.03.124>
- Lin, Y. T., We, Y. L., Kao, Y. M., Tseng, S. H., Wang, D. Y., & Chen, S. Y. (2023). Authentication of Coffee Blends by 16-O-Methylcafestol Quantification Using NMR Spectroscopy. *Processes*, 11(3), 1–11. <https://doi.org/10.3390/pr11030871>
- Ludwig, I. A., Clifford, M. N., Lean, M. E. J., Ashihara, H., & Crozier, A. (2014). Coffee: Biochemistry and potential impact on health. *Food and Function*, 5(8), 1695–1717. <https://doi.org/10.1039/c4fo00042k>
- Lyman, D. J., Benck, R. M., & Merle, S. F. (2011). Difference Spectroscopy in the Analysis of the Effects of Coffee Cherry Processing Variables on the Flavor of Brewed Coffee. *International Journal of Spectroscopy*, 2011, 1–5. <https://doi.org/10.1155/2011/815304>
- Magrach, A., & Ghazoul, J. (2015). Climate and pest-driven geographic shifts in global coffee production: Implications for forest cover, biodiversity and carbon storage. *PLoS ONE*, 10(7), 1–15. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0133071>
- Mangku, I. G. P., Suriati, L., Ardana, D. G. Y., & Putra, W. W. (2022). The Effects of Processing Methods on the Quality of Arabica Kintamani Green Beans. *International Journal of Food Studies*, 11(2), 374–385. <https://doi.org/10.7455/ijfs/11.2.2022.a9>
- Marek, G., Dobrzański, B., Oniszczuk, T., Combrzyński, M., Ćwikła, D., & Rusinek, R. (2020). Detection and differentiation of volatile compound profiles in roasted coffee arabica beans from different countries using an electronic nose and GC-MS. *Sensors (Switzerland)*, 20(7). <https://doi.org/10.3390/s20072124>

- Marinas, M., Sa, E., Rojas, M. M., Moalem, M., Urbano, F. J., Guillou, C., & Rallo, L. (2010). A nuclear magnetic resonance (^1H and ^{13}C) and isotope ratio mass spectrometry ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^2\text{H}$ and $\delta^{18}\text{O}$) study of Andalusian olive oils. *Rapid Communications in Mass Spectrometry*, 24, 1457–1466. <https://doi.org/10.1002/rcm>
- Martono, B., & Purwanto, E. H. (2021). The Characterization and Quality of 14 Accessions of Robusta Coffee. *E3S Web of Conferences*, 316. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202131603021>
- Mazzafera, P. (1999). Chemical composition of defective coffee beans. In *Food Chemistry* (Vol. 64, Issue 4, pp. 547–554). [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(98\)00167-8](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(98)00167-8)
- Mehaya, F. M., & Mohammad, A. A. (2020). Thermostability of bioactive compounds during sangrai process of coffee beans. *Heliyon*, 6(11), e05508. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05508>
- Mestdagh, F., Davidek, T., Chaumonteuil, M., Folmer, B., & Blank, I. (2014). The kinetics of coffee aroma extraction. *Food Research International*, 63, 271–274. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.03.011>
- Mills, C. E., Oruna-Concha, M. J., Mottram, D. S., Gibson, G. R., & Spencer, J. P. E. (2013). The effect of processing on chlorogenic acid content of commercially available coffee. *Food Chemistry*, 141(4), 3335–3340. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.06.014>
- Moon, J. K., & Shibamoto, T. (2009). Role of sangrai conditions in the profile of volatile flavor chemicals formed from coffee beans. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(13), 5823–5831. <https://doi.org/10.1021/jf901136e>
- Murata, M. (2021). Browning and pigmentation in food through the Maillard reaction. *Glycoconjugate Journal*, 38(3), 283–292. <https://doi.org/10.1007/s10719-020-09943-x>
- Mussatto, S. I., Machado, E. M. S., Martins, S., & Teixeira, J. A. (2011). Production, Composition, and Application of Coffee and Its Industrial Residues. *Food and Bioprocess Technology*, 4(5), 661–672. <https://doi.org/10.1007/s11947-011-0565-z>
- Narita, Y., & Inouye, K. (2015). Chlorogenic Acids from Coffee. In *Coffee in Health and Disease Prevention*. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409517-5.00021-8>
- Niessen, W. M. A. (2013). Liquid Chromatography–Mass Spectrometry. In *Reference Module in Chemistry, Molecular Sciences and Chemical Engineering* (Issue March). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-409547-2.00295-x>
- Niessena, W. M. A., & Tinkeb, A. E. (1995). *Niessen_1995_LC-MS*. 703, 37–57.

- Núñez, N., Collado, X., Martínez, C., Saurina, J., & Núñez, O. (2020). Authentication of the origin, variety and sangrai degree of coffee samples by non-targeted HPLC-UV fingerprinting and chemometrics. Application to the detection and quantitation of adulterated coffee samples. *Foods*, 9(3), 378. <https://doi.org/10.3390/foods9030378>
- Núñez, N., Martínez, C., Saurina, J., & Núñez, O. (2021). High-performance liquid chromatography with fluorescence detection fingerprints as chemical descriptors to authenticate the origin, variety and sangrai degree of coffee by multivariate chemometric methods. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 101(1), 65–73. <https://doi.org/10.1002/jsfa.10615>
- Núñez, N., Pons, J., Saurina, J., & Núñez, O. (2021). Non-targeted high-performance liquid chromatography with ultraviolet and fluorescence detection fingerprinting for the classification, authentication, and fraud quantitation of instant coffee and chicory by multivariate chemometric methods. *Lwt*, 147(May). <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111646>
- Pereira, L. L., Guarçoni, R. C., Pinheiro, P. F., Osório, V. M., Pinheiro, C. A., Moreira, T. R., & ten Caten, C. S. (2020). New propositions about coffee wet processing: Chemical and sensory perspectives. In *Food Chemistry* (Vol. 310). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125943>
- Pereira, L. L., Marcate, J. P. P., Caliman, A. D. C., Guarçoni, R. C., & Moreli, A. P. (2021). Physical Classification and Sensory Coffee Analysis. In *Food Engineering Series*. https://doi.org/10.1007/978-3-030-54437-9_8
- Pigozzi, M. T., Passos, F. R., & Mendes, F. Q. (2018). *Quality of Commercial Coffees : Heavy Metal and Ash Contents. 2018.*
- Principle, A., & Apparatus, B. (2005). Official Methods of Analysis of AOAC INTERNATIONAL 18th Edition, 2005. *Official Methods of Analysis of AOAC INTERNATIONAL 18th Edition, 2005*, 4–5. https://www.academia.edu/43245633/Official_Methods_of_Analysis_of_AOAC_INTERNATIONAL_18th_Edition_2005
- Purwanto, E. H., Dan, R., & Towaha, J. (2015). Karakteristik Mutu dan Citarasa Kopi Robusta Klon BP 42, Bp 358 dan BP 308 Asal Bali dan Lampung. *Sirinov*, 3(2), 67–74.
- Quispe, J. (2023). No Titleการบริหารจัดการการบริการที่มีคุณภาพใน โรงพยาบาลสังกัดกระทรวงสาธารณสุข. วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย, 4(1), 88–100.
- Ramadiana, S., Hapsoro, D., & Yusnita, Y. (2018). Morphological variation among fifteen superior Robusta coffee clones in Lampung Province, Indonesia. *Biodiversitas*, 19(4), 1475–1481. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d190438>
- Ramanda, M. R., Prameswari, A. F., & Ulfa, M. N. (2024). Effect of Variations of Sangrai Temperature on the Physicochemical Properties of Robusta Coffee (*Coffea canephora* L.). *Jurnal Teknik Pertanian Lampung (Journal of Agricultural Engineering)*, 13(2), 405.

l.v13i2.405-417

- Ribeiro, J. S., Ferreira, M. M. C., & Salva, T. J. G. (2011). Chemometric models for the quantitative descriptive sensory analysis of Arabica coffee beverages using near infrared spectroscopy. *Talanta*, 83(5), 1352–1358. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2010.11.001>
- Ribeiro, J. S., Teófilo, R. F., Salva, T. de J. G., Augusto, F., & Ferreira, M. M. C. (2013). Exploratory and discriminative studies of commercial processed Brazilian coffees with different degrees of sangrai and decaffeinated. *Brazilian Journal of Food Technology*, 16(3), 198–206. <https://doi.org/10.1590/s1981-67232013005000025>
- Ribeiro, L. S., Miguel, M. G. da C. P., Evangelista, S. R., Martins, P. M. M., van Mullem, J., Belizario, M. H., & Schwan, R. F. (2017). Behavior of yeast inoculated during semi-dry coffee fermentation and the effect on chemical and sensorial properties of the final beverage. *Food Research International*, 92, 26–32. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.12.011>
- Roberts, D. D., Pollien, P., & Milo, C. (2000). <BR44_18.pdf>. 2430–2437.
- Ruosi, M. R., Cordero, C., Cagliero, C., Rubiolo, P., Bicchi, C., Sgorbini, B., & Liberto, E. (2012). A further tool to monitor the coffee sangrai process: Aroma composition and chemical indices. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(45), 11283–11291. <https://doi.org/10.1021/jf3031716>
- Sakiroh, S., & Ibrahim, M. S. D. (2020). Karakterisasi Morfologi, Anatomi, dan Fisiologi Tujuh Klon Unggul Kopi Robusta. *Jurnal Tanaman Industri Dan Penyegar*, 7(2), 73. <https://doi.org/10.21082/jtidp.v7n2.2020.p73-82>
- Santini, A., Ferracane, R., Mikušová, P., Eged, Š., Šrobárová, A., Meca, G., Mañes, J., & Ritieni, A. (2011). Influence of different coffee drink preparations on ochratoxin A content and evaluation of the antioxidant activity and caffeine variations. *Food Control*, 22(8), 1240–1245. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2011.01.024>
- Schuhmacher, R., Krska, R., Weckwerth, W., & Goodacre, R. (2013). Metabolomics and metabolite profiling. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 405(15), 5003–5004. <https://doi.org/10.1007/s00216-013-6939-5>
- Seninde, D. R., & Chambers, E. (2020). Coffee flavor: A review. *Beverages*, 6(3), 1–25. <https://doi.org/10.3390/beverages6030044>
- Seninde, D. R., Chambers, E., & Chambers, D. (2020). Determining the impact of sangrai degree, coffee to water ratio and brewing method on the sensory characteristics of cold brew Ugandan coffee. *Food Research International*, 137(August), 109667. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109667>
- Somporn, C., Kamtuo, A., Theerakulpisut, P., & Siriamornpun, S. (2011). Effects of sangrai degree on radical scavenging activity, phenolics and volatile compounds of Arabica coffee beans (*Coffea arabica* L. cv. Catimor). *International Journal*

- of Food Science and Technology*, 46(11), 2287–2296. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2011.02748.x>
- Souard, F., Delporte, C., Stoffelen, P., Thévenot, E. A., Noret, N., Dauvergne, B., Kauffmann, J. M., Van Antwerpen, P., & Stévigny, C. (2018). Metabolomics fingerprint of coffee species determined by untargeted-profiling study using LC-HRMS. *Food Chemistry*, 245(October 2017), 603–612. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.10.022>
- Spectrometry, T. L. M., Colby, J. M., & Lynch, K. L. (2019). Chapter 17. *Genesis According to the Syriac Peshitta Version with English Translation, 1872*, 218–223. <https://doi.org/10.31826/9781463239725-041>
- Sualeh, A., Tolessa, K., & Mohammed, A. (2020). Biochemical composition of green and roasted coffee beans and their association with coffee quality from different districts of southwest Ethiopia. *Heliyon*, 6(12), e05812. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05812>
- Sumule, O., Halimah Larekeng, dan, Teknologi Hasil Perikanan Prodi Agroindustri Politeknik Pertanian Negeri Pangkajene Kepulauan, J., Budidaya Perikanan Prodi Pembenuhan Politeknik Pertanian Negeri Pangkajene Kepulauan, J., Budidaya Perikanan Universitas Hasanuddin, J., & Konservasi Hutan Fakultas Kehutanan Universitas Hasanuddin, J. (2021). Penerapan Teknik Panen Dan Pascapanen Kopi Arabika Kalosi Produk Unggulan Kabupaten Enrekang. *Jurnal Dinamika Pengabdian*, 6(2), 341–348.
- Supriana, N., Ahmad, U., Samsudin, S., & Purwanto, E. H. (2020). Pengaruh Metode Pengolahan dan Suhu Penyangraian terhadap Karakter Fisiko-Kimia Kopi Robusta. *Jurnal Tanaman Industri Dan Penyegar*, 7(2), 61. <https://doi.org/10.21082/jtidp.v7n2.2020.p61-72>
- Tapfuma, K. I., Mekuto, L., Makatini, M. M., & Mavumengwana, V. (2019). The LC-QTOF-MS/MS analysis data of detected metabolites from the crude extract of *Datura stramonium* leaves. *Data in Brief*, 25, 104094. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2019.104094>
- Tarigan, E. B., Wardiana, E., Hilmi, Y. S., & Komarudin, N. A. (2022). The changes in chemical properties of coffee during sangrai: A review. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 974(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/974/1/012115>
- Thomas, E., Puget, S., Valentin, D., & Songer, P. (2017). Sensory Evaluation-Profiling and Preferences. In *The Craft and Science of Coffee*. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803520-7.00018-9>
- Toci, A. T., Farah, A., Pezza, H. R., & Pezza, L. (2016). Coffee Adulteration: More than Two Decades of Research. *Critical Reviews in Analytical Chemistry*, 46(2), 83–92. <https://doi.org/10.1080/10408347.2014.966185>
- Toledo, P. R. A. B., Pezza, L., Pezza, H. R., & Toci, A. T. (2016). Relationship Between the Different Aspects Related to Coffee Quality and Their Volatile

- Compounds. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 15(4), 705–719. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12205>
- Towaha, J., Purwanto, E. H., & Supriadi, H. (2015). Atribut Kualitas Kopi Arabika pada Tiga Ketinggian Tempat Di Kabupaten Garut. *Jurnal Tanaman Industri Dan Penyegar*, 2(1), 29. <https://doi.org/10.21082/jtidp.v2n1.2015.p29-34>
- Tugnolo, A., Beghi, R., Giovenzana, V., & Guidetti, R. (2019). Characterization of green, roasted beans, and ground coffee using near infrared spectroscopy: A comparison of two devices. *Journal of Near Infrared Spectroscopy*, 27(1), 93–104. <https://doi.org/10.1177/0967033519825665>
- Vezzulli, F., Lambri, M., & Bertuzzi, T. (2023). Volatile Compounds in Green and Roasted Arabica Specialty Coffee: Discrimination of Origins, Post-Harvesting Processes, and Sangrai Level. *Foods*, 12(3). <https://doi.org/10.3390/foods12030489>
- Vinícius de Melo Pereira, G., Soccol, V. T., Brar, S. K., Neto, E., & Soccol, C. R. (2017). Microbial ecology and starter culture technology in coffee processing. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57(13), 2775–2788. <https://doi.org/10.1080/10408398.2015.1067759>
- Wang, X., & Lim, L. T. (2015). Physicochemical Characteristics of Roasted Coffee. *Coffee in Health and Disease Prevention*, 247–254. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409517-5.00027-9>
- Wang, X., & Lim, L. T. (2017). Investigation of CO₂ precursors in roasted coffee. *Food Chemistry*, 219(September), 185–192. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.09.095>
- Wardani, N., Meidaliyantisyah, Hendra, J., & Rivaie, A. A. (2021). Improvement of robusta coffee performance with conservation and fertilizer treatment in Air Naningan District, Tanggamus Regency, Lampung. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 648(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/648/1/012040>
- Widyasari, A. (2023). *Pengaruh Ukuran Biji Kopi Robusta pada Kualitas Citarasa Kopi (The Effect of Robusta Coffee Bean Size on Coffee Taste Quality)*. 11(1), 1–14.
- Wintgens, J. N., & Zamarripa, C. A. (2008). Coffee Propagation. In *Coffee: Growing, Processing, Sustainable Production: A Guidebook for Growers, Processors, Traders, and Researchers*. <https://doi.org/10.1002/9783527619627.ch4>
- Wiraputra, D. (2024). *Review : Teknologi Pengolahan Biji Kopi Hijau dan Peranannya dalam Pembentukan Komponen Rasa Biji Kopi*. 1(1), 56–68.
- Wongsa, P., Khampa, N., Horadee, S., Chaiwarith, J., & Rattanapanone, N. (2019). Quality and bioactive compounds of blends of Arabica and Robusta spray-dried coffee. *Food Chemistry*, 283, 579–587. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.01.088>

- Worku, M., de Meulenaer, B., Duchateau, L., & Boeckx, P. (2018). Effect of altitude on biochemical composition and quality of green arabica coffee beans can be affected by shade and postharvest processing method. *Food Research International*, 105(November 2017), 278–285. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.11.016>
- Wu, H., Lu, P., Liu, Z., Sharifi-Rad, J., & Suleria, H. A. R. (2022). Impact of sangrai on the phenolic and volatile compounds in coffee beans. *Food Science and Nutrition*, 10(7), 2408–2425. <https://doi.org/10.1002/fsn3.2849>
- Yang, N., Liu, C., Liu, X., Degn, T. K., Munchow, M., & Fisk, I. (2016). Determination of volatile marker compounds of common coffee roast defects. *Food Chemistry*, 211, 206–214. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.04.124>
- Yani, A., & Novitasari, E. (2022). Quality Evaluation of Robusta Coffee Bean from Four Superior Clones with Semi-Wet Processing in Lampung Province. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1024(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1024/1/012028>
- Yashin, A., Yashin, Y., Xia, X., & Nemzer, B. (2017). Chromatographic Methods for Coffee Analysis: A Review. *Journal of Food Research*, 6(4), 60. <https://doi.org/10.5539/jfr.v6n4p60>
- Yeretzian, C., Jordan, A., Badoud, R., & Lindinger, W. (2002). From the green bean to the cup of coffee: Investigating coffee sangrai by on-line monitoring of volatiles. *European Food Research and Technology*, 214(2), 92–104. <https://doi.org/10.1007/s00217-001-0424-7>
- Yu, J. M., Chu, M., Park, H., Park, J., & Lee, K. G. (2021). Analysis of volatile compounds in coffee prepared by various brewing and sangrai methods. *Foods*, 10(6). <https://doi.org/10.3390/foods10061347>
- Yuan, Y., Song, L., Li, M., Liu, G., Chu, Y., Ma, L., Zhou, Y., Wang, X., Gao, W., Qin, S., Yu, J., Wang, X., & Huang, L. (2012). Genetic variation and metabolic pathway intricacy govern the active compound content and quality of the Chinese medicinal plant *Lonicera japonica* thunb. *BMC Genomics*, 13(1), 195 (1-17). <https://doi.org/10.1186/1471-2164-13-195>
- Yüksel, A. N., Özkara Barut, K. T., & Bayram, M. (2020). The effects of sangrai, milling, brewing and storage processes on the physicochemical properties of Turkish coffee. *Lwt*, 131, 109711. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109711>
- Yulianti, Y., Adawiyah, D. R., Herawati, D., Indrasti, D., & Andarwulan, N. (2023). Detection of Markers in Green Beans and Roasted Beans of Kalosi-Enrekang Arabica Coffee with Different Postharvest Processing Using LC-MS/MS. *International Journal of Food Science*, 2023. <https://doi.org/10.1155/2023/6696808>
- Zanin, R. C., Corso, M. P., Kitzberger, C. S. G., Scholz, M. B. dos S., & Benassi, M. de T. (2016). Good cup quality roasted coffees show wide variation in chlorogenic acids content. *Lwt*, 74, 480–483. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.08.012>