

**REVIEW PROSES PENYANGRAIAN KOPI DAN TERBENTUKNYA
AKRILAMIDA YANG BERHUBUNGAN DENGAN KESEHATAN**

**REVIEW OF COFFEE ROASTING PROCESS AND FORMATION OF
ACRYLAMIDE RELATED TO HEALTH**

Rince Alfia Fadri^{*1}, Kesuma Sayuti², Novizar Nazir², Irfan Suliansyah³

¹ Mahasiswa Program Doktor Ilmu Pertanian Universitas Andalas

² Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Andalas

³ Fakultas Pertanian Universitas Andalas

*Corresponding author

Email: rince.alfia@gmail.com

Abstrak. Makalah ini berisi tinjauan komprehensif terhadap literatur tentang proses penyangraian kopi dan pembentukan akrilamida sebagai hasil sampingan proses pengolahan biji kopi diterbitkan antara tahun 2008 hingga 2018. Sebagian besar penelitian bersifat empiris dan sebagian besar studi berfokus pada proses pengolahan kopi dan efek akrilamida pada kesehatan tubuh. Temuan penting lainnya, sebagian kajian menganggap bahwa kopi mampu meningkatkan kesehatan tubuh. Ulasan ini menyajikan pemahaman yang lebih baik tentang manfaat dan bahaya kopi serta pengaruh penyangraian terhadap mutu kopi yang dihasilkan. Tinjauan ini juga menyoroti tentang alat sangrai kopi yang relatif kurang dieksplorasi. Akademisi, peneliti dan kelompok tani dapat menggunakan hasil kajian ini sebagai pedoman dalam menyangrai kopi. Penyangraian dengan waktu dan suhu yang efektif dapat mengurangi pembentukan akrilamida pada kopi, namun perlu kajian literatur terbaru yang berkaitan dengan proses pengolahan kopi terutama pada proses penyangraian.

Kata kunci: kopi, penyangraian, akrilamida

Abstract. This paper contains a comprehensive literature review on the process of roasting coffee and the formation of acrylamide as a by-product of coffee bean processing published between 2008 and 2018. Most studies are empirical and focus on the processing of coffee and the effects of acrylamide on body health. Other important findings, some studies assume that coffee can improve body health. This review presents a better understanding of the benefits and harms of coffee and the effect of roasting on the quality of the coffee produced. This review also highlights the relatively less explored coffee roaster tools. Academics, researchers, and farmer groups can use the results of this study as a guide in roasting coffee. Effective roasting with time and temperature can reduce the formation of acrylamide in coffee, but needs to review the latest literature relating to especially in the roasting process

Keywords: coffee, roasting, acrylamide

Pendahuluan

Kanker pada manusia dapat disebabkan oleh suatu zat yang disebut dengan akrilamida bersifat neurotoksik. Prekursor pembentukan akrilamida adalah bahan pangan yang mengandung karbohidrat dan asam amino, salah satunya adalah biji kopi. Akibat pemanasan menggunakan suhu yang tinggi pada makanan yang mengandung karbohidrat dan asam amino akan membentuk akrilamida. Suhu, waktu pemanasan, kadar air dan pH

juga dapat mempengaruhi pembentukan akrilamida pada biji kopi [1]. Temuan *Swedish National Food Administration*, beberapa makanan dengan kandungan karbohidrat yang tinggi yang dipanaskan pada suhu tinggi (di atas 120°C) akan ditemukan akrilamida. Produk makanan seperti kentang yang digoreng, makanan bayi, biskuit, kopi dan popcorn dalam proses pembuatannya menggunakan proses pengolahan dengan suhu yang tinggi. Oleh karena itu, *Food and Drug Administration (FDA)* melarang masyarakat mengkonsumsi makanan-makanan tersebut.

Protein, peptida, dan amina biogenik dapat juga membentuk akrilamida [2,3,4]. Biji kopi sebelum diolah mengandung kafein, asam klorogenik, asam *caffeic*, protein, lipid, garam mineral dan zat lainnya tergantung dari jenis kopi, cara panen, pengolahan dan juga dari kondisi iklim. Asam klorogenik dan kafein merupakan salah satu antioksidan utama dalam kopi [2,3]. Biji kopi yang sudah dilakukan proses penyangraian akan digiling menggunakan alat penggiling kopi, kemudian akan diseduh dengan air panas untuk mendapatkan citarasa kopi. Kopi merupakan minuman stimulan yang didapatkan dari biji kopi yang disangrai, digolongkan sebagai minuman psikostimulant yang akan menyebabkan orang tetap terjaga, mengurangi kelelahan dan membuat perasaan menjadi lebih tenang [2,5,6,7].

Citarasa minuman kopi secara nyata dipengaruhi oleh mutu kopi beras (*green bean*) dan kualitas penyangraiannya. Jenis dan jumlah senyawa citarasa yang terbentuk sangat tergantung pada variasi kandungan senyawa prekursor *green bean*. Penyangraian satu jenis kopi dengan jenis lainnya menghasilkan citarasa yang berbeda dan sangat khas [8,9]. Akibat proses penyangraian tersebut akan terbentuk senyawa polimer seperti melanoidin yang mempunyai antioksidan kuat [3,5]. Proses penyangraian akan mengubah bentuk fisik *green bean* dan mentransformasikan senyawa volatil kopi dengan menghasilkan hampir 1000 komponen aroma, sehingga sangat nyata bahwa dibutuhkan proses penyangraian yang tepat untuk menghasilkan kopi bercitarasa premium [2,3,4].

Faktor-faktor utama yang mempengaruhi mutu *green bean* adalah varietas kopi, letak geografis, ketinggian tempat, kondisi daerah penanaman, proses fermentasi dan metode penyimpanan [9]. Pada umumnya varietas kopi yang dihasilkan dari cara pengolahan yang berbeda, akan menghasilkan komponen kimia yang berbeda pula sehingga komponen kimia yang terbentuk selama penyangraian juga akan memberikan citarasa yang khas pada masing-masing jenis. Penyangraian akan mempengaruhi tampilan warna, jumlah dan jenis senyawa volatile yang dihasilkan akibat reaksi kimia fisika yang terjadi [10]. Proses penyangraian dilakukan menggunakan suhu tinggi (160–

250 °C) yang dapat menyebabkan perubahan komposisi kimia biji kopi seperti karbohidrat dan asam amino yang berperan penting dalam reaksi Maillard serta pembentukan citarasa dari kopi [8,11,12]. Zat yang berbahaya seperti akrilamida atau 5-hidroksimetil-furfural merupakan hasil reaksi Maillard. Akrilamida merupakan zat berbahaya dan berpotensi menyebabkan kanker sekitar 2 % kasus tiap tahun di dunia. *World Health Organization* (WHO) menyatakan bahwa rata-rata asupan akrilamida melalui makanan berada pada rentang 0,3–0,8 µg/kg BB/hari. Sedangkan menurut *Office of Environmental Health Hazard Assessment* (OEAHHA) salah satu divisi *Environmental Protection Agency* (EPA) menetapkan bahwa 0,2 µg/hari akrilamida tidak bersifat kanker.

Bagdonaite & Murkovic, menyatakan bahwa biji kopi yang dipanggang dengan waktu yang lama dan suhu yang tinggi akan membentuk akrilamida lebih banyak, dibandingkan dengan yang dipanggang pada waktu yang cepat dan suhu yang lebih rendah, hal ini disebabkan karena perbedaan komposisi kimia dari spesies kopi. Keputusan seorang hakim di Pengadilan Tinggi Negara Bagian California, memutuskan bahwa perusahaan kopi atau kedai kopi di seluruh wilayah California wajib mencantumkan peringatan bahaya kanker pada kopi. Perusahaan pengolahan kopi dan perusahaan distributor kopi lain yang digugat oleh sebuah organisasi nirlaba, gagal menunjukkan bukti bahwa senyawa kimia yang dihasilkan saat proses penyangraian kopi tidak membahayakan. Disisi lain proses penyangraian dengan metode dan alat yang berbeda akan memberikan hasil tersendiri dalam pembentukan rasa dan aroma pada biji kopi. Hasil sampingan dari penyangraian kopi dengan suhu tinggi dan waktu yang lama mengakibatkan terbentuknya akrilamida yang dipindai sebagai senyawa yang merusak kesehatan. Semakin tinggi suhu yang digunakan dan semakin lama pemanasan, akan memicu peningkatan akrilamida yang terbentuk. Beberapa peneliti mengemukakan bahwa akrilamida tidak terbentuk di bawah suhu 120 °C. [13].

Berdasarkan hal diatas perlu gambaran hasil artikel *review* tentang proses penyangraian kopi dan terbentuknya akrilamida yang berhubungan dengan kesehatan. Penulisan ini menggali berbagai kajian tentang aspek proses pengolahan kopi, penyangraian dan pembentukan akrilamida yang telah dipublikasikan di jurnal dan prosiding. Secara keseluruhan, 79 artikel yang telah diterbitkan antara tahun 2008 hingga 2018 dan ada juga yang hanya terdaftar di pustaka kampus sebagai karya ilmiah yang tidak dipublikasi. Kajian artikel ini dianalisis untuk membantu mengembangkan cara berfikir dengan konsep kerangka kerja penelitian kopi dan pengolahannya.

Metode Penelitian

Metode dalam penulisan ini dengan meninjau secara komprehensif puluhan literatur tentang proses penyangraian kopi dan pembentukan akrilamida sebagai hasil sampingan proses pengolahan diterbitkan antara tahun 2008 hingga 2018. Sebagian besar penelitian bersifat empiris dan sebagian besar studi berfokus pada proses pengolahan kopi dan efek akrilamida pada kesehatan tubuh. Metodologi yang digunakan dalam pengujian kandungan akrilamida lebih banyak memakai Analisis Spektrometri Massa Gas Chromatography dan Kromatografi Cair Kinerja Tinggi. Paparan akrilamida akibat asupan pada masyarakat dilihat secara prospektif dengan *pre and posttest control design*.

Hasil dan Pembahasan

Proses Penyangraian Kopi

Proses penyangraian dianggap sebagai faktor terpenting dalam pengembangan citarasa kopi yang kompleks, karena proses ini sangat berkaitan erat dengan kualitas citarasa kopi. Selama penyangraian terjadi reaksi kimiawi yang sangat kompleks sehingga terbentuk komponen kimiawi pembentuk karakter khas citarasa kopi yang muncul karena perlakuan panas [14]. Prinsip pemanasan yang dilakukan selama penyangraian menggunakan tekanan atmosfer yang dikolaborasikan dengan pengaplikasian udara panas sebagai medianya. Transfer panas selama penyangraian biasanya melibatkan transfer panas konduksi, konveksi dan radiasi. Namun konveksi merupakan transfer panas yang sangat penting dikarenakan dapat menentukan laju dan keseragaman penyangraian biji kopi. Penyangraian yang umum dilakukan secara terputus (*batch*) dan berkelanjutan (*continue*) [15].

Selama proses penyangraian, komponen kimia kopi seperti polisakarida, gula, asam amino dan asam klorogenat mengalami degradasi seiring dengan pembentukan CO₂, uap air dan komponen volatil selama penyangraian. Namun hal ini menghasilkan pembentukan karamelisasi dan kondensasi terhadap produk [12]. Reaksi Maillard adalah reaksi antara gula reduksi hasil degradasi pati (karbohidrat) (seperti glukosa dan fruktosa) dengan asam amino bebas (seperti alanin, asparagin, glutamin, dan metionin) yang merupakan mekanisme dalam pembentukan akrilamida yang secara alami ditemukan apabila pengolahan bahan pangan menggunakan suhu tinggi (di atas 120°C). Reaksi Maillard merupakan salah satu kunci pembentukan aroma dan citarasa kopi yang menghasilkan senyawa-senyawa volatile maupun non-volatil [11,16,17,18,19].

Penyangraian kopi hingga pada saat ini masih banyak menggunakan peralatan manual ataupun yang disebut secara tradisional yaitu dengan menggunakan kuali,

balango dan pengadukannya pun menggunakan tenaga manusia (tangan) dan menggunakan kayu bakar sebagai bahan bakar. Pemanasan dilakukan pada tekanan atmosfer dengan media udara panas atau gas pembakaran [20]. Disain paling umum untuk penyangraian menggunakan tabung stainless steel yang dapat berputar dengan posisi horizontal. Aliran udara panas akan diatur dimana ada aliran bolak balik dan aliran yang saling silang dengan udara panas pada mesin penyangrai [14, 21].

Waktu yang ditentukan dan suhu yang digunakan pada saat menyangrai kopi sangat bervariasi tergantung *roastery* untuk melihat perubahan kimiawi yang terjadi secara signifikan [22]. Proses penyangraian dibedakan atas 3 jenis, yaitu *light roast* menggunakan suhu antara 160-180°C, *medium roast* menggunakan suhu antara 180-200°C, dan *dark roast* menggunakan suhu 210-250°C [23]. Kadar air yang hilang pada *light roast* sekitar 3-5%, pada *medium roast* kehilangan kadar air sebanyak 5-8% dan pada *dark roast* kadar air yang hilang sekitar 8-14% [15,24]. Penyangraian sangat menentukan warna dan cita rasa produk kopi yang akan dikonsumsi, perubahan warna biji dapat dijadikan dasar untuk sistem klasifikasi sederhana. [25]. Hasil penelitian Su Jeong Lee memiliki relevansi Industri karena menunjukkan proses pemanggangan kopi baru, yang berbeda dari proses penyangraian kopi konvensional. Temuan dari studi ini menyarankan penggunaan proses menyangrai kopi terbalik untuk komersialisasi [18,26,28].

Hasil penelitian tentang penyangraian tradisional yang dilakukan oleh Arie Sudaryanto tahun 2006, menggunakan metode penyangraian dengan gerabah yang terbuat dari tanah liat berbentuk seperti kuali atau wajan. Tujuan penelitian ini untuk melihat sifat fisik biji kopi pada saat penyangraian. Metode penelitian dilakukan dengan menggunakan alat sangrai tradisional yang berbeda, yaitu menggunakan gerabah menggunakan penghantar panas kayu dan menggunakan kuali/wajan logam. Alat yang digunakan untuk mengaduk biji kopi selama penyangraian menggunakan pengaduk manual seperti serok aduk biasa [18,27,28]. Hasil penelitian menggambarkan bahwa menggunakan alat sangrai seperti kuali/wajan logam lebih cepat memberikan perubahan fisik pada biji kopi sebagai salah satu parameter pada pengujian proses sangrai biji kopi. Perubahan warna yang terjadi dari biji kopi yang coklat kehijauan akan berubah menjadi coklat kehitaman merupakan indikator dalam melihat kematangan biji kopi. Hasil uji kesukaan terhadap aroma dan rasa, kopi yang disangrai menggunakan wajan yang terbuat dari tanah liat atau gerabah lebih disukai dibandingkan dengan kopi yang disangrai

menggunakan kuili atau wajan logam [17,29]. Beberapa kajian tentang penyangraian kopi dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Suhu dan waktu penyangraian

Referensi	Jenis Kopi	Suhu (°C)	Waktu (menit)
[30]	Arabika	195	15
[31]	Robusta	195	15
[22]	Robusta	220	22
[24]	Arabika	205	20
[32]	Arabika	210	15
[19]	Robusta	200	20
[33]	Arabika	200	15

Hasil penelitian lain menyatakan metode penyangraian kopi dilakukan dengan alat *hot air roaster*. Penyangraian dilakukan dengan menimbang *green bean* sesuai perlakuan sebanyak 2 kg, kemudian derajat penyangraianya diatur sesuai perlakuan yaitu a) penyangraian ringan/*light roasting*, dilakukan dengan metode *High Temperature Short Time* hingga suhu kopi mencapai 196-205°C selama 3-5 menit yang ditandai dengan “*first cracks*” warna berubah menjadi *moderate light brown*, b) penyangraian sedang/*medium roasting*, dengan metode *High Temperature Short Time* hingga suhu kopi mencapai 210-219°C selama 6-8 menit, dihentikan setelah terdengar “*first cracks*”, terlihat pembesaran biji kopi dan warna menjadi *medium dark brown* dan c) Penyangraian berat/*dark roasting*, dilakukan metode *High Temperature Short Time* hingga suhu kopi mencapai 225-230°C selama 9-11 menit, dihentikan sesaat setelah 11 mendengar “*second cracks*”, biji berwarna coklat gelap dan mengkilap [34].

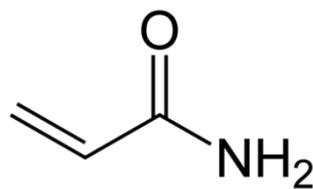
Proses penyangraian dilakukan menggunakan waktu dan suhu yang beragam, semuanya tergantung juga pada jenis alat yang digunakan. Kebanyakan dari *roastery* menggunakan waktu sangrai antara 8 sampai 30 menit tergantung pada jenis alat dan mutu kopi sangrai yang diinginkan. Perubahan warna biji yang awalnya berwarna kehijauan menjadi coklat tua, coklat kehitaman dan hitam merupakan salah satu indikator proses penyangraian selesai. Derajat sangrai biji kopi tercapai dengan baik dan memenuhi syarat ketika dilakukan perbandingan warna antara warna kopi hasil sangrai dengan warna sampel standar.

Pembentukan Akrilamida

C_3H_5NO adalah senyawa organik sederhana yang dikenal dengan akrilamida (atau amida akrilat) dan berpotensi berbahaya bagi kesehatan (menyebabkan kanker atau karsinogenik). Wujudnya kristal putih, dalam bentuk yang murni akrilamida tidak berbau. Akrilamida larut dalam air, etanol, eter dan kloroform,

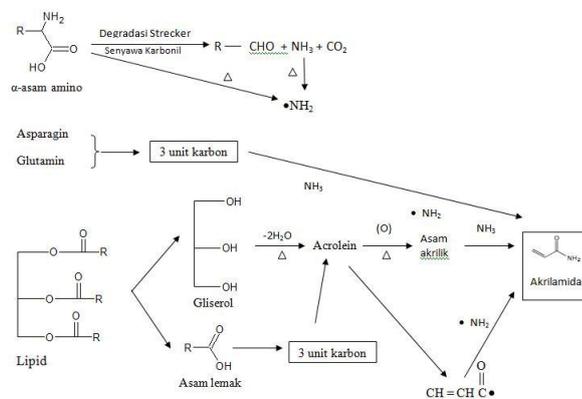
tidak kompatibel dengan asam, basa, agen pengoksidasi, dan besi (dan garamnya) pada suhu ruang. Dalam keadaan normal akan menjadi amonia tanpa pemanasan atau menjadi karbon dioksida, karbon monoksida, dan oksida nitrogen dengan pemanasan [3,4,8,35].

Akrilamida biasanya digunakan untuk menjernihkan air minum yang disusun oleh grup amide dan grup vinyl yang merupakan produk intermediate yang dihasilkan dari penguraian reaksi Mailard menjadi beberapa produk. Adapun prekursornya adalah gula pereduksi dan asparagin. Akrilamida dibuat melalui hidrasi akrilonitril dan terdapat dalam bentuk monomer, sedangkan poliakrilamida ada dalam bentuk polimer. Produksi sejak tahun 1950, [36]. Struktur kimiawi akrilamida dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Struktur akrilamida

Terbentuknya akrilamida biasanya akibat proses penyangraian, pemanggangan, dan pembakaran serta penggorangan. Proses proses pengolahan ini yang nantinya akan menentukan tinggi atau rendahnya kandungan akrilamida yang terbentuk dalam bahan pangan yang diolah. Warna yang semakin gelap akibat proses pengolahan pangan akan menunjukkan semakin banyaknya kandungan akrilamida yang terbentuk. Senyawa kimia utama pada kopi adalah karbohidrat dan protein yang dapat menjadi prekursor pada reaksi Maillard, dimana reaksi ini sangat berperan penting dalam menimbulkan aroma pada biji kopi [41]. Proses terbentuknya akrilamida dari asam amino dan lipid dapat dilihat mekanisme pada Gambar 2.



Gambar 2. Proses pembentukan akrilamida

Akrilamida dalam air minum telah dibatasi oleh *Environmental Protection Agency* (EPA) pada tahun 1992 sebesar 0,5 $\mu\text{g/L}$ (ppb). *Office of Environmental Health Hazard*

Assesment (OEAHHA), salah satu divisi EPA di California, telah menetapkan bahwa 0,2 µg/hari akrilamida tidak bersifat karsinogenik. Menurut *The Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives* (JECFA) tahun 2005 konsumsi oral akrilamida dengan dosis tunggal akan berpengaruh sebagai racun atau pengaruh toksik akut hanya dengan dosis di atas 100 mg/kgBB [11,16].

Beberapa produk kopi yang ada di pasaran telah dikonsumsi oleh masyarakat di California, perkiraan asupan akrilamida rata-rata 0,4 µg/KgBB/hari. Untuk konsumen secara Internasional rata-rata berkisar 0,2-1,4 µg/KgBB/hari. Hasil kajian dari beberapa negara dapat diidentifikasi konsumsi rata rata masyarakat untuk akrilamida sekitar 1-4 µg/KgBB/hari [11,37]. *World Health Organization* (WHO) menyatakan bahwa pada populasi umum, rata-rata asupan akrilamida melalui makanan yang diolah dengan digoreng, di sangrai, di panggang dan dibakar berada pada rentang 0,3–0,8 µg/kgBB/hari [11,38].

Metode analisa akrilamida yang umum dilakukan dengan metode KCKT menggunakan fase gerak asam fosfat:asetonitril:akuabides (1:5:94 v/v/v), fase diam kolom *Sunfire* C18 (150 x 4,6 mm id, 5µm), dan laju alir 0,15 mL/menit dengan detektor UV 202 nm [39].

Tabel 2. Kadar akrilamida pada kopi instan dan kopi tubruk

Referensi	Jenis Kopi	Derajat Sangrai	Kadar Akrilamida (ppm)
[30]	Arabika	Medium to dark	7.02
[2]	Robusta	Medium	7.05
[37]	Kopi Creamer	Light	7,40
[20]	Arabika	Medium	6.02
[25]	Arabika	Light to medium	6,78
[20]	Arabika	Medium	5,98
[21]	Robusta	Dark	9,02
[26]	Kopi Creamer	Medium	7,42
[29]	Robusta	Medium	7.03

Hubungan Akrilamida yang Terbentuk Akibat Penyangraian terhadap Kesehatan

Karsinogenitas dan neurotoksisitas dinyatakan sebagai akibat dari konsumsi akrilamida [31]. Terpaparnya seseorang dengan akrilamida pada dosis yang tinggi tinggi dinyatakan dapat merusak DNA yang berperan sebagai materi genetik, saraf pusat, menimbulkan tumor, menurunkan tingkat kesuburan, serta mengakibatkan keguguran pada tikus percobaan, sedangkan dalam jangka waktu yang lama dengan dosis yang lebih kecil terpapar akrilamida dapat memicu gangguan pada sistem saraf tepi [37,41,42]. Akrilamida memiliki suatu sistem jenuh elektrofil yang dapat bereaksi dengan pusat nukleofil. Gugus protein dan asam amino menjadi target reaksi utama karena mempunyai

pusat nukleofil. Bentuk monomernya bersifat racun terhadap sistem saraf pusat, sedangkan bentuk polimer diketahui tidak bersifat toksik. Pengikatan akrilamida dengan protein pada hemoglobin, menjadi penyebab aksi toksisitas pada jaringan [16,37,41,43].

Menurut Simonne tahun 2006, Begitu banyak bahaya yang ditimbulkan akibat konsumsi akrilamida dalam waktu yang lama, diantara bahayanya adalah a) Akrilamida akan menyerang jaringan syaraf peripheral pada manusia dan menyebabkan iritasi pada kulit dan mata atau disebut neurotoxic. b) Akrilamida adalah zat yang dapat menyebabkan kanker atau dikenal juga dengan istilah *carcinogenic*, dimana akrilamida akan yang merusak DNA dengan cara mutasi spektrum, dimana akrilamida dihasilkan jika bahan pangan dioalah dengan suhu yang tinggi lebih dari 120°C) [44,45].

Hasil *review* Claus et al tahun 2008 juga melaporkan bahwa studi onkogenik pada tikus Fischer yang menerima 2 mg akrilamida/kg BB secara nyata meningkatkan tumor pada kelenjar thyroid, testes, sistem saraf pusat, uterus, dan jaringan lain [31,37,46,47]. Hasil kajian tentang paparan akrilamida pada tikus percobaan dengan dosis yang beragam tidak mudah untuk dikonversi pada paparan akrilamida yang dikonsumsi oleh manusia, untuk itu perlu kajian lebih lanjut dan review artikel hasil penelitian terbaru untuk kadar akrilamida dari konsumsi harian masyarakat.

Hasil penelitian yang dilakukan Marta Mesiar dan Francisco J. Morales tahun 2016, untuk mengevaluasi kadar akrilamida dalam kopi yang diperoleh dari mesin penjual kopi. Kadar akrilamida berkisar 7,7-40,0 mg/L (rata-rata: 20,6 mg/L). Tingkat ini mirip dengan yang ditemukan dalam kopi beras yang dibuat oleh mesin kopi lain dengan prosedur ekstraksi yang berbeda. Paparan asupan penduduk Spanyol untuk akrilamida melalui minuman kopi diperkirakan 0,037 mg/kg berat badan/hari (kisaran 0,018-0,056 mg/kg berat badan/hari). Paparan akrilamida maksimum lebih rendah dari nilai 0,2 mg/kg berat badan/hari, disimpulkan sebagai yang terendah dan tidak ada efek buruk yang diamati untuk titik akhir non-karsinogenik [34]. Oleh karena itu dapat disarankan bahwa paparan akrilamida melalui kopi mesin penjual otomatis tidak menyiratkan risiko tinggi bagi kesehatan masyarakat. Data ini berguna untuk berbagai pemangku kepentingan yang terlibat dalam penilaian risiko, dan secara umum kepada para komunikator risiko, pembuat kebijakan dan industri [16,41,48].

Terbentuknya akrilamida akibat proses penyangraian kopi perlu penanganan kembali dengan beberapa kajian lain untuk menganalisa pembentukan akrilamida. Proses pengolahan dengan cara memanggang, menggoreng, membakar dengan suhu tinggi akan memicu akrilamida yang masih dinyatakan sebagai fenomena permukaan hubungan

antara waktu dan suhu. Akrilamida yang ditemukan pada kopi tubruk dinyatakan lebih banyak terbentuk. Hal ini karena penggunaan suhu penyangraian kopi yang sangat tinggi dan waktu yang lama. Rata-rata waktu yang digunakan adalah 20 menit dengan suhu 165 °C [49]. Upaya untuk menurunkan kandungan akrilamida pada pengolahan pangan yang menggunakan suhu tinggi yang diulas oleh beberapa peneliti, menyatakan kemungkinannya dengan memperhatikan penyimpanan makanan dan minuman pada suhu dibawah 4 °C. Penyimpanan pada suhu ini dinyatakan akan menurunkan konsentrasi akrilamida pada pangan yang diolah. Kelembaban yang tinggi dan adanya air dapat mengurangi pembentukan akrilamida [49].

Pengolahan kopi dengan cara ekstraksi dinyatakan tidak menurunkan kadar akrilamida yang terbentuk, namun pada produk kopi utuh dari hasil penyangraian terjadi penurunan kandungan akrilamida yang sangat signifikan. Hoinicke dan Gotterman menyatakan bahwa setelah diamati lebih lanjut dan dianalisa ulang kembali, senyawa tiol hilang cukup banyak saat proses ekstraksi dilakukan. Hal ini memberikan gambaran bahwa senyawa reaktif yang terkandung dalam bahan pangan akan memberikan pengaruh pada tinggi rendahnya kandungan akrilamida yang terbentuk. [6]. Penelitian untuk mengetahui jumlah akrilamida pada serbuk kopi dan kopi instan yang beredar di masyarakat telah dilakukan oleh Prabowo pada tahun 2012. Metode dengan KCKT dengan fase gerak asam fosfat dipilih untuk menganalisa akrilamida pada dua produk kopi tersebut. Hasil yang diperoleh dalam pengujian akrilamida pada serbuk kopi sekitar $7,03 \pm 0,01 \mu\text{g/g}$ dan pada kopi instan sekitar $5,71 \pm 0,03 \mu\text{g/g}$. Apabila konsumsi kopi dalam bentuk serbuk dan kopi instan tidak melebihi 16 g/hari, maka paparan kadar akrilamida dinyatakan aman berdasarkan FDA [50].

Hasil penelitian yang dipaparkan untuk mengukur akrilamida dalam minuman berkafein termasuk kopi Amerika, kopi Lebanon, espresso, kopi instan dan cokelat panas, dan untuk menentukan risiko karsinogenik dan neurotoksik menggunakan metode Analisis Spektrometri Massa Gas *Chromatography*. Peneliti menyatakan kandungan akrilamida rata-rata dalam minuman berkafein adalah 29.176 mg/kg. Sampel Konsumsi harian akrilamida dari kopi Lebanon (10,9 mg/kg BB/hari), cokelat panas (1,2 mg/kg BB/hari) dan Espresso (7,4 mg/kg BB/hari) ditemukan lebih tinggi daripada asupan risiko untuk karsinogenisitas dan neurotoksisitas sebagaimana ditetapkan oleh *World Health Organization* (WHO; $0,3 \times 10^{-2}$ mg /kg BB /hari. Untuk menghindari risiko karsinogenik dan neurotoksik, peneliti mengusulkan agar WHO/FAO mengatur kadar akrilamida dalam minuman berkafein hingga 7.000 mg akrilamida/kg sampel, nilai yang 4 kali lipat lebih

rendah dari rata-rata kadar akrilamida 29.176mg/kg sampel [35,51]. Pada Tabel 3. dipaparkan beberapa penelitian yang dilakukan untuk melihat kandungan akrilamida dan pengaruhnya pada kesehatan.

Tabel 3. Hasil penelitian tentang kandungan akrilamida pada kopi dan hubungannya dengan kesehatan

Judul	Metode	Hasil
Arcinogenic and neurotoxic risks of acrylamide consumed through caffeinated beverages among the lebanese population	Analisis Spektrometri Massa Gas Chromatography	Tingkat acrylamide 29.176 mg / kg dan meningkatkan risiko karsinogenisitas dan neurotoksisitas
Chlorogenic acid complex (CGA7), standardized extract from green coffee beans exerts anticancer effects against cultured Human colon cancer HCT-116 cells	asam klorogenat kompleks (CGA7) ekstrak biji kopi hijau larut air yang tidak mengandung kafein untuk mengevaluasi efek sitotoksik pada sel kanker manusia dan tikus dengan menggunakan pendekatan yang berbeda	Pengobatan CGA7 menginduksi kematian sel dengan cara tergantung dosis dan waktu di berbagai lini sel kanker. CGA7 kompleks molekul anti kanker kuat yang ditemukan dalam biji kopi hijau bisa menjadi bahan bioaktif yang aman untuk pencegahan kanker.
Coffee, Tea, Cola, and Bladder Cancer Risk: Dose and Time Relationships	Case control menggunakan beberapa model regresi logistik.	tidak ada hubungan yang ditemukan antara risiko kanker kandung kemih dengan konsumsi harian kopi.
Coffee consumption and risk of aortic valve stenosis: A prospective study	Studi prospektif Insiden kasus AVS diidentifikasi melalui hubungan dengan pasien nasional Swedia dan penyebab kematian Regres.	konsumsi kopi yang tinggi dikaitkan dengan peningkatan risiko AVS.
Coffee and autoimmunity		Asupan kopi menyebabkan penurunan sensitivitas insulin di T1DM, dalam kemanjuran metotreksat pada RA, dan pada penyerapan levothyroxine pada penyakit Hashimoto. Selanjutnya, konsumsi kopi dikaitkan dengan reaktivitas silang dengan antibodi gliadin pada pasien celiac
Coffee for Cardioprotection and Longevity	studi prospektif besar	Konsumsi kopi dikaitkan dengan pengurangan tergantung dosis di semua penyebab kematian dan kematian. Kopi juga mengurangi risiko untuk T2D, penyakit hati, penyakit Parkinson, depresi, dan bunuh diri. Konsumsi sehari-hari 2 hingga 5 cangkir kopi (16 hingga 40 oz) dengan asupan kafein hingga 400 mg / hari tampaknya aman dan dikaitkan dengan efek

Coffee inhibits nuclear factor-kappa B in prostate cancer cells and xenografts	Sel PC3 secara stabil ditransduksi dengan reporter NF-κB-luciferase digunakan baik secara in vitro dan untuk xenografts. Aktivitas NF-κB diukur dengan tes reporter, pengikatan DNA dan pencitraan in vivo.	menguntungkan yang paling kuat untuk sebagian besar hasil kesehatan yang diteliti. Kopi menghambat aktivitas NF-κB yang diinduksi TNFα dan pengikatan DNA pada sel PC3. Selanjutnya, kopi meningkatkan apoptosis dan memodulasi ekspresi sejumlah gen peradangan dan kanker yang terkait pada sel PC3 yang diobati TNFα
Identifikasi Dan Analisis Akrilamida Dalam Kopi Serbuk (Tubruk) Dan Kopi Instan Dengan Metode Kromatografi Cair Kinerja Tinggi	metode KCKT menggunakan fase gerak asam fosfat:asetonitril:akuabides (1:5:94 v/v/v), fase diam kolom Sunfire C18 (150 x 4,6 mm id, 5μm), dan laju alir 0,15 mL/menit dengan detektor UV 202 nm.	Kadar akrilamida 7,03 ± 0,01 μg/g dan 5,71 ± 0,03 μg/g dan dinyatakan aman untuk kesehatan
Associations of coffee, tea and caffeine intake with risk of breast, endometrial and ovarian cancer among Canadian women	regresi bahaya proporsional yang dimodifikasi untuk desain kohort kasus untuk memperkirakan rasio hazard (HR) dan interval kepercayaan 95%	Kopi tidak terkait dengan risiko keseluruhan kanker payudara dan ovarium. Namun ada kecenderungan peningkatan risiko kanker payudara dengan peningkatan tingkat total kopi, kopi berkafein.

Hasil penelitian lain yang bertentangan dari yang telah dipaparkan sebelumnya adalah, *World Health Organization* telah mengeluarkan kopi dari daftar penyebab kanker sejak tahun 2016. Pandangan kopi dapat meningkatkan risiko seseorang terkena kanker telah memudar beberapa tahun belakangan ini. Justru banyak hasil kajian yang menyatakan bahwa kopi memiliki manfaat baik bagi kesehatan. *Bloomberg School of Public Health* menyatakan konsumsi secangkir kopi dalam satu hari tidak memiliki kemungkinan yang tinggi untuk terpapar karsinogen. Penelitian yang dilakukan lembaga penyelidikan kanker yang dinaungi WHO pada tahun 2016 menyimpulkan bahwa kopi bukan merupakan penyebab kanker payudara, prostat atau pankreas. Kopi bahkan dapat mencegah risiko kanker hati dan rahim [11,52,53]. Menurut hasil penelitian yang dirilis oleh *University of Southampton*, konsumsi kopi sebanyak 3-4 cangkir sehari memiliki manfaat untuk mencegah risiko penyakit hati, diabetes, dimnesia dan beberapa jenis kanker. Namun ini hanya berlaku untuk konsumsi kopi tanpa tambahan gula, susu dan bahan lainnya [30,54,55]

Masalah yang mencuat belakangan ini adalah persoalan yang disebabkan unsur akrilamida ketika biji kopi disangrai [50]. *Council for Education and Research on Toxic* menuntut agar adanya upaya untuk metode pengolahan kopi yang tidak menyebabkan unsur akrilamida pada kopi tanpa mengurangi citarasa kopi. Namun batas aman dari unsur

akrilamida yang dapat dikonsumsi melalui kopi itu sendiri memang belum dapat dipastikan [11,23,53].

State Of The Art

Berdasarkan literatur di atas dapat dilihat bahwa penelitian yang dipublikasi sebatas penyangraian kopi dan uraian tentang konsumsi akrilamida dalam diet kopi pada kelompok masyarakat. Namun belum ada penelitian yang menyatakan pada suhu dan waktu yang tepat untuk penyangraian kopi yang aman dengan hasil samping akrilamida yang tidak membahayakan kesehatan.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil kajian literatur yang dilakukan perlu dilakukan penelitian tentang cara penyangraian kopi dengan parameter suhu dan waktu yang tepat untuk mengetahui tingkat kematangan sesuai standar meliputi pengontrolan terbentuknya akrilamida yang bisa dikaji kejelasan efeknya pada kesehatan. Banyaknya perbedaan pendapat pada setiap peneliti, dapat diambil suatu kesimpulan bahwa paparan konsumsi kopi yang mengandung akrilamida 5 µg/g dan dinyatakan aman untuk kesehatan.

Daftar Pustaka

- [1] R. J. Clarke, *The Volatile Compounds of Roasted Coffee*. In: A. Illy and R. Viani *Espresso Coffee: The Chemistry of Quality*, London : Academic Press Limited, 1986.
- [2] H. G. Akillioglu dan V. Gökmen, “Mitigation of Acrylamide and Hydroxymethyl Furfural in Instant Coffee By Yeast Fermentation” *Food Research International*, vol. 61, pp. 252–256, 2014.
- [3] I. Blank, “Current Status of Acrylamide Research in Food : Measurement, Safety Assessment, and Formation” *Annals of the New York Academy of Sciences* vol. 1043, pp. 30–40, 2005.
- [4] J. Baggenstoss, L. Poisson, R. Kaegi, R. Perren dan F. Escher, “Coffee Roasting and Aroma Formation : Application of Different Time- Temperature Conditions” *Journal of Agricultural and Food Chemistry* vol. 56, pp. 5836–5846, 2008.
- [5] C. M. Villanueva, Total and Specific Fluid Consumption as Determinants of Bladder Cancer Risk Barcelona, Spain, 2006. G. M. Agudelo-ochoa, I. C. Pulgar, C. M. Vel, M., Duque-ram, dan M. Naranjo-cano, “Coffee Consumption Increases the Antioxidant Capacity of Plasma and Has No Effect on the Lipid Profile or Vascular Function in Healthy Adults in a Randomized Controlled Trial” *J Nutr* vol. 146, pp. 524–531, 2016.
- [6] K. Hoenicke dan G. Robert, “Studies on the Stability of Acrylamide in Food During Storage” *Journal of AOAC International* vol. 88, no. 1, 2005.
- [7] K. Granby dan S. Fagt, “Analysis of Acrylamide in Coffee and Dietary Exposure to Acrylamide From Coffee” *Analytica Chimica Acta* vol. 520, no. 1, pp. 177–182, 2004a.
- [8] T. R. Lingle, *The Coffee Cupper’s Handbook : A Systematic Guidw to the Sensory Evaluation of Coffee Flavor*, Washington D.C : Ed. Coffee Development Group, 71p, 2001.

- [9] Z. Ciesarová, E. Kiss, dan P. Boegl, “Impact of L-Asparaginase on Acrylamide Content in Potato Products” *Journal of Food and Nutrition Research* vol. 45, no. 4, pp. 141-146, 2006.
- [10] A. Claus, R. Carle, dan A. Schieber. 2008, “Acrylamide in Cereal Products: A Review”, *Journal of Cereal Science* vol. 47, pp. 118–133. EFSA. [European Food Safety Authority] 2012.
- [11] FDA (Food and Drug Administration), *Acrylamide in Food. Federal Register*. Vol. 74. No. 164. www.thefederalregister.com, 2009.
- [12] A. Albouchi, J. Russ, dan M. Murkovic, Parameters Affecting, Martin MJ. Pablos F. Gonzales AG. 1999. *Characterization of Arabica and Robusta Roasted Coffe*, 2018.
- [13] K. Dibaba, L. Tilahun, N. Satheesh, dan M. Geremu, “Acrylamide Occurrence in Keribo: Ethiopian Traditional Fermented Beverage”, *Food Control*, vol. 86, pp. 77–82, 2018b.
- [14] Update on acrylamide levels in food from monitoring years 2007 to 2010. *EFSA Journal* vol. 10, no. 10 : 2938. [38 pp.] doi:10.2903/j.efsa.2012.2938.
- [15] T. Amrein, S. Bachmann, A. Noti, M. Biedermann, M. Barbosa, B. Biedermann, K. Grob, A. Keiser, P. Realini, F. Escher, dan R. Amado, “Potential of Acrylamide Formation, Sugars, and Free Asparagine in Potatoes : A Comparison of Varietys and Farming Systems” *Journal of Agricultural and Food Chemistry* vol. 51, pp. 5556-5560, 2003.
- [16] R. Arthur, V. A. Kirsh, dan T. E. Rohan, “Associations of Coffee, Tea and Caffeine Intake with Risk of Breast, Endometrial and Ovarian Cancer Among Canadian Women” *Cancer Epidemiology*, vol. 56, July, pp. 75–82, 2018.
- [17] P. R. A. B. De Toledo, M. M. R. de Melo, H. R. Pezza, A. T. Toci, L. Pezzadan C. M. Silva, “Discriminant Analysis for Unveiling the Origin of Roasted Coffee Samples : A Tool for Quality Control of Coffee Related Products” *Food Control*, vol. 73, pp. 164–174, 2017.
- [18] F. G. Di Girolamo, S. Mazzucco, R. Situlin, N. Mohorko, Z. Jenko-Pražnikar, A. Petelin dan G. Biolo, Roasting intensity of naturally low-caffeine Laurina coffee modulates glucose metabolism and redox balance in humans. *Nutrition*, 32(9), 928–936. 2016.
- [19] S. Eerola, K. Hollebekkers, A. Hallikainen, dan K. Peltonen, “Acrylamide Levels in Finnish Foodstuffs Analysed with Liquid Chromatography Tandem Mass Spectrometry” *Molecular Nutrition and Food Research*, vol. 51, no. 2, pp. 239–247, 2007.
- [20] C. Cagliero, H. Nan, C. Bicchi, dan J. L. Anderson, “Matrix-Compatible Sorbent Coatings Based On Structurally-Tuned Polymeric Ionic Liquids for the Determination of Acrylamide in Brewed Coffee and Coffee Powder Using Solid-Phase Microextraction” *Journal of Chromatography A*, vol. 1459, pp. 17–23, 2016.
- [21] N. Caporaso, M. B. Whitworth, C. Cui, dan I. D. Fisk, “Variability of Single Bean Coffee Volatile Compounds of Arabica and Robusta Roasted Coffees Analysed by SPME-GC-MS” *Food Research International*, vol. 108, December 2017, pp. 628–640, 2018.
- [22] D. Bottazzi, S. Farina, M. Milani, dan L. Montorsi, “A numerical Approach for the Analysis of the Coffee Roasting Process” *Journal of Food Engineering*, vol. 112, no. 3, pp. 243–252, 2012.
- [23] M. J. Martin, F. Pablos dan A. G. Gonzales, “Characterization of Arabica and Robusta Roasted Coffe Varieties And Mixture Resolution According to Their Metal Content” *Food Chemistry* vol. 66, pp. 365-370, 1999.

- [24] G. Budryn, J. Grzelczyk, A. Jaśkiewicz, D. Żyżelewicz, H. Pérez-Sánchez, dan J. P. Cerón-Carrasco, Evaluation of Butyrylcholinesterase Inhibitory Activity by Chlorogenic Acids and Coffee Extracts Assesed in ITC and Docking Simulation Models” *Food Research International*, vol. 109, pp. 268–277, 2018.
- [25] G. Budryn, E. Nebesny dan J. Oracz, “Correlation Between the Stability of Chlorogenic Acids, Antioxidant Activity and Acrylamide Content in Coffee Beans Roasted in Different Conditions” *International Journal of Food Properties*, vol. 18, no. 2, pp. 290–302, 2015.
- [26] C. Ciaramelli, A. Palmioli, A. De Luigi, L. Colombo, G. Sala, C. Riva dan C. Airoidi, “NMR-Driven Identification of Anti-Amyloidogenic Compounds in Green and Roasted Coffee Extracts” *Ciaramelli, Carlotta Palmioli, Alessandro De Luigi, Ada Colombo, Laura Sala, Gessica Riva, Chiara Zoia, Chiara Paola Salmona, Mario Airoidi, Cristina*, 252, pp. 171–180, 2018.
- [27] G. Ciccone, dan P. Vineis, “Coffee Drinking and Bladder Cancer” *Cancer Letters*, vol. 41, no. 1, pp. 45–52, 1988.
- [28] C. Delgado-Andrade, F. J. Morales, I. Seiquer, dan M. Pilar Navarro, “Maillard Reaction Products Profile and Intake from Spanish Typical Dishes” *Food Research International*, vol. 43, no. 5, pp. 1304–1311, 2010.
- [29] L. Cordeiro, I. M. Valente, J. R. Santos, dan J. A. Rodrigues, “Qualitative Carbonyl Profile in Coffee Beans through GDME-HPLC-DAD-MS/MS for Coffee Preliminary Characterization” *Food Research International*, vol. 107, November 2017, pp. 536–543, 2018.
- [30] D. Andrzejewski, J. A. G. Roach, M. L. Gay, dan S. M. Musser, “Analysis of Coffee for the Presence of Acrylamide by LC-MS/MS” *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 52, no. 7, pp. 1996–2002, 2004.
- [31] L., F. Costa, P.Q. Tranchida, P. Dugo, M. L. Presti, S. Festa. A. Fazio dan G. Dugo. “Reliable characterization Of Coffee Bean Aroma Profiles By automated Headspace Solid Phase Microextraction-Gas Chromatography-Mass Spectrometry With The support Of A Dual-Filter Mass Spectra Library” *J. Sep. Sci* vol. 28, pp. 1101-1109, 2005.
- [32] H. Cui, F. Tao, Y. Hou, Y. Lu, T. Zheng, S. Sang, dan L. Lv, “Dual Effects of Propyl gallate and Its Methylglyoxal Adduct on Carbonyl Stress and Oxidative Stress” *Food Chemistry*, pp. 227–232, 2018.
- [33] G. El-Zakhem Naous, A. Merhi, M. I. Abboud, M. Mroueh dan R. I. Taleb, “Carcinogenic and Neurotoxic Risks of Acrylamide Consumed through Caffeinated Beverages among the Lebanese Population” *Chemosphere*, vol. 208, pp. 352–357, 2018a.
- [34] A. Costabile, K. Sarnsamak, dan A. C. Hauge-Evans, “Coffee, Type 2 Diabetes and Pancreatic Islet Function—A mini-Review” *Journal of Functional Foods*, vol. 45, pp. 409–416, April 2018.
- [35] M. Anese, M. C. Nicoli, G. Verardo, M. Munari, G. Mirolo dan R. Bortolomeazzi, “Effect of Vacuum Roasting on Acrylamide Formation and Reduction in Coffee Beans” *Food Chemistry*, vol. 145, pp. 168–172, 2014.
- [36] A. P. Ariseto, dan E. Vicente, *Chapter 65 - Estimate of Acrylamide Intake from Coffee and Health Risk Assessment*. In V. R. B. T.-C. in H. and D. P. Preedy (Ed.), San Diego : Academic Press, 2015, (pp. 575–584).

- [37] J. H. Bae, J. H. Park, S. S. Im, dan D. K. Song, Coffee and health. *Integrative Medicine Research*, vol. 3, no. 4, pp. 189–191, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.imr.2014.08.002>
- [38] G. Baeza, M. Amigo-Benavent, B. Sarriá, L. Goya, R. Mateos, dan L. Bravo, “Green Coffee Hydroxycinnamic Acids But Not Caffeine Protect Human HepG2 Cells Against Oxidative Stress” *Food Research International*, vol. 62, pp. 1038–1046, 2014.
- [39] X. M. Chen, Z. Ma, dan D. D. Kitts, “Effects of Processing Method and Age of Leaves on phytochemical Profiles and Bioactivity of Coffee Leaves” *Food Chemistry*, vol. 249, pp. 143–153, September 2017, 2018.
- [40] Ditjen Perkebunan, Luas Areal dan Produksi Perkebunan Seluruh Indonesia menurut Provinsi dan Status Pengusahaan: Komoditas Kopi, 2012.
- [41] P. E. R. M. Artin, Effect of Roasting on the Formation of Chlorogenic Acid Lactones in Coffee, 1505–1513, 2005.
- [42] J. A. Baker, K. Boakye, S. E. McCann, G. P. Beehler, K. J. Rodabaugh, J. A. Villeda dan K. B. Moysich, “Consumption of Black Tea or Coffee and Risk of Ovarian Cancer” *International Journal of Gynecological Cancer*, vol. 17, no. 1, pp. 50–54, 2007.
- [43] K. Bagdonaite, K. Derler dan M. Murkovic, “Determination of Acrylamide During Roasting of Coffee” *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 56, no. 15, pp. 6081–6086, (2008).
- [44] A. Oosterveld dan A. G. J. Voragen, “Effect Of Roasting On The Carbohydrate Composition Of *Coffea Arabica* Beans” *Journal Of Food Engineering*, vol. 54, no. 2, pp. 183-192, 2003.
- [45] T. Bessaire, I. Perrin, A. Tarres, A. Bebius, F. Reding, dan V. Theurillat, Mycotoxins in Green Coffee : Occurrence and Risk Assessment” *Food Control*, vol. 96, pp. 59–67, August 2018.
- [46] N. Bhoo–Pathy, C. S. P. M. Uiterwaal, V. K. Dik, S. M. Jeurnink, B. H. Bech, K. Overvad, H. B. Bueno–De–Mesquita, “Intake of Coffee, Decaffeinated Coffee, or Tea Does Not Affect Risk for Pancreatic Cancer: Results From the European Prospective Investigation into Nutrition and Cancer Study” *Clinical Gastroenterology and Hepatology*, vol. 11, no. 11, pp. 1486–1492, 2013.
- [47] N. Bhumiratana, K. Adhikari dan E. Chambers, “Evolution of Sensory Aroma Attributes from Coffee Beans to Brewed Coffee” *LWT - Food Science and Technology*, vol. 44, no. 10, pp. 2185–2192, 2011.
- [48] J. Liu, G. Zhao, Y. Yuan, F. Chen, X. Hu, “Quantitative Analysis of Acrylamide in Tea by Liquid Chromatography Coupled with Electrospray Ionization Tandem Mass Spectrometry” *Food Chem.*, vol. 108, pp. 760-767, 2008.
- [49] M. Friedman, L. Dulak, dan M. Stedham, “A Lifetime Oncegenicity Study in Rats with Acrylamide” *Fundamental and Applied Toxicology* vol. 27, pp. 95–105, 1995.
- [50] Prabowo, “Identifikasi dan Analisis Akrilamida Dalam Kopi Serbuk (Tubruk) dan Kopi Instan dengan Metode Kromatografi Cair Kinerja Tinggi” Jakarta 2015.
- [51] H. Lingnert, S. Grivas, M. Jagerstad, K. Skog, M. Tornqvist dan P. Aman, “Acrylamide in Food : Mechanisms of Formation and Influencing Factor during Heating of Foods, Scand” *J. Nutr.*, vol. 46, 2002.
- [52] A. Albouchi, J. Russ, and M. Murkovic, “Parameters affecting the exposure to furfuryl alcohol from coffee,” *Food Chem. Toxicol.*, vol. 118, no. November 2017, pp. 473–479, 2018.
- [53] S. De Luca, M. De Filippis, R. Bucci, A. D. Magrì, A. L. Magrì dan F. Marini, Characterization of the Effects of Different Roasting Conditions on Coffee Samples

- of Different Geographical Origins by HPLC-DAD, NIR and Chemometrics”*Microchemical Journal*, vol. 129, pp. 348–361, 2016.
- [54] L. Amigoni, M. Stuknytė, C. Ciaramelli, C. I. Magoni, I. De Noni, A. Palmioli, (2017a). Green coffee extract enhances oxidative stress resistance and delays aging in *Caenorhabditis elegans*. *Journal of Functional Foods*, 33, 297–306.
- [55] M. Mesías and F. J. Morales, “Journal of Food Composition and Analysis Acrylamide in coffee : Estimation of exposure from vending machines,” *J. Food Compos. Anal.*, vol. 48, pp. 8–12, 2016.