

BAB IV

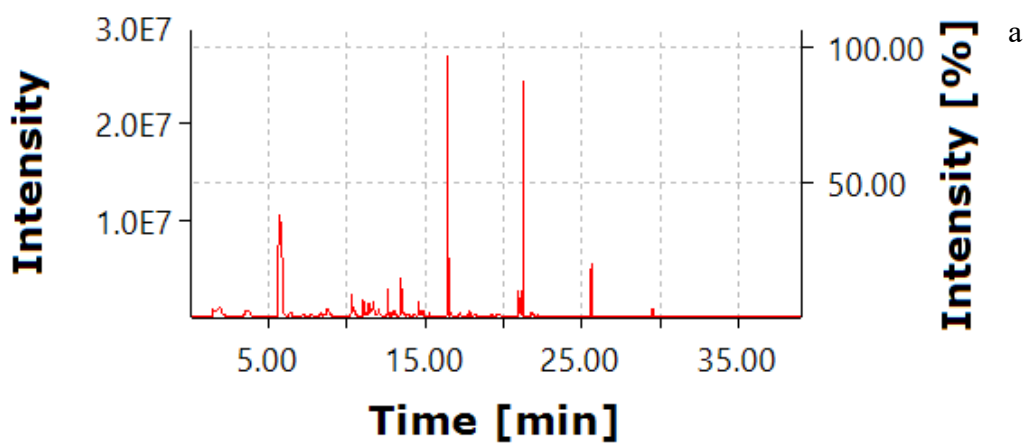
HASIL DAN PEMBAHASAN

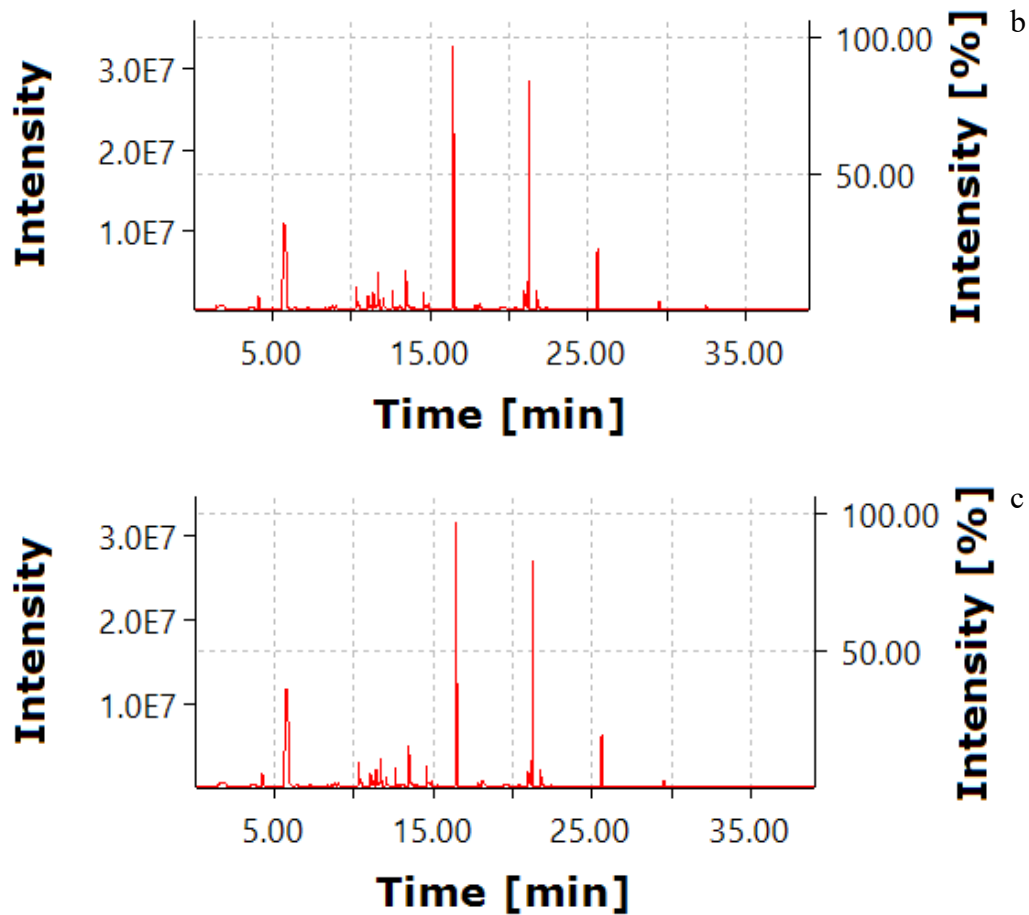
4.1. Senyawa Volatil pada Kentang Granola Pasca Pengolahan Kukus

Hasil analisis senyawa volatil dari pengujian GC-MS pada kentang kultivar Granola pasca pengolahan kukus, meliputi interpretasi kromatogram GC-MS, identifikasi senyawa volatil, karakteristik flavor, serta distribusi kelas senyawa kimia dijelaskan pada pembahasan berikut ini.

4.1.1. Kromatogram GC-MS Kentang Granola

Kromatogram GC-MS kentang kultivar Granola pasca pengolahan metode kukus disajikan pada Ilustrasi 5..





Ilustrasi 4. Kromatogram GC-MS Kentang Granola Pasca Pengolahan Kukus
Ulangan 1 (a); Ulangan 2 (b); dan Ulangan 3 (c)

Proses identifikasi senyawa volatil pada kentang kultivar Granola yang diproses dengan metode pengukusan melalui teknik GC-MS menghasilkan berbagai senyawa berdasarkan perbedaan waktu retensinya. Intensitas atau konsentrasi relatif masing-masing senyawa ditunjukkan oleh ketinggian puncak pada kromatogram. Sumbu x pada kromatogram merepresentasikan waktu retensi (*retention time*) dalam satuan menit, yaitu waktu yang dibutuhkan oleh senyawa untuk melewati kolom kromatografi hingga mencapai detektor. Waktu retensi bersifat spesifik bagi setiap senyawa, tergantung pada interaksi senyawa dengan

fase diam kolom, polaritas senyawa, berat molekul, dan volatilitasnya. Sumbu y pada kromatogram menunjukkan kelimpahan atau intensitas ion, yang menggambarkan jumlah relatif suatu senyawa volatil yang terdeteksi dalam sampel. Tinggi puncak kromatogram dapat dimaknai sebagai salah satu indikator adanya kelimpahan senyawa pada waktu retensi tertentu. Proses identifikasi dilakukan dalam tiga kali ulangan guna menjamin reproduibilitas data dan validitas hasil analisis, dan hasil kromatogram dari ketiga ulangan tersebut disajikan pada Ilustrasi 2.

Berdasarkan kromatogram GC-MS dari ketiga ulangan dapat dilihat pada Ilustrasi 2. Masing-masing kromatogram menyajikan pola puncak (*peak*) yang relatif konsisten, dengan waktu retensi (*retention time*) pada sumbu x dan intensitas (*abundance*) pada sumbu y. Kromatogram yang dihasilkan berfungsi sebagai penanda visual keberadaan senyawa volatil dan bukan sebagai faktor penentu komposisinya. Setiap puncak menunjukkan keberadaan suatu senyawa volatil yang terisolasi pada waktu retensi tertentu dan terdeteksi oleh spektrometer massa. Kromatogram hasil analisis GC-MS pada penelitian ini menampilkan sumbu X dan dua sumbu Y yang memiliki fungsi berbeda namun saling melengkapi. Waktu retensi pada sumbu X menjadi parameter penting dalam proses identifikasi senyawa, yang menunjukkan lamanya waktu sejak sampel diinjeksikan hingga komponen-komponen terpisah pada fase stasioner (Rojas *et al.*, 2021). Sumbu Y pada sisi kiri menunjukkan nilai intensitas dalam satuan *counts* atau kelimpahan absolut (*abundance*) yang merepresentasikan jumlah ion yang terdeteksi pada setiap waktu retensi. Semakin tinggi nilai intensitas, semakin besar jumlah

molekul senyawa volatil yang berhasil terionisasi dan terdeteksi pada waktu tersebut. Pada penelitian ini, kisaran nilai intensitas berada pada rentang 0 hingga $\pm 3,0 \times 10^7$ counts. Sementara itu, sumbu Y pada sisi kanan menyajikan intensitas dalam bentuk persentase relatif terhadap puncak tertinggi pada kromatogram, di mana puncak tertinggi diberikan nilai 100%, dan puncak-puncak lain dinyatakan dalam persentase relatifnya. Skala persentase ini memudahkan perbandingan kelimpahan relatif antar senyawa dalam satu kromatogram tanpa mempertimbangkan nilai absolutnya.

Pada kromatogram tersebut terdapat kemiripan pola puncak antar ketiga kromatogram, terutama pada rentang waktu retensi sekitar 13 hingga 25 menit yaitu terdapat puncak-puncak tertinggi. Hal ini menunjukkan bahwa senyawa-senyawa utama yang terkandung dalam sampel kentang Granola relatif stabil antar pengulangan. Beberapa puncak dengan intensitas tinggi terdeteksi pada waktu retensi sekitar 14,50 menit, 19,10 menit, dan 22,75 menit, yang mengindikasikan bahwa adanya keberadaan senyawa volatil yang dominan dalam sampel.

Luas area dan ketinggian puncak pada kromatogram digunakan sebagai dasar estimasi kuantitatif relatif dari masing-masing senyawa volatil. Semakin tinggi dan luas puncak maka semakin besar kelimpahan relatif senyawa tersebut dalam sampel kentang Granola. Besar atau kecilnya puncak pada kromatogram mencerminkan tingkat kelimpahan atau konsentrasi senyawa yang berhasil terdeteksi (Yuanyuan Wang *et al.*, 2025). Konsistensi tinggi puncak pada waktu retensi yang sama di ketiga ulangan menguatkan akurasi data serta mendukung

kesimpulan bahwa senyawa volatil utama telah berhasil diidentifikasi secara berulang dan konsisten.

Selain pencocokan spektrum massa dengan pustaka, identifikasi senyawa volatil juga didukung oleh nilai *Retention Index* (RI) untuk meningkatkan keakuratan identifikasi. Retention Index merupakan parameter kromatografi yang menggambarkan posisi relatif suatu senyawa berdasarkan waktu retensinya terhadap deret n-alkana pada kondisi analisis yang sama. Pada penelitian yang telah dilakukan oleh Strehmel *et al.*, (2008) menyatakan bahwa penggunaan RI sebagai parameter pendukung memungkinkan identifikasi senyawa menjadi lebih andal karena membantu memverifikasi hasil pencocokan spektrum massa, terutama pada senyawa yang memiliki spektrum massa serupa, sehingga dapat mengurangi kemungkinan terjadinya salah identifikasi. Penggunaan RI bertujuan untuk meningkatkan keandalan identifikasi senyawa volatil, karena waktu retensi absolut dapat bervariasi antar instrumen, antar laboratorium, maupun akibat perubahan kondisi analisis seperti laju aliran gas pembawa dan program suhu kolom. Dengan menggunakan RI, hasil identifikasi senyawa dari satu instrumen dapat dibandingkan secara langsung dengan data referensi dari berbagai sumber literatur maupun basis data seperti NIST, sehingga meminimalkan kesalahan identifikasi yang diakibatkan oleh variasi kondisi instrumen.

Konsistensi pola puncak pada kromatogram dari ketiga ulangan menunjukkan bahwa metode GC-MS yang diterapkan memiliki tingkat reproduktibilitas yang tinggi. Hal ini dapat dipengaruhi oleh kestabilan kondisi instrumentasi antara lain, suhu kolom, aliran gas, dan program suhu, serta prosedur

penyiapan sampel yang seragam, serta performa kolom dan detektor yang optimal. Penyiapan sampel yang konsisten, antara lain homogenitas sampel, volume injeksi, dan kondisi *headspace* dalam HS-SPME, turut berkontribusi besar terhadap kestabilan sinyal volatil (R. Zhang *et al.*, 2021).

4.1.2. Identitas Senyawa Volatil dan Karakteristik Flavor Kentang Granola

Identifikasi senyawa volatil pada sampel kentang kultivar Granola setelah pengolahan menggunakan metode pengukusan dilakukan dengan mencocokkan spektrum massa dari setiap puncak yang terdeteksi dengan data referensi pada basis data *National Institute of Standards and Technology* (NIST23), sebagaimana ditampilkan dalam tabel 1.

Tabel 1. Identitas Senyawa Volatil Kentang Granola Pasca Pengolahan Kukus

RT (min) ¹	Compound	CAS ²	Area	Chemical Classes
1,889	Cyclobutanol	2919-23-5	183.135.321	Alcohol
1,8948	Cyclobutanol	2919-23-5	183.186.899	Alcohol
1,901	Cyclobutanol	2919-23-5	310.666.301	Alcohol
2,057	Acetone	67-64-1	34.011.122	Ketone
2,077	Acetone	67-64-1	18.297.835	Ketone
2,347	Butanal	123-72-8	19.149.203	Aldehyde
3,6014	Pentanal	110-62-3	63.515.550	Aldehyde
3,6191	Pentanal	110-62-3	66.629.785	Aldehyde
3,6313	Pentanal	110-62-3	162.476.187	Aldehyde
3,767	2-ethyl-Furan	3208-16-0	22.435.417	Furan
3,767	2-ethyl-Furan	3208-16-0	21.002.176	Furan
4,6837	2-Ethylcyclobutanone	10374-14-8	26.994.137	Ketone
5,0108	1-Pentanol	71-41-0	26.015.471	Alcohol
5,0521	1-Pentanol	71-41-0	30.971.781	Alcohol
5,0582	1-Pentanol	71-41-0	23.010.690	Alcohol
5,6946	Hexanal	66-25-1	1.585.722.680	Aldehyde

RT (min) ¹	Compound	CAS ²	Area	Chemical Classes
5,7299	Hexanal	66-25-1	1.513.668.689	Aldehyde
5,7301	Hexanal	66-25-1	1.684.047.305	Aldehyde
7,2227	(E)-2-Hexenal	6728-26-3	34.075.850	Aldehyde
7,2343	(E)-2-Hexenal	6728-26-3	32.355.487	Aldehyde
7,2463	(E)-2-Hexenal	6728-26-3	30.417.478	Aldehyde
7,7519	(E)-2-Octene	13389-42-9	20.939.126	Alkene
8,3168	2-Heptanone	110-43-0	29.332.865	Ketone
8,3343	2-Heptanone	110-43-0	16.763.445	Ketone
8,6022	Heptanal	111-71-7	21.666.210	Aldehyde
8,6197	Heptanal	111-71-7	17.253.315	Aldehyde
8,6317	Heptanal	111-71-7	21.182.961	Aldehyde
8,7627	Methional	3268-49-3	68.230.619	Aldehyde
8,7923	Methional	3268-49-3	48.149.562	Aldehyde
8,798	Methional	3268-49-3	41.546.118	Aldehyde
8,87	methoxy-phenyl-Oxime-	1000222-86-6	37.529.499	Oxime
9,0121	4-methyl-1,4-Hexadiene	1116-90-1	30.404.994	Diene
9,042	4-methyl-1,4-Hexadiene	1116-90-1	23.775.978	Diene
10,3087	(Z)-2-Heptenal	57266-86-1	127.206.174	Aldehyde
10,3143	(Z)-2-Heptenal	57266-86-1	146.757.247	Aldehyde
10,3145	(Z)-2-Heptenal	57266-86-1	141.985.043	Aldehyde
10,4216	Benzaldehyde	100-52-7	102.396.752	Aromatic Aldehyde
10,428	Benzaldehyde	100-52-7	64.496.239	Aromatic Aldehyde
10,4332	Benzaldehyde	100-52-7	61.725.191	Aromatic Aldehyde
11,0578	1-Octen-3-ol	3391-86-4	85.769.822	Alkenol
11,0635	1-Octen-3-ol	3391-86-4	74.939.831	Alkenol
11,0636	1-Octen-3-ol	3391-86-4	71.176.833	Alkenol
11,2005	2,5-Octanedione	3214-41-3	36.727.970	Diketone
11,2062	2,5-Octanedione	3214-41-3	35.550.745	Diketone
11,2064	2,5-Octanedione	3214-41-3	40.431.815	Diketone
11,4027	2-pentyl-Furan	3777-69-3	75.048.809	Heterocyclic ether
11,4083	2-pentyl-Furan	3777-69-3	93.001.100	Heterocyclic ether
11,4085	2-pentyl-Furan	3777-69-3	93.263.935	Heterocyclic ether
11,546	Isovaleric acid	503-74-2	23.227.187	Carboxylic acid
11,6105	Caproic acid	142-62-1	32.599.537	Carboxylic acid
11,6107	Caproic acid	142-62-1	27.697.536	Carboxylic acid
11,613	Caproic acid	142-62-1	39.659.627	Carboxylic acid
11,7178	Octanal	124-13-0	88.253.609	Aldehyde
12,0208	(E,E)-2,4-Heptadienal	881454	94.580.882	Dienal
12,0209	(E,E)-2,4-Heptadienal	881454	81.704.137	Dienal
12,027	(E,E)-2,4-Heptadienal	881454	61.627.799	Dienal

RT (min) ¹	Compound	CAS ²	Area	Chemical Classes
12,6154	3-Ethyl-2-methyl-1,3-hexadiene	61142-36-7	90.214.132	Diene
12,6157	3-Ethyl-2-methyl-1,3-hexadiene	61142-36-7	118.308.747	Diene
12,6215	3-Ethyl-2-methyl-1,3-hexadiene	61142-36-7	89.427.193	Diene
12,709	Carane	554-59-6	18.905.703	Alkane
12,9011	(E)-3-Octen-2-one	18402-82-9	17.983.620	Ketone
12,9067	(E)-3-Octen-2-one	18402-82-9	17.267.786	Ketone
12,9069	(E)-3-Octen-2-one	18402-82-9	18.761.685	Ketone
13,0319	Benzeneacetaldehyde	122-78-1	44.844.334	Aromatic Aldehyde
13,0375	Benzeneacetaldehyde	122-78-1	24.021.309	Aromatic Aldehyde
13,0377	Benzeneacetaldehyde	122-78-1	20.454.501	Aromatic Aldehyde
13,09	propyl-Benzene	103-65-1	27.645.577	Aromatic Hydrocarbon
13,4657	(E)-2-Octenal	2548-87-0	177.544.306	Aldehyde
13,4658	(E)-2-Octenal	2548-87-0	184.338.872	Aldehyde
13,547	1-Formyl-5-ethylcyclopentene	36431-60-4	147.059.055	Aldehyde
13,582	Vinyl caproate	3050-69-9	23.644.372	Ester
13,59	Vinyl caproate	3050-69-9	21.385.504	Ester
13,685	1-methyl-3-Cyclohexene-1-carboxaldehyde	931-96-4	23.354.344	Aldehyde
13,9	1-Octanol	111-87-5	22.640.770	Alcohol
13,9057	1-Octanol	111-87-5	25.253.800	Alcohol
13,9058	1-Octanol	111-87-5	23.217.249	Alcohol
14,5719	3,5-Octadien-2-one	38284-27-4	52.733.168	Ketone
14,5775	Cis-3-methylpent-3-ene-5-ol	30804-75-2	79.636.954	Alcohol
14,5777	Cis-3-methylpent-3-ene-5-ol	30804-75-2	97.459.135	Alcohol
14,667	6-Undecanol	23708-56-7	33.033.299	Alcohol
14,6727	1-cyclohexyl-1-Butanone	1462-27-7	17.555.268	Ketone
14,714	Undecane	1120-21-4	21.398.705	Alkane
14,7204	Undecane	1120-21-4	28.651.713	Alkane
14,8811	Nonanal	124-19-6	29.192.610	Aldehyde
14,8867	Nonanal	124-19-6	40.938.871	Aldehyde
14,8869	Nonanal	124-19-6	42.125.818	Aldehyde
16,6411	4-Ethylbenzaldehyde	4748-78-1	22.500.366	Aldehyde
16,6527	3-ethyl-Benzaldehyde	34246-54-3	19.072.544	Aromatic Aldehyde
17,206	Naphthalene	91-20-3	30.479.984	Aromatic Hydrocarbon
17,848	Decanal	112-31-2	29.331.745	Aldehyde
17,8538	Decanal	112-31-2	30.692.552	Aldehyde
17,8541	Decanal	112-31-2	27.565.964	Aldehyde
18,1215	(E,E)-2,4-Nonadienal	5910-87-2	52.545.367	Dienal
18,1273	(E,E)-2,4-Nonadienal	5910-87-2	46.746.898	Dienal

RT (min) ¹	Compound	CAS ²	Area	Chemical Classes
18,1395	(E,E)-2,4-Nonadienal	5910-87-2	21.594.602	Dienal
18,243	(E,Z)-2,4-Decadienal	25152-83-4	17.244.533	Dienal
19,5722	2-Sec-Butylcyclohexanone	14765-30-1	20.269.971	Aliphatic Cyclic Ketone
19,7148	2-methyl-3-Decen-5-one	32064-75-8	21.556.667	Ketone
19,7152	2,5-Hexanedione	110-13-4	21.628.224	Ketone
20,9694	p-sec-butyl-Phenol	99-71-8	109.870.082	Phenol
20,9696	p-sec-butyl-Phenol	99-71-8	83.841.802	Phenol
20,9757	p-sec-butyl-Phenol	99-71-8	126.574.132	Phenol
21,037	(E,E)-2,4-Dodecadienal	21662-16-8	21.681.131	Aldehyde
21,04	(E,E)-2,4-Dodecadienal	21662-16-8	20.440.397	Aldehyde
21,7662	1,3-Oxathiolane	2094-97-5	91.599.639	Heterocyclic ether
21,7723	1,3-Oxathiolane	2094-97-5	77.990.836	Heterocyclic ether
21,7725	2-Isopropylcyclopentanone	14845-55-7	34.905.795	Ketone
21,849	trans-Undec-4-enal	68820-35-9	22.838.587	Aldehyde
21,954	trans-Undec-4-enal	68820-35-9	18.101.509	Aldehyde
32,5165	2-Ethylhexyl salicylate	118-60-5	33.536.753	Ester
Total Area			10.729.996.356	

¹RT (min): *retention time (minute)*.

²CAS: *chemical abstracts service*.

Berdasarkan analisis GC-MS yang dilakukan terhadap tiga ulangan pada kentang kultivar Granola pasca pengolahan kukus ditemukan sebanyak 400 jenis senyawa volatil. Namun pada penelitian ini, puncak dengan intensitas di bawah 1% dari luas area tertinggi tidak dimasukkan, dengan tujuan menyederhanakan visualisasi dan mempermudah interpretasi data. Proses penyederhanaan tersebut menghasilkan 110 senyawa volatil akhir yang disajikan pada Tabel 1. Puncak dengan intensitas kecil menunjukkan senyawa berkonsentrasi rendah yang dalam konteks penelitian ini dianggap kurang signifikan secara kimiawi. Analisis GC-MS terhadap ekstrak volatil kentang kultivar Granola pasca pengukusan berhasil mengidentifikasi sejumlah senyawa volatil berdasarkan waktu retensi (RT), luas area puncak, dan proses pencocokan spektrum massa terhadap perpustakaan

NIST23 (*National Institute of Standards and Technology*). Puncak-puncak yang terdeteksi pada kromatogram diidentifikasi berdasarkan referensi dari basis data NIST23 (*National Institute of Standards and Technology*).

Hasil identifikasi menunjukkan kehadiran berbagai kelas senyawa volatil pada kentang kukus kultivar Granola, termasuk golongan aldehid, keton, alkohol, aromatik aldehid, dienal, eter heterosiklik, diena, asam karbosilat, alkana, diketona, fenol, alkenol, ester, aromatik hidrokarbon, keton siklik alifatik dan beberapa golongan lainnya yang masing-masing berkontribusi terhadap flavor kentang kukus yang dihasilkan. Dari kelompok tersebut, aldehid, keton, dan alkohol merupakan senyawa yang ditemukan dengan jumlah paling dominan pada kentang segar kultivar Granola. Senyawa aldehid diketahui menghasilkan beragam karakter aroma, mulai dari manis, buah-buahan, bunga, hingga aroma kacang (Sari *et al.*, 2023). Komponen alkohol yang teridentifikasi melalui GC-MS adalah 1-octen-3-ol, yang berkontribusi terhadap aroma manis, buah-buahan, herba, dan hijau (Apriyantono *et al.*, 2004). Senyawa 2-Heptanone berkontribusi terhadap aroma buah (Elsera *et al.*, 2014).

Luas area yang besar pada kromatogram GC-MS mencerminkan bahwa senyawa volatil tersebut memiliki kelimpahan relatif lebih tinggi dalam sampel. Data pada tabel senyawa yang teridentifikasi berasal dari tiga kali ulangan kromatogram pada Ilustrasi 2. Dari ketiga ulangan tersebut, puncak kromatogram berhasil diidentifikasi sebagai senyawa aldehid yaitu hexanal. Sementara itu, alkohol dan keton menempati urutan setelahnya, sedangkan asam dan furan teridentifikasi dalam jumlah paling sedikit (Wang *et al.*, 2023). Senyawa-senyawa

tersebut diduga muncul sebagai hasil dari proses oksidasi lipid, reaksi Maillard, interaksi antara produk reaksi Maillard dengan hasil oksidasi lipid, serta kemungkinan degradasi termal tiamin yang berlangsung selama pemasakan (Kosowska *et al.*, 2017). Berdasarkan profil aldehid yang teridentifikasi, jalur pembentukan aldehid didominasi oleh degradasi lipid karena sebagian besar aldehid yang ditemukan, seperti hexanal, pentanal, heptanal, octanal, dan nonanal, merupakan produk oksidasi asam lemak. Senyawa heksanal terbentuk dari produk degradasi lipid (Melini dan Acquistucci, 2017). Namun demikian, keberadaan benzaldehyde serta senyawa volatil lain seperti senyawa heterosiklik dan furan menunjukkan bahwa reaksi Maillard juga kemungkinan berlangsung selama proses pengukusan, meskipun kontribusinya terhadap pembentukan aldehid relatif lebih kecil dibandingkan degradasi lipid. Proses oksidasi lipid dapat membentuk beragam senyawa alifatik, di antaranya hidrokarbon jenuh maupun tak jenuh, alkohol, aldehid, keton, asam, serta ester (Ayseli *et al.*, 2014).

Furan terbentuk karena gula dalam kentang mengalami penguraian akibat proses termal dan kehilangan air, dengan bantuan kondisi asam, sehingga gula tersebut berubah menjadi senyawa furan (W. Zhang *et al.*, 2025a). Senyawa yang dihasilkan dari reaksi ini termasuk aldehid, keton, dan furan yang berkontribusi pada flavor kentang kukus. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Jiang *et al.*, (2023), menemukan sebanyak 63 senyawa kimia volatil diidentifikasi di seluruh kentang kukus dari enam varietas, termasuk aldehid, alkohol, keton, ester, furan, asam, dan lainnya. Setiap varietas kentang memiliki komposisi kimia yang berbeda, terutama dalam hal kandungan pati, gula reduksi, asam amino, dan lipid,

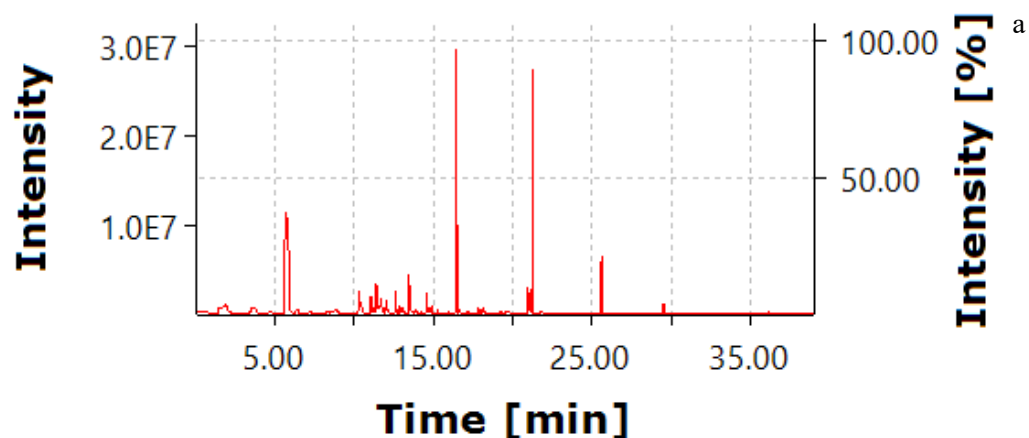
yang berperan sebagai prekursor utama pembentukan senyawa volatil. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Rahayu *et al.*, (2011), menyatakan bahwa kandungan pati pada kentang kultivar Granola lebih banyak dikarenakan faktor genetik. Perbedaan komposisi prekursor ini menyebabkan variasi jenis, jumlah, dan konsentrasi senyawa volatil yang terbentuk, baik pada kondisi segar maupun setelah mengalami pengolahan termal.

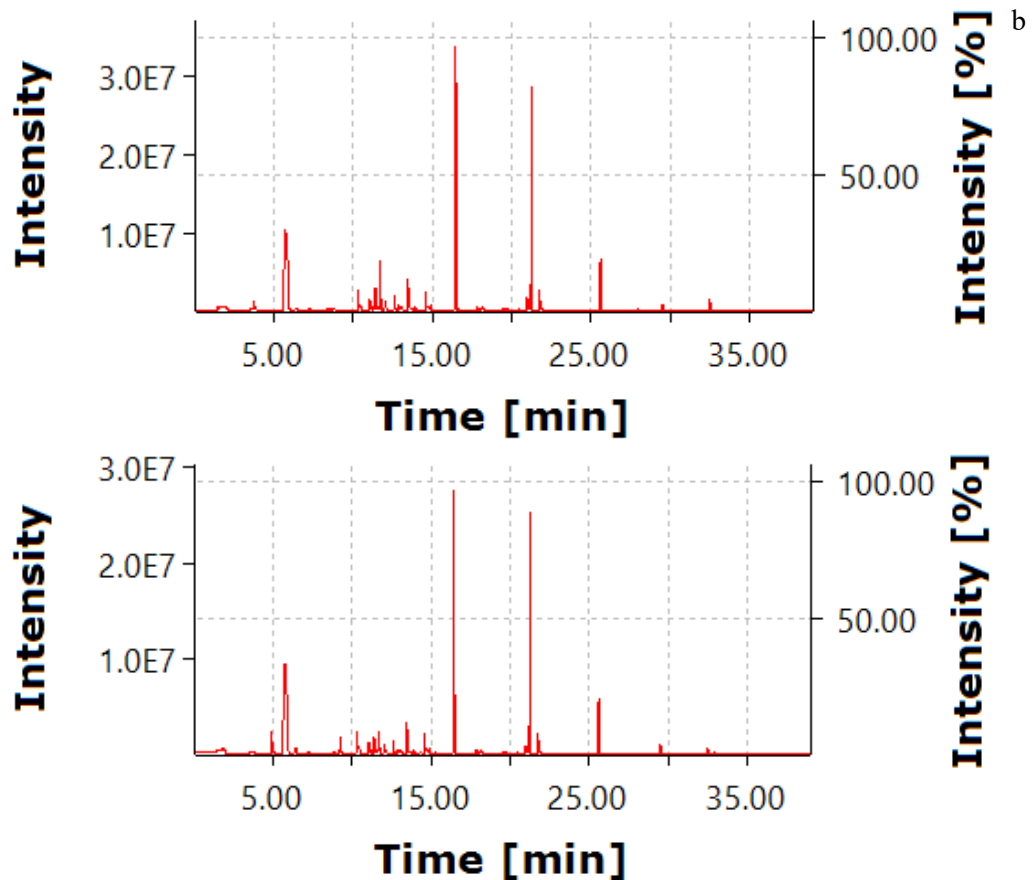
4.2. Senyawa Volatil pada Kentang Atlantik Pasca Pengolahan Kukus

Analisis senyawa volatil pada kentang kultivar Atlantik pasca pengolahan kukus meliputi interpretasi kromatogram, identifikasi senyawa volatil, karakteristik flavor, serta peristiwa kimia yang diduga terjadi berdasarkan kelas kimia volatil yang teridentifikasi dijelaskan pada pembahasan berikut ini.

4.2.1. Kromatogram GC-MS Kentang Atlantik

Kromatogram GC-MS kentang kultivar Atlantik pasca pengolahan metode kukus disajikan pada Ilustrasi 5.





Ilustrasi 5. Kromatogram GC-MS Kentang Atlantik Pasca Pengolahan Kukus

Ulangan 1 (a); Ulangan 2 (b); dan Ulangan 3 (c)

Berdasarkan Ilustrasi 5, kromatogram hasil analisis GC-MS pada kentang kultivar Atlantik yang telah dikukus menghasilkan tiga kromatogram dari tiga kali pengulangan analisis. Ketiga kromatogram yang ditampilkan pada ilustrasi (a, b, dan c) menunjukkan pola puncak (*peaks*) yang relatif konsisten, baik dari segi waktu retensi (*retention time*) maupun intensitas sinyal, meskipun terdapat sedikit variasi pada ketinggian puncak dan jumlah senyawa yang terdeteksi. Besar atau kecilnya puncak pada kromatogram mencerminkan tingkat kelimpahan relatif senyawa yang berhasil terdeteksi (Yuanyuan Wang *et al.*, 2025). Meskipun demikian, kelimpahan relatif suatu senyawa tidak serta-merta berbanding lurus dengan kontribusinya terhadap flavor, karena kontribusi flavor suatu senyawa

volatil juga sangat dipengaruhi oleh nilai ambang baunya (*odor threshold*). Sumbu x pada kromatogram menggambarkan waktu retensi, yaitu waktu yang diperlukan senyawa volatil untuk keluar dari kolom GC dan terdeteksi oleh detektor. Waktu retensi yang tertera pada sumbu X merupakan salah satu parameter utama untuk mengidentifikasi senyawa, menggambarkan durasi sejak sampel diinjeksi hingga komponen-komponennya terpisah di dalam fase stasioner (Rojas *et al.*, 2021). Sumbu y menggambarkan intensitas sinyal, yang berkorelasi langsung dengan jumlah atau konsentrasi relatif senyawa yang terdeteksi pada saat tertentu. Dengan demikian, puncak-puncak yang muncul pada kromatogram menunjukkan adanya senyawa volatil yang teridentifikasi pada waktu retensi tertentu, dengan ketinggian puncak yang mencerminkan kelimpahan relatif senyawa tersebut dalam sampel.

Ketiga pengulangan menunjukkan stabilitas yang baik, ditunjukkan oleh kemunculan puncak-puncak dominan pada waktu retensi yang hampir sama, khususnya pada rentang 13–15 menit dan 21–24 menit. Fenomena ini mengindikasikan bahwa senyawa volatil utama yang terbentuk akibat pengolahan kukus pada kentang Atlantik bersifat konsisten dan dapat terdeteksi secara berulang dalam kondisi pengujian yang serupa. Variasi kecil yang terlihat dalam intensitas puncak antar pengulangan dapat disebabkan oleh fluktuasi kecil dalam injeksi sampel, perbedaan suhu ruang laboratorium, atau variasi minor dalam sistem tekanan gas pembawa (helium) selama proses analisis. Faktor yang memengaruhi kemiripan ketiga pengulangan ini adalah kondisi operasional instrumen GC-MS yang terjaga secara stabil, antara lain kestabilan suhu oven kolom, kecepatan aliran gas pembawa, tekanan injektor, serta teknik penyiapan dan volume injeksi sampel

yang seragam. Kondisi ini sangat penting karena perubahan sedikit saja pada suhu kolom atau tekanan dapat memengaruhi waktu retensi dan bentuk puncak secara signifikan. Konsistensi dalam penyiapan sampel, meliputi homogenitas, volume injeksi, serta kondisi *headspace* pada HS-SPME, memiliki peran signifikan dalam menjaga kestabilan sinyal senyawa volatil (Zhang *et al.*, 2021).

4.2.2. Identitas Senyawa Volatil dan Karakteristik Flavor Kentang Atlantik

Data yang diperoleh dari analisis GC-MS yang kemudian dianalisis dengan membandingkan spektrum massa yang dihasilkan dengan database yang digunakan, yaitu NIST23 (National Institute of Standard and Technology) Senyawa-senyawa yang terdeteksi ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Identitas Senyawa Volatil Kentang Atlantik Pasca Pengolahan Kukus

RT (min) ¹	Compound	CAS ²	Area	Chemical Classes
1,871	Cyclobutanol	2919-23-5	188.374.770	Alcohol
1,9012	Cyclobutanol	2919-23-5	334.970.116	Alcohol
1,9127	Cyclobutanol	2919-23-5	210.255.616	Alcohol
2,098	Acetone	67-64-1	19.427.653	Ketone
2,11	Acetone	67-64-1	27.221.348	Ketone
2,323	Butanal	123-72-8	19.259.997	Aldehyde
2,343	Butanal	123-72-8	17.953.984	Aldehyde
3,5776	cis-2-Pentenol	1576-95-0	54.301.846	Alkenol
3,6017	Pentanal	110-62-3	185.982.853	Aldehyde
3,6429	Pentanal	110-62-3	47.593.252	Aldehyde
3,7084	Pentanal	110-62-3	59.500.734	Aldehyde
3,796	2-ethyl-Furan	3208-16-0	39.803.234	Furan
4,672	2-Ethylcyclobutanone	10374-14-8	47.450.101	Ketone
4,9931	1-Pentanol	71-41-0	28.822.736	Alcohol
5,0106	1-Pentanol	71-41-0	30.448.390	Alcohol
5,025	1-Pentanol	71-41-0	33.285.217	Alcohol

RT (min) ¹	Compound	CAS ²	Area	Chemical Classes
5,7062	Hexanal	66-25-1	27.890.815	Aldehyde
5,7066	Hexanal	66-25-1	1.778.592.647	Aldehyde
5,7537	Hexanal	66-25-1	1.260.974.104	Aldehyde
7,2169	(E)-2-Hexenal	6728-26-3	40.429.634	Aldehyde
7,2225	(E)-2-Hexenal	6728-26-3	43.854.910	Aldehyde
7,2521	(E)-2-Hexenal	6728-26-3	26.376.724	Aldehyde
8,3228	2-Heptanone	110-43-0	26.656.105	Ketone
8,3284	2-Heptanone	110-43-0	29.239.488	Ketone
8,5008	n-Butyl acrylate	141-32-2	18.098.310	Ester
8,6023	Heptanal	111-71-7	22.441.678	Aldehyde
8,7747	Methional	3268-49-3	25.207.933	Aldehyde
8,7803	Methional	3268-49-3	31.731.228	Aldehyde
8,8218	Methional	3268-49-3	26.611.668	Aldehyde
8,8818	methoxy-phenyl-Oxime-	1000222-86-6	55.795.849	Oxime
8,886	4-methyl-1,4-Hexadiene	1116-90-1	20.636.298	Diene
9,2499	2-ethyl-Phenol	90-00-6	65.880.842	Phenol
9,374	1-Pyrrolidinecarboxaldehyde	3760-54-1	17.738.324	Aldehyde
10,029	(E)-3-Methyl-2-pentene	616-12-6	50.800.426	Alkene
10,3088	(Z)-2-Heptenal	57266-86-1	140.956.904	Aldehyde
10,3202	(Z)-2-Heptenal	57266-86-1	114.122.963	Aldehyde
10,4218	Benzaldehyde	100-52-7	121.617.023	Aromatic Aldehyde
10,4274	Benzaldehyde	100-52-7	62.998.557	Aromatic Aldehyde
10,4451	Benzaldehyde	100-52-7	54.300.705	Aromatic Aldehyde
11,058	1-Octen-3-ol	3391-86-4	93.535.674	Alkenol
11,0636	1-Octen-3-ol	3391-86-4	72.468.841	Alkenol
11,0694	1-Octen-3-ol	3391-86-4	57.323.189	Alkenol
11,2007	2,5-Octanedione	3214-41-3	44.795.210	Diketone
11,2061	2,5-Octanedione	3214-41-3	29.220.388	Diketone
11,2063	2,5-Octanedione	3214-41-3	71.744.415	Diketone
11,4029	2-pentyl-Furan	3777-69-3	160.259.611	Heterocyclic ether
11,4083	2-pentyl-Furan	3777-69-3	73.965.287	Heterocyclic ether
11,4084	2-pentyl-Furan	3777-69-3	32.570.959	Heterocyclic ether
11,516	Isovaleric acid	503-74-2	23.715.111	Carboxylic acid
11,6046	Caproic acid	142-62-1	22.069.202	Carboxylic acid
11,6164	Caproic acid	142-62-1	20.074.815	Carboxylic acid
11,6169	Caproic acid	142-62-1	57.381.689	Carboxylic acid
11,718	Octanal	124-13-0	82.487.014	Aldehyde
12,0153	(E,E)-2,4-Heptadienal	881454	98.460.870	Dienal
12,0209	(E,E)-2,4-Heptadienal	881454	80.461.602	Dienal
12,0267	(E,E)-2,4-Heptadienal	881454	68.093.907	Dienal

RT (min) ¹	Compound	CAS ²	Area	Chemical Classes
12,6155	3-Ethyl-2-methyl-1,3-hexadiene	61142-36-7	76.024.539	Diene
12,6158	3-Ethyl-2-methyl-1,3-hexadiene	61142-36-7	126.804.645	Diene
12,6213	3-Ethyl-2-methyl-1,3-hexadiene	61142-36-7	60.349.169	Diene
12,8949	(E)-3-Octen-2-one	18402-82-9	90.367.230	Ketone
12,8953	(E)-3-Octen-2-one	18402-82-9	36.294.655	Ketone
12,9067	(E)-3-Octen-2-one	18402-82-9	20.006.675	Ketone
13,0261	Benzeneacetaldehyde	122-78-1	37.985.793	Aromatic Aldehyde
13,0317	Benzeneacetaldehyde	122-78-1	28.897.274	Aromatic Aldehyde
13,0435	Benzeneacetaldehyde	122-78-1	19.521.550	Aromatic Aldehyde
13,095	propyl-Benzene	103-65-1	18.476.824	Aromatic Hydrocarbon
13,4657	(E)-2-Octenal	2548-87-0	137.190.454	Aldehyde
13,4661	(E)-2-Octenal	2548-87-0	160.593.144	Aldehyde
13,4716	(E)-2-Octenal	2548-87-0	125.222.924	Aldehyde
13,53	1-Formyl-5-ethylcyclopentene	36431-60-4	35.100.299	Aldehyde
13,556	Vinyl caproate	3050-69-9	28.954.159	Ester
13,8939	1-Octanol	111-87-5	32.257.797	Alcohol
13,8942	1-Octanol	111-87-5	38.634.209	Alcohol
13,8997	1-Octanol	111-87-5	24.365.520	Alcohol
14,3278	Propyl caproate	626-77-7	18.453.107	Ester
14,5717	Cis-3-methylpent-3-ene-5-ol	30804-75-2	92.308.457	Alcohol
14,5721	3,5-Octadien-2-one	38284-27-4	85.555.061	Ketone
14,5775	Cis-3-methylpent-3-ene-5-ol	30804-75-2	82.638.391	Alcohol
14,634	1-cyclohexyl-1-Butanone	1462-27-7	19.864.729	Ketone
14,6672	6-Undecanol	23708-56-7	42.547.399	Alcohol
14,718	Undecane	1120-21-4	19.285.705	Alkane
14,7203	Undecane	1120-21-4	102.918.053	Alkane
14,8813	Nonanal	124-19-6	26.871.960	Aldehyde
14,8867	Nonanal	124-19-6	35.242.901	Aldehyde
14,8868	Nonanal	124-19-6	34.872.906	Aldehyde
15,2971	2-methoxy-Phenol	69519	37.473.689	Phenol
16,6353	4-Ethylbenzaldehyde	4748-78-1	33.539.403	Aldehyde
16,6587	3-ethyl-Benzaldehyde	34246-54-3	1.362.428.941	Aromatic Aldehyde
17,2061	Naphthalene	91-20-3	20.732.004	Aromatic Hydrocarbon
17,8538	Decanal	112-31-2	19.306.532	Aldehyde
17,8539	Decanal	112-31-2	23.618.616	Aldehyde
17,8542	Decanal	112-31-2	35.240.038	Aldehyde
18,1274	(E,E)-2,4-Nonadienal	5910-87-2	40.579.932	Dienal
18,1277	(E,E)-2,4-Nonadienal	5910-87-2	36.126.106	Dienal
18,1332	(E,E)-2,4-Nonadienal	5910-87-2	27.910.478	Dienal

RT (min) ¹	Compound	CAS ²	Area	Chemical Classes
18,502	(E,E)-2,4-Undecadienal	30361-29-6	49.408.307	Dienal
19,5667	Tetrahydrocarvone	499-70-7	18.009.692	Ketone
19,7094	2,5-Hexanedione	110-13-4	25.639.747	Ketone
20,3512	2,4-Decadienal	2363-88-4	18.255.855	Dienal
20,9696	p-sec-butyl-Phenol	99-71-8	74.037.119	Phenol
20,9699	p-sec-butyl-Phenol	99-71-8	152.937.845	Phenol
20,9813	p-sec-butyl-Phenol	99-71-8	39.975.043	Phenol
21,032	(E,E)-2,4-Dodecadienal	21662-16-8	19.490.612	Aldehyde
21,7663	1,3-Oxathiolane	2094-97-5	97.960.403	Heterocyclic ether
21,7726	2-Isopropylcyclopentanone	14845-55-7	25.660.160	Ketone
21,7781	1,3-Oxathiolane	2094-97-5	81.570.916	Heterocyclic ether
21,852	trans-Undec-4-enal	68820-35-9	19.150.381	Aldehyde
21,86	trans-Undec-4-enal	68820-35-9	18.301.730	Aldehyde
32,4988	2-Ethylhexyl salicylate	118-60-5	81.701.751	Ester
32,5106	2-Ethylhexyl salicylate	118-60-5	39.142.080	Ester
Total Area			10.552.035.675	

¹RT (min): *retention time (minute)*.

²CAS: *chemical abstracts service*.

Berdasarkan data pada Tabel 2, menunjukkan keberagaman senyawa yang telah diidentifikasi dari analisis GC-MS yang dilakukan terhadap tiga ulangan pada kentang kultivar Atlantik pasca pengolahan kukus. Jumlah data awal yang dihasilkan terdapat 399 jenis senyawa volatil yang teridentifikasi. Namun pada penelitian ini, puncak dengan intensitas di bawah 1% dari luas area tertinggi tidak dimasukkan, dengan tujuan menyederhanakan visualisasi dan mempermudah interpretasi data. Proses penyederhanaan tersebut menghasilkan 110 jenis senyawa volatil akhir yang disajikan pada Tabel 2. Puncak dengan intensitas rendah menggambarkan senyawa dengan konsentrasi kecil yang dalam penelitian ini dinilai kurang memiliki signifikansi kimiawi. Hasil analisis GC-MS pada ekstrak volatil kentang kultivar Atlantik setelah proses pengukusan berhasil mengidentifikasi berbagai senyawa volatil berdasarkan waktu retensi (RT), luas

area puncak, serta pencocokan spektrum massa dengan basis data NIST23 (*National Institute of Standards and Technology*).

Pada ketiga ulangan, senyawa aldehid muncul sebagai golongan kimia yang paling dominan, khususnya Hexanal, Heptanal, Nonanal, dan (E)-2-Heptenal. Keberadaan senyawa-senyawa aldehid tersebut pada kentang kukus kultivar Atlantik maupun Granola terutama disebabkan oleh proses oksidasi lipid yang berlangsung selama pemanasan, dengan asam lemak tak jenuh rantai panjang sebagai prekursor utamanya. Aldehid yang berasal dari oksidasi lipid merupakan senyawa odor kunci pada kentang kukus karena memiliki volatilitas tinggi, kadar yang melimpah, dan nilai ambang bau yang rendah. Senyawa ini memberikan aroma hijau, grassy, dan segar yang khas pada kentang. Berdasarkan profil aldehid yang teridentifikasi, pembentukan aldehid pada kentang kukus didominasi oleh degradasi lipid karena sebagian besar senyawa yang ditemukan merupakan hasil oksidasi asam lemak. Senyawa aldehid yang terbentuk umumnya dapat terbentuk melalui oksidasi lipid atau reaksi Maillard (Bleicher *et al.*, 2022). Meskipun demikian, keberadaan benzaldehyde, senyawa heterosiklik, dan furan mengindikasikan bahwa reaksi Maillard juga terjadi, tetapi dengan kontribusi yang lebih kecil. Kehadiran senyawa aldehid pada suhu rendah menunjukkan bahwa reaksi Maillard tetap dapat terjadi meskipun diproses pada suhu yang tidak tinggi (Sihombing *et al.*, 2018). Sementara itu, Nonanal dan Decanal memberikan kontribusi pada aroma lembut, fatty, dan citrus-like, sedangkan Heptanal menambah kesan *fruity* dan floral.

Selain aldehid, kelompok alkohol yakni 1-Pentanol, 1-Octanol, dan 1-Octen-3-ol juga terdeteksi dalam jumlah cukup signifikan. Senyawa alkohol umumnya berasal dari degradasi lipid melalui jalur oksidatif dan dapat memberikan aroma *earthy*, *mushroom-like*, hingga *floral*. Senyawa 1-Octen-3-ol khususnya dikenal sebagai komponen penting yang memberikan nuansa *mushroom-like* aroma pada produk pangan. Sementara itu, senyawa volatil golongan keton yakni 2-Heptanone, 2-Octanone, dan 2,5-Octanedione teridentifikasi dengan intensitas sedang, yang terbentuk dari reaksi oksidasi asam lemak maupun dekomposisi termal, berkontribusi pada aroma *buttery* dan *fruity*. Gugus keton diketahui berperan dalam memberikan aroma manis (Morita *et al.*, 2003).

Fenomena penting yang juga terlihat adalah munculnya senyawa hasil reaksi Maillard, yakni Methional yang memiliki aroma khas kentang rebus. Methional dikenal sebagai salah satu penentu utama aroma khas kentang rebus maupun kukus dengan nuansa sulfurik ringan. Kehadiran Methional menunjukkan bahwa reaksi antara gugus amino (asam amino, khususnya metionin) dengan gula pereduksi terjadi selama pengukusan, meskipun intensitasnya lebih rendah dibandingkan pada pengolahan suhu tinggi seperti penggorengan atau pemanggangan. Senyawa lain yakni furfural dan 2-pentylfuran juga memperkuat indikasi keterlibatan reaksi Maillard serta degradasi lipid, yang memberikan karakter *nutty* dan *sweet* aroma. Dengan demikian, aroma kentang Atlantik setelah dikukus dapat digambarkan sebagai kombinasi hijau-segar (dari aldehid), *earthy* (dari alkohol), *buttery* (dari keton), serta khas kentang rebus (dari methional).

4.3. Dugaan Peristiwa Kimia Berdasarkan Senyawa Volatil Teridentifikasi

Senyawa volatil yang berhasil diidentifikasi pada kentang Granola dan Atlantik setelah proses pengukusan menunjukkan variasi yang cukup luas dengan jumlah yang berbeda-beda dan memperlihatkan adanya keterkaitan antara golongan senyawa kimia dengan reaksi kimia yang berlangsung selama proses pemasakan. Keanekaragaman senyawa tersebut berasal dari berbagai reaksi kimia yang berlangsung selama proses pengukusan. Nilai rata-rata luas area beserta standar error untuk tiap senyawa ditampilkan pada Tabel 3, sedangkan distribusi komponen kimia pada kedua kultivar pada kentang segar divisualisasikan dalam bentuk diagram lingkaran (*pie chart*) pada Ilustrasi 4, dan distribusi senyawa kimia setelah pengukusan pada kultivar Granola dan Atlantik disajikan dalam diagram lingkaran pada Ilustrasi 5.

Tabel 3. Rerata dan Standar Error (SE) Kelas Senyawa Kimia

Kelas Senyawa Kimia	Atlantik ($\times 10^3$)	Granola ($\times 10^3$)
Alcohol	94,909 $\pm$ 28,465	86,518 $\pm$ 26,766
Aldehyde	142,225 $\pm$ 63,395	192,914 $\pm$ 74,189
Alkane	61,101 $\pm$ 41,816	22,985 $\pm$ 2,923
Alkenol	69,407 $\pm$ 8,971	77,295 $\pm$ 4,374
Aromatic Aldehyde	241,107 $\pm$ 187,315	48,144 $\pm$ 11,546
Aromatic Hydrocarbon	19,604 $\pm$ 1,127	29,062 $\pm$ 1,417
Carboxylic acid	30,810 $\pm$ 8,888	30,795 $\pm$ 3,520
Dienal	52,412 $\pm$ 9,759	53,720 $\pm$ 10,831
Diene	70,953 $\pm$ 21,964	70,426 $\pm$ 18,470
Diketone	48,586 $\pm$ 12,421	37,570 $\pm$ 1,470
Ester	37,269 $\pm$ 11,765	26,188 $\pm$ 3,731
Furan	-	21,718 $\pm$ 0,716
Heterocyclic ether	89,265 $\pm$ 20,764	86,180 $\pm$ 3,981
Ketone	36,260 $\pm$ 6,737	25,214 $\pm$ 2,897
Phenol	74,060 $\pm$ 20,963	106,762 $\pm$ 12,433

Tabel 3 menyajikan nilai rerata dan standar error (SE) dari luas area masing-masing kelas senyawa kimia yang terdeteksi dalam kentang kultivar Atlantik dan Granola pasca pengolahan kukus. Nilai rerata mencerminkan rata-rata luas area dari ulangan yang dilakukan, sedangkan standar error menggambarkan ketidakpastian estimasi rata-rata tersebut. Apabila variasi data meningkat, maka nilai standar error akan cenderung menurun (Hutama dan Suparji, 2021). Penggunaan standar error dalam analisis ini dan bukan menggunakan standar deviasi lebih sesuai dalam konteks ini karena tujuan utama adalah menunjukkan seberapa presisi rata-rata estimasi dari data ulangan sebagai estimasi populasi sehingga lebih merepresentasikan tingkat ketelitian nilai rata-rata. Standar error berfungsi untuk memberikan gambaran mengenai tingkat keyakinan atau estimasi suatu nilai terhadap populasi sebenarnya (Wooldridge, 2023).

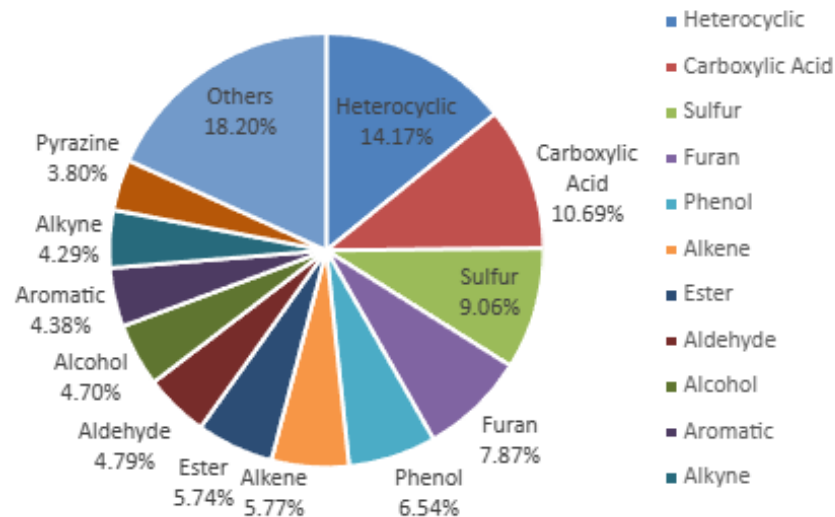
Berdasarkan Tabel 3, terdeteksi sebanyak 15 kelompok senyawa kimia yang menunjukkan variasi komposisi pada masing – masing kultivar. Berdasarkan tabel tersebut lima senyawa volatil pada kentang kultivar Atlantik kukus dengan luas area tertinggi hingga terendah secara berurutan yaitu aldehid aromatik, aldehid, alkohol, eter heterosiklik, dan fenol. Sedangkan lima senyawa volatil pada kentang kultivar Granola kukus dengan luas area tertinggi hingga terendah secara berurutan yaitu aldehid, aldehid aromatik, fenol, alkohol, dan eter heterosiklik. Senyawa-senyawa yang memiliki kesamaan pada nilai rata-rata serta standar error (SE), apabila diurutkan dari nilai tertinggi hingga terendah secara berurutan yaitu eter heterosiklik, alkenol, alkohol, fenol, dan asam karboksilat. Sedangkan senyawa furan tidak terdeteksi pada kentang kukus kultivar Atlantik.

Eter heterosiklik merupakan senyawa pertama yang memiliki kemiripan konsentrasi pada kedua kultivar kentang. Senyawa heterosiklik yang berasal dari turunan furan dan pirana diketahui berkontribusi dalam pembentukan aroma serta cita rasa karamel, buah-buahan, dan manis (Setyanto, 2021). Senyawa heterosiklik biasanya terbentuk sebagai produk dari reaksi Maillard yang terjadi ketika kentang mengalami proses pemanasan, salah satunya pada proses pengukusan. Paparan suhu tinggi dapat memicu terjadinya proses dehidrasi pada glukosa serta degradasi termal terhadap selulosa yang terkandung dalam kentang (Pratama *et al.*, 2022). Fenomena ini menunjukkan bahwa meskipun proses pengukusan berlangsung pada suhu yang relatif lebih rendah dibandingkan metode kering seperti pemanggang, energi panas yang diterima masih cukup untuk memicu reaksi Maillard ringan, menghasilkan gugus heterosiklik yang volatil. Senyawa kedua yang memiliki kemiripan konsentrasi pada kedua kultivar kentang, yaitu alkenol. Senyawa volatil golongan alkenol yang terdeteksi pada kentang kukus, seperti 1-octen-3-ol, mengalami berbagai transformasi kimia akibat perlakuan panas selama proses pengukusan. Ikatan rangkap ($C=C$) pada struktur alkenol bersifat reaktif terhadap suhu tinggi dan keberadaan oksigen, sehingga mudah mengalami oksidasi termal membentuk senyawa turunan berupa aldehid dan keton. Oksidasi lipid dan reaksi Maillard dan Strecker berkontribusi besar terhadap terbentuknya alkohol, aldehid, serta turunannya setelah perlakuan termal (Shahidi dan Hossain, 2022). Senyawa ini biasanya berkontribusi terhadap aroma *green*, *fresh*, dan *grassy*, yang umum ditemukan pada produk olahan kentang yang mengalami pemanasan ringan.

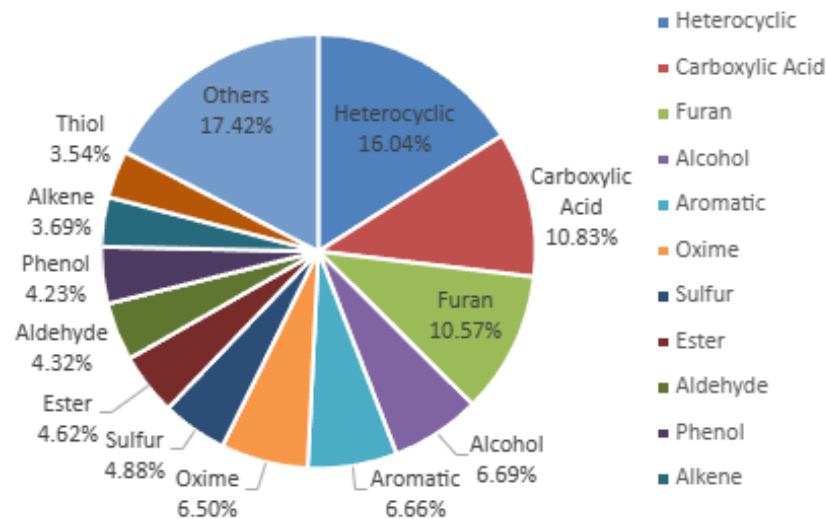
Senyawa ketiga yang memiliki kemiripan konsentrasi pada kedua kultivar kentang, yaitu alkohol. Alkohol merupakan produk utama hasil dekomposisi oksidasi lemak yang memberikan kontribusi signifikan terhadap pembentukan rasa dan aroma kentang yang ideal (Jiang *et al.*, 2023). Oksidasi termal yang dihasilkan selama pemasakan merupakan alasan utama terbentuknya rasa. Fenol merupakan senyawa yang menempati posisi ke empat sebagai senyawa yang memiliki kemiripan konsentrasi pada kedua kultivar kentang. Senyawa fenol diketahui tetap terdapat dalam jumlah yang cukup tinggi pada kentang, bahkan setelah mengalami proses pengolahan (Chaparro *et al.*, 2018). Senyawa kelima yang memiliki kemiripan konsentrasi pada kedua kultivar kentang, yaitu asam karboksilat. Asam karboksilat yakni asam kaproat dan asam isovalerat memberikan kontribusi terhadap aroma fatty, rancid, dan sedikit sour. Asam lemak volatile yaitu kaproat, kaprilat, dan kaprat yang berkontribusi pada pembentukan rasa dan bau spesifik (Kustyawati dan Tobing, 2012).

Di antara komponen kimia yang berperan sebagai prekursor pembentukan senyawa volatil pada kentang kukus, gula pereduksi merupakan komponen yang paling menentukan profil volatil yang dihasilkan. Kandungan gula pereduksi yang lebih tinggi pada kultivar Granola (1,6466%) dibandingkan Atlantik (0,7713%) (Gunarto, 2012). Sehingga menyebabkan reaksi Maillard berlangsung lebih intensif, sehingga menghasilkan lebih banyak senyawa volatil seperti furan, aldehid, dan eter heterosiklik yang bahkan tidak terdeteksi pada kultivar Atlantik, sebagaimana dilaporkan bahwa semakin tinggi kandungan gula pereduksi maka

semakin besar potensi pembentukan senyawa volatil hasil reaksi Maillard (Jiang *et al.*, 2023).



Ilustrasi 6. Distribusi Senyawa Kimia Kentang Segar Granola



Ilustrasi 7. Distribusi Senyawa Kimia Kentang Segar Atlantik

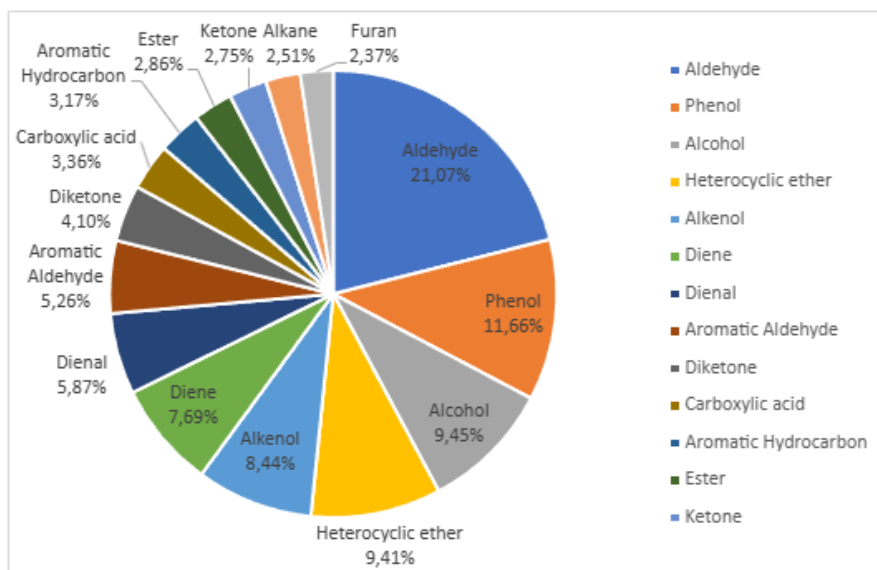
Berdasarkan Ilustrasi 4, menunjukkan bahwa pada kentang segar kultivar Granola, komposisi senyawa kimia didominasi oleh kelompok heterosiklik

(14,17%), kemudian diikuti asam karboksilat (10,69%), sulfur (9,06%), furan (7,87%), fenol (6,54%), alkena (5,77%), ester (5,74%), aldehid (4,79%), alkohol (4,70%), aromatik (4,38%), alkuna (4,29%), pirazin (3,80%), serta kelompok senyawa lainnya (14,17%). Sementara itu, pada kultivar Atlantik, distribusi senyawa terbanyak berasal dari golongan heterosiklik (16,04%), diikuti oleh asam karboksilat (10,83%), furan (10,57%), alkohol (6,69%), aromatik (6,66%), oksim (6,50%), sulfur (4,88%), ester (4,62%), aldehid (4,32%), fenol (4,23%), alkena (3,69%), tiol (3,54%), serta kelompok senyawa lain (17,42%).

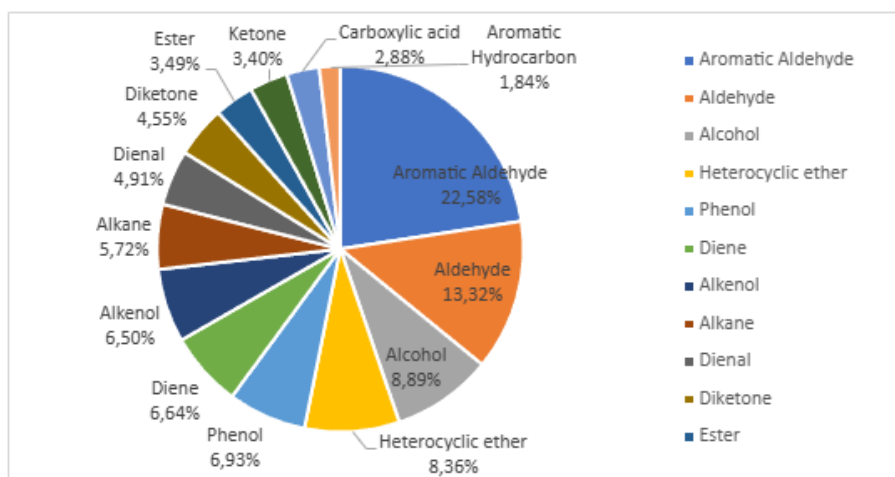
Berdasarkan Ilustrasi 4, terdapat perbedaan keberadaan kelas senyawa kimia antara kentang segar kultivar Granola dan Atlantik. Kentang kultivar Granola tidak mengandung senyawa oxime, sedangkan kentang kultivar Atlantik tidak mengandung senyawa alkuna. Ketidakhadiran oxime pada Granola diduga berkaitan dengan perbedaan genetik antara kedua kultivar, di mana kultivar Atlantik yang berasal dari Amerika Serikat memiliki aktivitas enzim sitokrom P450 famili CYP79 yang lebih tinggi dibandingkan Granola. Enzim CYP79 berperan mengkatalisis konversi asam amino aromatik seperti fenilalanin menjadi senyawa aldoksim sebagai bagian dari jalur metabolisme sekunder tanaman yang bersifat kultivar-spesifik (Sørensen *et al.*, 2018). Sebaliknya, ketidakhadiran alkuna pada kultivar Atlantik diduga disebabkan oleh perbedaan aktivitas enzim desaturase asam lemak, di mana senyawa alkuna pada tanaman umumnya terbentuk melalui desaturasi bertingkat asam lemak tak jenuh rantai panjang secara enzimatik (Minto dan Blacklock, 2008). Kandungan pati Atlantik yang lebih tinggi dengan proporsi

lipid yang berbeda menyebabkan substrat untuk jalur desaturasi tersebut lebih terbatas, sehingga senyawa alkuna tidak terdeteksi.

Tiga kelas senyawa kimia dengan proporsi tertinggi pada kentang segar kultivar Granola secara berturutan adalah heterosiklik (14,17%), asam karboksilat (10,69%), dan sulfur (9,06%). Sementara itu, tiga kelas senyawa kimia dengan proporsi tertinggi pada kentang segar kultivar Atlantik adalah heterosiklik (16,04%), asam karboksilat (10,83%), dan furan (10,57%). Proporsi heterosiklik Atlantik yang lebih tinggi dibandingkan Granola diduga berkaitan dengan kandungan pati dan asam amino bebas tertentu yang secara proporsional lebih tinggi pada Atlantik sebagai substrat jalur biosintesis heterosiklik. Adanya perbedaan konsentrasi dan jumlah senyawa volatil pada kentang segar kultivar Granola dan Atlantik, hal tersebut tidak hanya dipengaruhi oleh perbedaan kandungan gizi, tetapi juga oleh perbedaan ragam atau varietas tanaman yang memiliki karakteristik genetik, morfologi, serta komposisi biokimia yang berbeda. Adanya perbedaan signifikan dalam senyawa volatil yang telah diamati diantara kentang dari berbagai daerah (Zhang *et al.*, 2025). Terbentuknya senyawa volatil yang berperan dalam menghasilkan flavor pada kentang disebabkan oleh adanya metabolit yang mengalami pemecahan struktur atau bereaksi dengan komponen kimia lainnya.



Ilustrasi 8. Distribusi Senyawa Kimia Kentang Granola Pasca Pengolahan Kukus



Ilustrasi 9. Distribusi Senyawa Kimia Kentang Atlantik Pasca Pengolahan Kukus

Berdasarkan Ilustrasi 5, dapat dilihat bahwa distribusi senyawa kimia yang terdeteksi pada kentang kultivar Granola pasca pengolahan kukus didominasi oleh aldehid (21,07 %), diikuti oleh fenol (11,66 %), alkohol (9,45 %), eter heterosiklik (9,41 %), dan enol (8,44 %). Senyawa kimia lain yang terdeteksi dalam konsentrasi relatif lebih rendah pada kentang kultivar Granola yaitu diena (7,69 %), dienal (5,87

%), aldehid aromatik (5,26 %), diketona (4,10 %), asam karboksilat (3,36 %), hidrokarbon aromatik (3,17 %), ester (2,86 %), keton (2,75 %), alkana (2,51 %), dan furan (2,37 %). Pada kentang kultivar Atlantik pasca pengolahan kukus distribusi senyawa kimia yang terdeteksi didominasi oleh aldehid aromatik (22,58 %), aldehid (13,32 %), alkohol (8,89 %), eter heterosiklik (8,36 %), dan fenol (6,93 %). Senyawa lain yang terdeteksi dalam konsentrasi relatif rendah meliputi diena (6,64 %), enol (6,50 %), alkana (5,72 %), dienal (4,91 %), diketona (4,55 %), ester (3,49 %), keton (3,40 %), asam karboksilat (2,88 %), dan hidrokarbon aromatik (1,48 %).

Berdasarkan data pada Ilustrasi 4, kentang segar kultivar Granola memiliki dominasi lima kelompok senyawa utama, yaitu heterosiklik, asam karboksilat, sulfur, furan, dan fenol. Sementara itu, pada kultivar Atlantik, senyawa yang paling dominan meliputi heterosiklik, asam karboksilat, furan, alkohol, dan aromatik. Pola komposisi ini berbeda dengan hasil yang ditampilkan pada Ilustrasi 5 setelah perlakuan pemanasan kukus. Pada Ilustrasi 5, kentang kultivar Granola pasca pengolahan kukus didominasi oleh aldehid, fenol, alkohol, eter heterosiklik, dan enol, sedangkan kultivar Atlantik menunjukkan dominasi aldehid aromatik, aldehid, alkohol, eter heterosiklik, dan fenol. Perbandingan antara kedua ilustrasi tersebut mengindikasikan bahwa perlakuan pemanasan pengukusan menyebabkan perubahan komposisi senyawa volatil, baik melalui pembentukan senyawa baru maupun hilangnya beberapa senyawa yang sebelumnya terdapat pada kentang segar.

Berdasarkan hasil analisis GC-MS terhadap kentang kultivar Atlantik dan Granola pasca pengolahan kukus, diperoleh bahwa kelas senyawa volatil yang paling dominan dan menunjukkan kesamaan pada kedua kultivar adalah aldehid, alkohol, eter heterosiklik, dan fenol. Senyawa aldehid pada kentang kultivar Granola kukus jumlahnya lebih tinggi dibandingkan dengan senyawa aldehid yang terdapat pada kentang kultivar Atlantik. Aldehid umumnya terbentuk melalui degradasi Strecker dari asam amino selama proses pemanasan. Senyawa aldehid terbentuk melalui proses oksidasi asam lemak jenuh maupun tak jenuh yang memiliki ikatan rangkap karbon pada sampel (Pratama *et al.*, 2022). Oksidasi lemak terjadi ketika asam lemak tak jenuh bereaksi dengan oksigen di lingkungan, baik secara enzimatis maupun non-enzimatis, sehingga menghasilkan senyawa-senyawa hasil degradasi antara lain, aldehid, keton, alkohol, dan asam karboksilat yang bersifat volatil dan berpengaruh terhadap flavor serta mutu pangan. Senyawa aldehid juga dapat dihasilkan dari proses reaksi Maillard, khususnya pada tahap degradasi Strecker. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh (Sihombing *et al.*, 2018), yang menyatakan bahwa kehadiran senyawa aldehid pada suhu 70°C mengindikasikan bahwa reaksi Maillard tetap terjadi meskipun proses berlangsung pada suhu relatif rendah. Suhu tinggi menyebabkan gula pereduksi bereaksi dengan asam amino sehingga membentuk senyawa intermediat. Reaksi Maillard tahap awal menghasilkan basa *Schiff* dan produk Amandori (Suhartono dan Setiawan, 2005).

Senyawa alkohol merupakan golongan senyawa dominan ke dua yang terdeteksi pada kentang kultivar Granola dan kentang kultivar Atlantik. Senyawa

alkohol yang terdeteksi umumnya berasal dari proses penguraian hidroperoksida sekunder yang terbentuk dari asam lemak (Pratama *et al.*, 2013). Senyawa ini terbentuk dari reduksi aldehid dan keton yang dihasilkan selama reaksi Maillard serta dari oksidasi parsial lipid. Senyawa alkohol dihasilkan sebagai produk sampingan dari oksidasi asam lemak tak jenuh, di mana aldehid dikonversi menjadi alkohol melalui aktivitas enzim alkohol dehidrogenase (ADH) (Ma *et al.*, 2023). Senyawa eter heterosiklik merupakan golongan senyawa ketiga yang terdeteksi pada kentang kultivar Granola dan kentang kultivar Atlantik. Senyawa eter heterosiklik muncul sebagai hasil dari reaksi Maillard lanjutan antara gula reduksi (glukosa dan fruktosa) dengan asam amino yang menghasilkan senyawa siklik mengandung oksigen atau nitrogen, misalnya furan. Senyawa heterosiklik termasuk dalam kelompok senyawa yang sangat penting karena menjadi dasar pembentukan sebagian besar senyawa organik (Surahmaida *et al.*, 2018). Senyawa fenol merupakan senyawa dominan ke empat yang sama pada kedua kultivar kentang. Fenol tergolong dalam golongan senyawa organik yang bersifat aromatik. Fenol terbentuk sebagai hasil dari proses oksidasi lemak (Indrasti *et al.*, 2022). Pada penelitian yang dilakukan oleh Sihombing *et al.*, (2018), menyatakan bahwa senyawa fenol muncul pada suhu 70°C mengindikasikan bahwa reaksi Maillard tetap terjadi meskipun proses berlangsung pada suhu relatif rendah.

Senyawa furan merupakan salah satu senyawa yang hanya terdeteksi pada kentang kultivar Granola. Sifat dari furan yaitu tidak berwarna dan mudah menguap (Saputri *et al.*, 2020). Senyawa furan termasuk dalam golongan senyawa oksigen heterosiklik yang terbentuk melalui proses dehidrasi atau fragmentasi gula. Furan

terbentuk dari degradasi gula pereduksi, asam amino, vitamin C, dan asam lemak tak jenuh melalui reaksi Maillard (Fromberg *et al.*, 2014). Kandungan gula, asam amino bebas, dan asam lemak antara kultivar Granola dan Atlantik dapat berbeda, sehingga prekursor furan pada Atlantik mungkin lebih sedikit sehingga furan yang terbentuk sangat rendah. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Gunarto (2012), menyatakan bahwa kadar gula pada kentang kultivar Granola sebanyak 1,6466% sedangkan kadar gula pada kentang kultivar Atlantik sebanyak 0,7713%. Hal ini menunjukkan bahwa kadar gula pada kentang kultivar Atlantik lebih rendah potensi pembentukan furan menjadi jauh lebih kecil hingga mungkin tidak terdeteksi oleh alat GC-MS. Keberadaan senyawa furan dapat menimbulkan efek negatif seperti kerusakan hati, serta melemahnya sistem kekebalan tubuh dalam jangka pendek, sementara dalam jangka panjang dapat menyebabkan kanker, serta kerusakan genetik (Efrizal, 2023).

Perbandingan Ilustrasi 4 dan 5 menunjukkan beberapa kelas senyawa kimia yang terdeteksi pada kentang segar namun hilang setelah pengukusan. Pada kultivar Granola, golongan tersebut meliputi sulfur, alkuna, dan pirazin, sedangkan pada Atlantik meliputi oxime, sulfur, dan thiol. Senyawa sulfur dan alkuna pada Granola umumnya memiliki volatilitas tinggi dan ikatan labil sehingga mudah menguap; hal ini sesuai dengan Kumalasari dan Brahmanti (2025) yang menyatakan bahwa suhu tinggi dapat memecah senyawa sulfur secara tidak langsung, selain karena adanya aktivitas enzim. Senyawa thiol juga sangat reaktif dan mudah teroksidasi selama pemanasan, di mana oksidasi ini berperan dalam pembentukan protein (Nurhayati *et al.*, 2022). Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh W. Zhang *et al.*,

(2025) menunjukkan bahwa pemrosesan kentang umumnya menghasilkan senyawa volatil utama berupa aldehid (2-octenal, hexanal, nonenal), alkenol (1-octen-3-ol), furan (2-pentylfuran), serta keton tak jenuh—pola yang sejalan dengan temuan pada Granola dan Atlantik pasca pengukusan. Namun, senyawa seperti cis-2-(2-pentenyl) furan dan 3,5-octadien-2-one tidak terdeteksi dalam penelitian ini, yang diduga disebabkan oleh perbedaan kultivar, suhu pengukusan, kandungan gula pereduksi, serta keterbatasan sensitivitas metode HS-SPME-GC-MS.

Berdasarkan perbandingan profil senyawa volatil, ditemukan beberapa penciri (marker compounds) untuk masing-masing kultivar pasca pengukusan. Pada kultivar Granola, furan menjadi penciri utama karena terdeteksi secara eksklusif dan tidak ditemukan pada Atlantik. Hal ini diduga terkait kandungan gula reduksi Granola yang lebih tinggi (1,6466%) dibandingkan Atlantik (0,7713%) (Gunarto, 2012), sehingga menyediakan prekursor lebih banyak untuk pembentukan furan melalui reaksi Maillard dan degradasi termal. Kadar aldehid, alkohol, eter heterosiklik, dan fenol pada Granola juga lebih tinggi, mengindikasikan aktivitas oksidasi lipid yang lebih intensif selama pengukusan. Sebaliknya, penciri utama kultivar Atlantik adalah aldehid aromatik, terutama 3-ethyl-benzaldehyde, yang mendominasi profil volatil dengan luas area 1.362.428.941 (22,58% dari total distribusi senyawa)—jauh lebih tinggi dibandingkan Granola (5,26%). Hal ini menunjukkan jalur pembentukan senyawa aromatik lebih dominan pada Atlantik, kemungkinan dipengaruhi oleh perbedaan komposisi asam amino dan prekursor aromatik antara kedua kultivar.

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1. Simpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, kentang kultivar Granola dan Atlantik pasca pengolahan kukus memiliki profil senyawa volatil yang berbeda. Kentang kultivar Atlantik tidak terdeteksi senyawa furan sementara senyawa aldehid aromatik (3-ethyl-benzaldehyde) menjadi penciri dominan kultivar Atlantik pasca pengukusan. Sebaliknya, furan menjadi senyawa penciri eksklusif kultivar Granola, disertai kadar aldehid, alkohol, eter heterosiklik, dan fenol yang lebih tinggi dibandingkan kultivar Atlantik. Perbedaan komposisi dan intensitas senyawa volatil tersebut menunjukkan bahwa masing-masing kultivar memiliki karakteristik flavor yang berbeda setelah pengolahan kukus. Berdasarkan karakteristik flavor yang dihasilkan, kentang kultivar Granola lebih sesuai dimanfaatkan pada produk olahan yang mempertahankan cita rasa alami kentang, sedangkan kentang kultivar Atlantik berpotensi dimanfaatkan pada produk olahan dengan proses pemanasan lanjutan, seperti keripik kentang dan kentang goreng. Senyawa-senyawa volatil yang teridentifikasi diduga terbentuk melalui reaksi kimia selama proses pengukusan, terutama oksidasi lipid, yang berperan dalam pembentukan karakteristik flavor pada kedua kultivar kentang.

5.2. Saran

Hasil penelitian ini dapat dijadikan sebagai dasar dalam pemilihan kultivar kentang sesuai dengan karakteristik flavor yang diinginkan pada produk olahan. Kentang kultivar Granola yang menghasilkan senyawa aldehid, alkohol, eter heterosiklik, dan fenol dengan intensitas lebih tinggi berpotensi dimanfaatkan pada produk olahan yang mengutamakan aroma khas hasil pemasakan, seperti kentang kukus, mashed potato, sup, dan perkedel. Sementara itu, kentang kultivar Atlantik dengan profil senyawa volatil yang berbeda dapat dipilih untuk produk olahan yang memerlukan karakteristik flavor yang lebih ringan, seperti keripik kentang atau kentang goreng. Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengkaji hubungan antara profil senyawa volatil dengan karakteristik sensori melalui uji sensori, seperti uji hedonik, sehingga pengaruh senyawa volatil terhadap penerimaan konsumen serta karakteristik flavor pada berbagai produk olahan kentang dapat dibuktikan secara lebih komprehensif.

DAFTAR PUSTAKA

- Agatha, M.K., dan Wulandari, E. 2018. Analisis Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Produksi Kentang Di Kelompok Tani Mitra Sawargi Desa Barusari Kecamatan Pasirwangi Kabupaten Garut. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa AGROINFO GALUH* 4(3): 772–778.
- Al-Baarri, A.N., Legowo, A.M., dan Widayat. 2018. The browning value changes and spectral analysis on the Maillard reaction product from glucose and methionine model system. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 102(1):. DOI:10.1088/1755-1315/102/1/012003.
- Amalia, L., Novidahlia, N., Kusumaningrum, I., Mulya, S., Mardiah, Jumiono, dan A., Eliska, A. 2021. Senyawa Volatil Daging Celeng (*Sus scrofa vittatus*) dengan Berbagai Pengolahan Menggunakan Metode SPME-GC/MS. 11(April): 123–133.
- Apriyantono, A., dan Kumara, B. 2004. IDENTIFIKASI CHARACTER IMPACT ODORANTS BUAH KAWISTA (*Feronia limonia*) [Identification of Character Impact Odorants of Wood Apple Fruit (*Feronia limonia*)]. (1):.
- Astutiningsih, F., Nurlisa, D., dan Suhartatik, N. 2024. Karakteristik Organoleptik dan Profil Senyawa Volatil Rendang Bumbu Instan dengan Head Space Solid Phase Microextraction (HS-SPME) dan Gas Chromatography Mass Spectrometry (GC-MS). *AGRITEKNO: Jurnal Teknologi Pertanian* 13(2): 191–201. DOI:10.30598/jagritekno.2024.13.1.191.
- Ayseli, M.T., Filik, G., dan Selli, S. 2014. Evaluation of volatile compounds in chicken breast meat using simultaneous distillation and extraction with odour activity value. *Journal of Food and Nutrition Research* 53(2): 137–142.
- Bethke, P.C., Halterman, D.A., Francis, D.M., Jiang, J., Douches, D.S., Charkowski, A.O., and Parsons, J. 2022. Diploid Potatoes as a Catalyst for Change in the Potato Industry. *American Journal of Potato Research* 337–357. Springer US. DOI:10.1007/s12230-022-09888-x.
- Bleicher, J., and Ebner, E.E. 2022. Formation and Analysis of Volatile and Odor Compounds in Meat — A Review. 1–31.
- Chaparro, J.M., Holm, D.G., Broeckling, C.D., Prenni, J.E., and Heuberger, A.L. 2018. Metabolomics and Ionomics of Potato Tuber Reveals an Influence of Cultivar and Market Class on Human Nutrients and Bioactive Compounds. *Frontiers in Nutrition* 5(May): 1–22. DOI:10.3389/fnut.2018.00036.
- Chen, Guoshun Su, Yingyu He, Lianghong wu, and Hongbin Shui, S. 2015. Analysis of Volatile Compounds In Pork From Four Different Pig Breeds Using Headspace Solid-Phase Micro-Extraction/Gas Chromatography-Mass Spectrometry. 16(2): 39–55.

- Darmapatni, K.A.G. 2016. Pengembangan Metode GC-MS untuk Penetapan Kadar Acetaminophen pada Spesimen Rambut Manusia. *Jurnal Biosains Pascasarjana* 18(3): 255. DOI:10.20473/jbp.v18i3.2016.255-266.
- Dewi, S.K., Dwiloka, B., dan Setiani, B.E. 2017. Pengurangan Kadar Oksalat pada Umbi Talas dengan Penambahan Arang Aktif pada Metode Pengukusan. 6(2): 2–5.
- Dewi, S.T.R., Karim, D., dan Damaris, D. 2020. Identifikasi Kandungan Daun Nggorang (*Salvia occidentalis* Sw) Menggunakan Spektrofotometer GC-MS. *Media Farmasi* 16(2): 244. DOI:10.32382/mf.v16i2.1806.
- Efrizal, W. 2023. BERDAMPAKKAH CEMARAN DIOKSIN BAGI KEADAAN GIZI DAN KESEHATAN?. 12(1): 15–22.
- Elsera, T., Jumali, dan Kusbiantoro, B. 2014. Karakteristik Flavor Beras Varietas Padi Aromatik dari Ketinggian Lokasi yang Berbeda. 27–35.
- Fromberg, A., Mariotti, M.S., Pedreschi, F., Fagt, S., dan Granby, K. 2014. Furan and Alkylated Furans in Heat Processed Food , Including Home Cooked Products. *Czech Journal of Food Sciences* 32(5): 443–448. *Czech Journal of Food Sciences*. DOI:10.17221/341/2013-CJFS.
- Gherghel, S., Morgan, R.M., Arrebola-liébanas, J., Romero-gonzález, R., Blackman, C.S., Garrido-frenich, A., and Parkin, I.P. 2018. Development of a HS-SPME / GC – MS method for the analysis of volatile organic compounds from fabrics for forensic reconstruction applications. *Forensic Science International* 290 207–218. Elsevier Ireland Ltd. DOI:10.1016/j.forsciint.2018.07.015.
- Gunarto, A. 2012. PREFERENSI PANELIS PADA TIGA KLON KENTANG TERHADAP KULTIVAR GRANOLA DAN ATLANTIK. 14(8): 6–12.
- Habinshuti, I., Chen, X., Yu, J., Mukeshimana, O., Duhoranimana, E., Karangwa, E., and Muhoza, B. 2019. Antimicrobial, antioxidant and sensory properties of Maillard reaction products (MRPs) derived from sunflower, soybean and corn meal hydrolysates. *Lwt* 101(December 2018): 694–702. DOI:10.1016/j.lwt.2018.11.083.
- Handayani, T., Sofiari, E., dan Kusmana, N. 2016. Karakterisasi Morfologi Klon Kentang di Dataran Medium. *Buletin Plasma Nutfah* 17(2): 116. DOI:10.21082/blpn.v17n2.2011.p116-121.
- Harahap, S.E., Purwanto, Y.A., Budijanto, S., dan Maharijaya, A. 2018. Karakterisasi Kerenyahan dan Kekerasan Beberapa Genotipe Kentang (*Solanum tuberosum* L.) Hasil Pemuliaan. *Jurnal Pangan* 26(3): 1–7.
- Hendra Utama, W., dan Suparji. 2021. Meta-Analisis Pengaruh Penerapan Model Pembelajaran Student Team Achievement Division (STAD) dalam Meningkatkan Hasil Belajar Peserta Didik DPIB. *Jurnal Kajian Pendidikan Teknik Bangunan* 7(2): 1–8. Retrieved from

<https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/jurnal-kajian-ptb/article/download/40355/35023>

- Hidayah, P., Izzati, M., dan Parman, S. 2017. Buletin Anatomi dan Fisiologi Volume 2 Nomor 2 Agustus 2017 Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Kentang (*Solanum tuberosum* L . var . Granola) pada Sistem Budidaya yang Berbeda The Growth and Production of Potatoes (*Solanum tuberosum* L . var . Granola) on Different System of Cultivation. 2.
- Ikbal Syukroni, dan Andi Santi. 2021. Profil Gizi dan Kandungan Kolesterol Udang Windu (*Penaeus monodon*) dengan Metode Pemasakan Berbeda. Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia 24(3): 319–324. DOI:10.17844/jphpi.v24i3.37477.
- Indrasti, D., Mukhlisin, M.F., Darmawan, N., dan Yuliana, N.D. 2022. Profil Komponen Volatil Beberapa Jenis Satai Menggunakan Kromatografi Gas (Volatile Profiles of Various Types of Satay Using Gas Chromatography). 27(April): 199–215. DOI:10.18343/jipi.27.2.199.
- Ismadi, Annisa, K., Nazirah, L., Nilahayati, dan Maisura. 2021. Karakterisasi Morfologi dan Hasil Tanaman Kentang Varietas Granola dan Kentang Merah yang Dibudidayakan Di Bener Meriah Provinsi Aceh. 18 63–71.
- Jiang, H., Duan, W., Zhao, Y., Liu, X., Wen, G., Zeng, F., and Liu, G. 2023. Development of a Flavor Fingerprint Using HS-GC-IMS for Volatile Compounds from Steamed Potatoes of Different Varieties.
- Jiménez-Castaño, L., Villamiel, M., and López-Fandiño, R. 2007. Glycosylation of individual whey proteins by Maillard reaction using dextran of different molecular mass. Food Hydrocolloids 21(3): 433–443. DOI:10.1016/j.foodhyd.2006.05.006.
- Kimia ' -Osains, Q., Aplikasi, D., Sihombing, O.M., Puspita, D., and Sirenden, M.T. 2018. Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi 21 (3) (2018): 155-160 Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi Journal of Scientific and Applied Chemistry Fragrance Formation in the of Cocoa Roasted Process (*Theobroma cacao*) with Roaster Temperature Variation using a Vacuum D. Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi 21(3): 155–160. Retrieved from <http://ejournal.undip.ac.id/index.php/ksa>
- Kosowska, M., Majcher, M.A., and Fortuna, T. 2017. Volatile compounds in meat and meat products. Food Science and Technology (Brazil) 37(1): 1–7. DOI:10.1590/1678-457X.08416.
- Kumalasari, D., dan Brahmanti, A.A. 2025. IDENTIFIKASI SENYAWA VOLATIL AROMA PADA DAUN LOKIO (*Allium chinense* G Don) SELAMA PENYIMPANAN SUHU RUANG. 19(1): 1–9.
- Kurniawan, R., Harahap, M.R., Ardila, M., dan Irayani, I. 2026. KOMPOSISI SENYAWA VOLATIL KECOMBRANG (*Etlingera elatior*): ANALISIS

KOMPARATIF GC-MS PADA BUNGA DAN BATANG MENGGUNAKAN HS-SPME. 4(2): 41–48.

- Kustyawati, M.E., dan Tobing, D. 2012. PROFIL ASAM LEMAK DAN ASAM AMINO SUSU KAMBING SEGAR DAN TERFERMENTASI [Fatty Acid and Amino Acid Profile of Fresh and Fermented Goat Milk] Fermentasi susu kambing dan susu sapi Analisis asam amino dengan HPLC Analisa data. XXIII(1): 0–5.
- Ma, W., Zhu, Y., Ma, S., Shi, J., Yan, H., Lin, Z., Lv, H. 2023. Aroma characterisation of Liu-pao tea based on volatile fingerprint and aroma wheel using SBSE-GC – MS. Food Chemistry 414(February): 135739. Elsevier Ltd. DOI:10.1016/j.foodchem.2023.135739.
- Mandei, J.H., dan Nuryadi, A.M. 2017. Pengaruh cara perendaman dan jenis kentang terhadap mutu keripik kentang. Jurnal Penelitian Teknologi Industri 9(2): 123–136. Retrieved from <https://media.neliti.com/media/publications/286015-pengaruh-cara-perendaman-dan-jenis-kenta-af2224c2.pdf>
- Margareta, M.A.H., dan Wonorahardjo, S. 2023. Optimasi Metode Penetapan Senyawa Eugenol dalam Minyak Cengkeh Menggunakan Gas Chromatography – Mass Spectrum dengan Variasi Suhu Injeksi. Jurnal Sains dan Edukasi Sains 6(2): 95–103. DOI:10.24246/juses.v6i2p95-103.
- Masriany, Sari, A., dan Armita, D. 2020. Senyawa Volatil dari Berbagai Jenis Tanaman Dan Potensinya Sebagai Pengendali Hama yang Ramah Lingkungan. Journal UIN Alauddin 1(September): 475–481. Retrieved from <http://journal.uin-alauddin.ac.id/index.php/psb/>
- Melini, V., and Acquistucci, R. 2017. Health-Promoting Compounds in Pigmented Thai. DOI:10.3390/foods6010009.
- Minto, R.E., and Blacklock, B.J. 2008. Progress in Lipid Research Biosynthesis and function of polyacetylenes and allied natural products. 47 233–306. DOI:10.1016/j.plipres.2008.02.002.
- Morita, K., Kubota, K., and Aishima, T. 2003. Comparison of aroma characteristics of 16 fish species by sensory evaluation and gas chromatographic analysis. Journal of the Science of Food and Agriculture 83(4): 289–297. DOI:10.1002/jsfa.1311.
- Nooshkam, M., Varidi, M., and Bashash, M. 2019. The Maillard reaction products as food-born antioxidant and antibrowning agents in model and real food systems. Food Chemistry 275(May 2018): 644–660. DOI:10.1016/j.foodchem.2018.09.083.
- Nurchayati, Y., Setiari, N., Dewi, N.K., dan Meinaswati, F.S. 2019. Karakterisasi morfologi dan fisiologi dari tiga varietas kentang (*Solanum tuberosum* L.) di Kabupaten Magelang Jawa Tengah. NICHE Journal of Tropical Biology 2(2):

- 38–45. Retrieved from <https://ejournal2.undip.ac.id/index.php/niche>
- Nurhayati, D., Mulia, Y.S., dan Azhiima, A.F. 2022. PENGARUH INHIBITOR SISTEIN PADA FERMENTASI BIJI KAKAO TERHADAP KANDUNGAN POLIFENOL. 14(1): 191–196.
- Oh, J.G., Chun, S.H., Kim, D.H., Kim, J.H., Shin, H.S., Cho, Y.S., and Kim, Y.K.. 2017. Anti-inflammatory effect of sugar-amino acid Maillard reaction products on intestinal inflammation model in vitro and in vivo. *Carbohydrate Research* 449 47–58. DOI:10.1016/j.carres.2017.07.003.
- Pratama, R.I., Rostini, I., dan Awaluddin, M.Y. 2013. KOMPOSISI KANDUNGAN SENYAWA FLAVOR IKAN MAS (*Cyprinus carpio*) SEGAR DAN HASIL PENGUKUSANNYA. IV(1): 55–67.
- Pratama, R.I., Rostini, I., dan Rochima, E. 2018. Profil Asam Amino, Asam Lemak dan Komponen Volatil Ikan Gurame Segar (*Osphronemus gouramy*) dan Kukus. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia* 21(2): 219. DOI:10.17844/jphpi.v21i2.22842.
- Purwanti, R., dan R. Fadilah, S.Y. 2019. Pengaruh Metode dan Lama Pengolahan Terhadap Analisis Mutu Ubi Jalar Orange (*Ipomoea batatas* L). 5 91–103.
- Putri, A.E., dan Saputra, A. 2025. Analisis Fitokimia Hasil GC-MS *Parmelia sulcata* (Ascomycota : Parmeliaceae) Sebagai Pewarna Alami Phytochemical Analysis GC-MS Results of *Parmelia sulcata* (Ascomycota : Parmeliaceae) As a Natural Color. 25(April): 23–36.
- Rahayu, S.T., Kusmana, M., dan Sofiari, E. 2011. Uji Kualitas Umbi Beberapa Klon Kentang untuk Keripik. 21(1): 51–59.
- Rahayu, Y.S., Astuti, Y., dan Prasetya, E.F. 2020. Identifikasi Ekstasi/MDMA Menggunakan Analisis Tes Warna dan Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GCMS). *Jurnal Sains dan Edukasi Sains* 3(2): 38–45. DOI:10.24246/juses.v3i2p38-45.
- Ramadhanti, B.W., Sumardianto, and Romadhon. 2024. Quality and Volatile Compound Content Characteristics of Fermented Squid Bekasam With Different Fermentation Durations. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia* 27(3): 208–222. DOI:10.17844/jphpi.v27i3.48451.
- Ramdhani, R., Amalia, V., dan Junitasari, A. 2022. Pengaruh Konsentrasi Sorbitol terhadap Karakteristik Edible Film Pati Kentang (*Solanum tuberosum* L.) dan Pengaplikasiannya pada Dodol Nanas. *Jurnal Kimia* 15 103–111.
- Riadi, M., Okasa, A.M., Sjahril, R., Mahendradatta, and M., Rafiuddin. 2022. VOLATILE COMPOUND ANALYSIS OF AROMATIC RICE MUTANT LINES USING HS-SPME/GC-MS. 9(November): 257–267.
- Rojas, C., Aranda, J.F., Pacheco Jaramillo, E., Losilla, I., Tripaldi, P., Duchowicz, P.R., and Castro, E.A. 2021. Food informatic prediction of the retention time

- of pesticide residues detected in fruits and vegetables using UHPLC/ESI Q-Orbitrap. *Food Chemistry* 342(May 2020): 128354. Elsevier. DOI:10.1016/j.foodchem.2020.128354.
- Rozaqi, A.J., Sunyoto, A., Arief, dan M. rudyanto. 2021. Deteksi Penyakit Pada Daun Kentang Menggunakan Pengolahan Citra dengan Metode Convolutional Neural Network. *Creative Information Technology Journal* 8(1): 22. DOI:10.24076/citec.2021v8i1.263.
- Rusky I Pratama, Tuhpator Rohmah, Evi Liviawaty, dan Emma Rochima, I.R. 2022. IDENTIFIKASI KOMPONEN FLAVOR VOLATIL IKAN KEMBUNG SEGAR (*Rastrelliger* sp.). 4(3): 205–214.
- Saputri, L.H., Wlandari, R., dan Fauzi, A. 2020. Optimasi Proses Ekstraksi Furfural Bagasse dan Trash Serta Potensinya untuk Material Coating. 8(1): 96–109.
- Sari, N.P., dan Putri, W.D.R. 2018. PENGARUH LAMA PENYIMPANAN DAN METODE PEMASAKAN TERHADAP KARAKTERISTIK FISIKOKIMIA LABU KUNING (*Cucurbita moschata*). *Jurnal Pangan dan Agroindustri* 6(1): 17–27. DOI:10.21776/ub.jpa.2018.006.01.3.
- Sari, W.P., Sunarharum, W.B., and Maligan, J.M. 2023. Literature Review: Profiling Aroma Compound of Robusta Coffe. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Pangan VIII* 111–120.
- Setyanto, H.Y. 2021. PENGARUH FORMULASI SNACK BARBERBAHAN DASAR SORGHUM (*SORGHUM BICOLOR* (L.)) TERHADAP SIFAT ORGANOLEPTIK. 13(02): 65–72. DOI:10.24036/jpk/vol13-iss02/916.
- Shahidi, F., and Hossain, A. 2022. Role of Lipids in Food Flavor Generation.
- Sihombing, M., Puspita, D., and Tinting, M. 2018. Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi Fragrance Formation in the of Cocoa Roasted Process (*Theobroma cacao*) with Roaster Temperature Variation using a Vacuum Drying Oven. 21(3): 155–160.
- Sim, E., Kim, J., Kim, H.S., Park, H.Y., and Choi, H.S. 2023. Physicochemical characteristics of three potato cultivars grown in different cultivation periods. *Journal of Food Composition and Analysis* 119(November 2022): DOI:10.1016/j.jfca.2023.105215.
- Singgih, W.D. 2015. PADA PEMBUATAN WINGKO KENTANG The Effect of Proportion Glutinous Rice Flour and Potatoes on Wingko Processing. *Jurnal Pangan Dan Agroindustri* 3(4): 1573–1583.
- Sørensen, M., Neilson, E.H.J., and Møller, B.L. 2018. Oximes : Unrecognized Chameleons in General and Specialized Plant Metabolism. *Molecular Plant* 11(1): 95–117. Elsevier Ltd. DOI:10.1016/j.molp.2017.12.014.
- Strehmel, N., Hummel, J., Erban, A., Strassburg, K., and Kopka, J. 2008. Retention index thresholds for compound matching in GC – MS metabolite profiling &. 871 182–190. DOI:10.1016/j.jchromb.2008.04.042.

- Suhartono, E., and Setiawan, B. 2005. Model pembentukan Advanced Glycation End Products (AGEs) dan degradasi tirosin akibat reaksi maillard Models of the formation of Advanced Glycation End Products (AGEs) and tyrosine degradation by Maillard reaction. 13(1): 1–6.
- Surahmaida, dan Sudarwati, T.P.L., J. 2018. ANALISIS GCMS TERHADAP SENYAWA FITOKIMIA EKSTRAK METANOL GANODERMA LUCIDUM Surahmaida *1 , Tri Puji Lestari Sudarwati 1 , Junairiah 2 2. Kimia Riset 3(2): 147–155.
- Thufailah, G.S., Firmansyah, F.R., dan Mahendra, M.A. 2023. Analisis Senyawa Organik Volatil (Aseton dan Etanol) sebagai Hasil Fermentasi Limbah Biomassa dengan Kromatografi Gas. 2(1): 8–15.
- Utami, G.R., Rahayu, M.S., dan Setiawan, A. 2015. Penanganan Budidaya Kentang (*Solanum tuberosum* L.) di Bandung, Jawa Barat. Buletin Agrohorti 3(1): 105–109. DOI:10.29244/agrob.v3i1.14833.
- Wang, Yuanyuan, Ma, Y., Duan, J., Wang, B., Ma, T., Jiang, Y., and Zhang, B. 2025. Discrimination and characterization of the volatile organic compounds in red and black raspberry wines fermented with different commercial *Saccharomyces cerevisiae*: An integrated analysis using E-nose, GC-MS, GC-IMS, and multivariate statistical models. Food Chemistry 478(1):. Elsevier Ltd. DOI:10.1016/j.foodchem.2025.143678.
- Wang, Yujiao, Bu, X., Yang, D., Deng, D., Lei, Z., Guo, Z., and Ma, X.l. 2023. Effect of Cooking Method and Doneness Degree on Volatile Compounds and Taste Substance of Pingliang Red Beef. Foods 12(3):. DOI:10.3390/foods12030446.
- Wooldridge, J.M. 2023. What is a standard error ? (And how should we compute it ?). Journal of Econometrics 237(2PA): 105517. Elsevier B.V. DOI:10.1016/j.jeconom.2023.105517.
- Zhang, R., Tang, C., Jiang, B., Mo, X., and Wang, Z. 2021. Optimization of hspme for gc-ms analysis and its application in characterization of volatile compounds in sweet potato. Molecules 26(19):. DOI:10.3390/molecules26195808.
- Zhang, W., Li, L., Zhao, Y., Yang, H., Zhang, X., Zhang, Z., and Wang, X. 2025. Food Chemistry : X Characterization of differences in volatile compounds and metabolites of six varieties of potato with different processing properties. Food Chemistry: X 25(December 2024): 102116. Elsevier Ltd. DOI:10.1016/j.fochx.2024.102116.
- Zhang, W., Li, L., Zhao, Y., Yang, H., Zhang, X., Zhang, Z., and Wang, X. 2025. Food Chemistry : X Characterization of differences in volatile compounds and metabolites of six varieties of potato with different processing properties. Food Chemistry: X 25(September 2024): 102116. Elsevier Ltd. DOI:10.1016/j.fochx.2024.102116.