

4. HASIL PENELITIAN REVIEW

4.1. Hasil review

Data publikasi literatur review yang berkaitan penggunaan pemanis buatan dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 1. Pengumpulan Pustaka Awal (Artikel Review)

No	Judul artikel & penulis	Aspek yang direview	Temuan Utama	Kesenjangan
1	Non-nutritive sweeteners: Review and update (Shankar <i>et al.</i> , 2013)	Masalah yang melibatkan faktor kemanisan dibandingkan dengan sukrosa, pedoman keamanan yang direkomendasikan FDA, implikasi kesehatan dari mengonsumsi pemanis ini, ancaman efek karsinogenik dan/atau teratogenik, pembatasan energi, dan masalah umum lainnya seperti pemanis.	<ul style="list-style-type: none">• Penggunaan pemanis rendah kalori direkomendasikan untuk digunakan bersamaan dengan diet sehat dalam jumlah sedang asalkan dilakukan sesuai pedoman diet.• Mengatur berat badan lebih bergantung pada pembatasan kalori total daripada menghindari pemanis kalori, sedangkan penggunaan pemanis buatan bagi penderita diabetes dapat digunakan lebih sering untuk mengoptimalkan kontrol	Meskipun FDA telah mengizinkan penggunaan pemanis rendah kalori, namun masih kurangnya penelitian untuk membuktikan bahwa pemanis rendah kalori aman digunakan.

			glikemik.	
2	Low/No-Calorie Sweeteners: A Review of Global Intakes (Martyn <i>et al.</i> , 2018)	Asupan semua pemanis rendah/tanpa kalori utama seperti aspartam, acesulfame-K, sakarin, sucralose, siklamat, thaumatin, dan glikosida steviol—secara global selama dekade terakhir dan semua data tidak melampaui ADI.	<ul style="list-style-type: none"> • Ditemukan penggunaan pemanis rendah kalori siklamat, acesulfame-K, glikosida steviol dan sakarin melebihi batas ADI dalam beberapa populasi seperti penderita diabetes dan anak – anak kebutuhan medis khusus. 	<ul style="list-style-type: none"> • Perbedaan metode yang digunakan bervariasi tidak hanya dalam satu negara tetapi juga lintas wilayah, sehingga perbandingan antar hasil dapat dibuat. • Penelitian selanjutnya harus mempertimbangkan pendekatan yang lebih standar agar dapat mengikuti tren dari waktu ke waktu untuk diperiksa dan perubahan dalam formulasi produk.

3	Review: Soft drinks and sweeteners intake: Possible contribution to the development of metabolic syndrome and cardiovascular diseases. Beneficial or detrimental action of alternative sweeteners? (Schiano <i>et al.</i> , 2021)	Efek pemanis buatan pada penyakit kardiovaskular dan komplikasi terkait, serta berat badan dan kontrol glikemik.	<ul style="list-style-type: none"> • Konsumsi pemanis buatan semakin meningkat pada semua kelompok umur, terutama pada anak-anak. • Konsumsi minuman dengan pemanis buatan pada anak berguna mengurangi resiko metabolisme 	<ul style="list-style-type: none"> • Terbatasnya data penelitian mengenai pemanis buatan dengan periode pengujian tidak melebihi 16 minggu. • Perlunya studi lebih lanjut mengenai efek konsumsi pemanis buatan pada metabolisme tubuh dalam berbagai usia, untuk mengetahui mekanisme biologis yang mendasarinya.
4	Review: Aspartame, low-calorie sweeteners and disease: Regulatory safety and epidemiological issues (Marinovich <i>et al.</i> , 2013)	Toksitas aspartam dan bukti epidemiologi terkait.	Tidak ada hubungan yang konsisten antara aspartam dengan tumor hematopoietic, kanker (otak, pencernaan, payudara, prostat) dan kejadian vascular, serta kelahiran prematur.	Perlu dilakukan studi epidemiologi terbaru yang berkaitan dengan risiko penggunaan aspartam.

5	<p>Review: Current approaches to the use of artificial sweetener aspartame (Fatma Gönül Solmaz et al., 2021)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Konsumsi harian aspartam yang dapat diterima dan toksisitas kandungan dalam aspartam (aspartat, fenilalanin, metanol). ● Efek samping lain terkait dengan aspartam, serta penggunaan pada populasi khusus. ● Pengaruh terhadap pengendalian berat badan 	<ul style="list-style-type: none"> ● Pembentukan fenilalanin akibat degradasi metabolik berbahaya bagi penderita penyakit <i>Phenylketonuria</i>. ● Aspartam dapat dijadikan alternatif untuk mengurangi asupan gula. 	<p>Perlu dilakukan penelitian lanjutan mengenai efek jangka panjang penggunaan aspartam.</p>
6	<p>Review: Is the Use of Artificial Sweeteners Beneficial for Patients with Diabetes Mellitus? The Advantages and Disadvantages of Artificial Sweeteners (Iizuka, 2022)</p>	<p>Jenis pemanis buatan dan pengaruh pemanis buatan pada efek metabolisme melalui reseptor rasa manis serta manfaat pemanis buatan untuk terapi diet terhadap diabetes mellitus akan dibahas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Efek pemanis buatan tergantung pada perbedaan individu, termasuk meningkatkan aterosklerosis, meningkatkan risiko kardiovaskular dan kematian total. ● Penggunaan pemanis buatan sejak usia dini dapat menyebabkan ketidakpekaan terhadap rasa manis, yang dapat meningkatkan risiko kardiovaskular dan kematian total. 	<p>Penggantian gula dengan pemanis buatan pada pasien harus dipantau dari waktu ke waktu untuk perubahan glukosa darah dan berat badan serta asupan, dan penelitian selanjutnya harus didasarkan pada bakteri usus.</p>

7	Review of the nutritional benefits and risks related to intense sweeteners (Bruyere <i>et al.</i> , 2015)	Potensi manfaat nutrisi dan risiko terkait konsumsi produk yang mengandung pemanis intens,	<ul style="list-style-type: none"> ● Tidak ada efek menguntungkan yang ditunjukkan, serta memberikan alasan untuk merekomendasikan konsumsi rutin pemanis bagi orang dewasa atau anak-anak. ● Data yang tersedia tidak ada risiko pada konsumsi jangka pendek ● Berdasarkan data epidemiologis, tidak sepenuhnya mengesampingkan risiko tertentu jika dikonsumsi jangka panjang. ● Tidak ada data yang membenarkan substitusi gula dengan pemanis intens. 	Perlunya meningkatkan pengetahuan tentang hubungan antara konsumsi pemanis yang intens dan risiko tertentu.
8	The Effect of Artificial Sweeteners Use on Sweet Taste Perception and Weight Loss Efficacy: A Review (Wilk <i>et al.</i> , 2022)	<ul style="list-style-type: none"> ● Potensi pemanis tanpa kalori untuk pengobatan obesitas. ● Persepsi rasa manis pada pemanis tanpa kalori. ● Khasiat pemanis tanpa kalori untuk penurunan berat badan. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Pemanis tanpa kalori efektif untuk mengurangi dan mencegah berat badan berlebih. ● Konsumsi pemanis tanpa kalori tidak meningkatkan preferensi rasa manis atau asupan energi. 	Studi yang dirancang lebih baik diperlukan untuk memahami efek jangka panjang pemanis tanpa kalori pada pengendalian berat badan, nafsu makan, dan dampaknya pada persepsi rasa manis.

9	Review: Can Artificial Sweeteners Increase the Risk of Cancer Incidence and Mortality: Evidence from Prospective Studies (Yan <i>et al.</i> , 2022)	Peran pemanis buatan pada risiko kejadian dan kematian kanker dan semua penyebab kematian berdasarkan data dari semua studi kohort prospektif saat ini.	Asupan pemanis buatan dapat meningkatkan risiko kematian. Risiko kematian akibat kanker tidak diamati secara keseluruhan.	Dari banyaknya data hasil studi yang telah di uji, masih diperlukan konfirmasi atau penelitian lebih lanjut hubungan pemanis buatan dan kanker.
10	Scientific Considerations for Evaluating Cancer Bioassays Conducted by the Ramazzini Institute (Gift <i>et al.</i> , 2013)	Desain studi Ramazzini Institute, perbedaan protokol, dan akurasi diagnosis kanker untuk dampaknya terhadap karakterisasi bahaya karsinogenik.	Masalah yang berkaitan dengan infeksi saluran pernapasan memiliki diagnosis yang rumit di limfoma, serta untuk neoplasma telinga bagian dalam dan cranium.	Masih diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai bahaya aspartam yang diduga dapat menyebabkan kanker.

Berdasarkan Tabel 1., dapat diperoleh rangkuman temuan awal dan kesenjangan konsumsi pemanis rendah kalori sebagai berikut:

Mengatur berat badan lebih bergantung pada pembatasan kalori total daripada menghindari pemanis kalori, sedangkan penggunaan pemanis buatan bagi penderita diabetes dapat digunakan lebih sering untuk mengoptimalkan kontrol glikemik. Penggunaan pemanis rendah kalori sudah meluas dan dalam intensitas yang tinggi, terutama pada anak. Paparan pemanis rendah kalori siklamat, acesulfame-K, glikosida steviol dan sakarin oleh penderita diabetes dan anak berkebutuhan medis khusus melebihi ADI. Selain itu, pemanis rendah kalori aspartam berbahaya bagi penderita penyakit Phenylketonuria dikarenakan pembentukan fenilalanin akibat degradasi metabolik.

Aspartam merupakan salah satu pemanis rendah kalori yang dapat mencegah berat badan berlebih dengan mengurangi asupan energi. Penggunaan pemanis rendah kalori menimbulkan efek yang berbeda tiap individu. Berdasarkan data epidemiologis, penggunaan pemanis rendah kalori jangka pendek tidak ditemukan risiko bagi kesehatan. Penggunaan pemanis buatan jangka panjang diduga dapat menyebabkan aterosklerosis, risiko kardiovaskular, tumor hematopoietic, kanker (otak, pencernaan, payudara, prostat), infeksi pernapasan, kelahiran prematur, hingga kematian. Berdasarkan tinjauan meta analisis, penggunaan jangka panjang belum menunjukkan hubungan signifikan terhadap kanker dan kematian dikarenakan kurangnya data yang ditemukan.

Penggunaan pemanis rendah kalori khususnya aspartam telah diizinkan dan semakin populer di berbagai negara, tetapi masih terbatas penelitian tentang keamanan konsumsinya. Pada penelitian sebelumnya, metode dan periode yang digunakan kurang bervariasi sehingga tidak cukup efektif untuk menyimpulkan aspartam aman bagi kesehatan manusia. Penggunaan jangka panjang dan metabolisme pemanis rendah kalori perlu diuji dengan

mempertimbangkan variasi umur, dosis dan periode. Untuk aspartam, diperlukan studi epidemiologi terbaru mengenai hubungan pemanis rendah kalori dan bahaya bagi kesehatan.



Pemetaan pustaka utama dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 2. Pemetaan Pustaka Utama (Artikel Penelitian)

No	Judul, penulis dan tahun jurnal	Aspek yang dikaji	Tujuan	Metode	Temuan Pustaka	Kesimpulan
1	Artificial sweeteners in non-alcoholic beverages: Occurrence and exposure estimation of the Portuguese population (Basílio <i>et al.</i> , 2020)	Pemanis buatan di dalam minuman non alkohol dan analisis paparan masyarakat Portugis	Mengevaluasi pemanis buatan menggunakan kromatografi cair dengan deteksi ultraviolet (LC-UV), kadarnya dalam minuman non alkohol di pasar Portugis (minuman ringan, minuman olahraga, minuman berenergi, dan nektar), dan perkiraan keterpaparan populasi	Pengambilan sampel minuman non alkohol yang beredar dipasar Portugis yang mengandung pemanis buatan. Kemudian, diuji menggunakan kromatografi cair dengan deteksi ultraviolet (LC-UV).	<ul style="list-style-type: none"> • Acesulfame-k paling banyak ditemukan pada 48 sampel dari 56 sampel yang dianalisis, serta ditemukan pada minuman olahraga, energi dan nektar. • Sakarin paling jarang digunakan ditemukan pada 19 dari 56 sampel yang dianalisis, serta tidak ditemukan pada minuman olahraga dan minuman energi. • Aspartam ditemukan pada 21 	<ul style="list-style-type: none"> • Kandungan pemanis dalam 6 jenis minuman ditemukan di bawah batas maksimum yang diizinkan oleh Uni Eropa, kecuali sakarin pada 3 sampel teh dan aspartam pada 1 sampel minuman berenergi. • EDI (Estimated Daily intake) sakarin pada minuman tradisional lebih

			remaja/dewasa Portugis.		dari 56 sampel dengan jenis minuman yang berbeda, serta tidak ditemukan pada minuman olahraga.	tinggi dari acesulfame-k dan aspartam sebesar 2,3% dari ADI.
2	Aspartame and cancer – new evidence for causation (Landrigan & Straif, 2021)	Memastikan kembali bahaya aspartam bagi kesehatan manusia	Menelaah dan mengevaluasi ulang bahaya aspartam yang menyebabkan kanker	Semua tumor jaringan limfoid dari hewan yang terpapar aspartam digunakan untuk di analisis imunohistokimia menggunakan baterai penanda dan penilaian ulang morfologi menggunakan kriteria Nomenklatur dan Diagnostik Harmonisasi Internasional (INHAND) terbaru.	Evaluasi ulang imunohistokimia dan morfologi ini mengkonfirmasi diagnosis awal keganasan pada 92,3% kasus. Enam lesi yang awalnya didiagnosis sebagai limfoma (8% dari semua HLT) diklasifikasi ulang: 3 menjadi hiperplasia limfoid, dan 3 menjadi peradangan kronis dengan fibrosis. Tidak ada bukti infeksi Mycoplasma.	Aspartam adalah karsinogen kimiawi pada hewan pengerat. Diperlukan evaluasi ulang prioritas tinggi dari karsinogenisitas aspartam pada manusia. Pemeriksaan ulang perlu dilakukan, selain itu menghimbau lembaga negara di seluruh dunia untuk menilai kembali tingkat asupan harian yang dapat

						diterima (ADI) untuk aspartam.
3	Safety assessment of 16 sweeteners for the Korean population using dietary intake monitoring and poundage method (Kim <i>et al.</i> , 2017)	Keamanan pangan pemanis buatan bagi masyarakat di Korea berdasarkan asupan harian.	Menilai paparan dan keamanan semua pemanis, yang memiliki nilai atau tanpa ADI sesuai pola diet.	Metode eksperimen digunakan untuk pengambilan sampel, preparasi sampel, HPLC-ELSD analisis, dan validasi.	EDI dari acesulfame-K, aspartam, natrium sakarin dan sukralosa pada kelompok asupan tinggi 3,4 - 4,5 kali lebih tinggi dibanding populasi umum. Pada kelompok usia kurang dari 19 tahun, memiliki EDI dua kali lebih tinggi dibandingkan individu yang berusia 20 tahun atau lebih.	<ul style="list-style-type: none"> ● Risiko ditentukan dengan membandingkan EDI dengan ADI adalah 2,9% untuk acesulfame-K, 0,8% untuk aspartam, 3,6% untuk sakarin-Na, 4,3% untuk glikosida steviol, dan 2,1% untuk sukralosa. ● Asupan makanan dari 16 pemanis di antara penduduk Korea dalam penelitian ini menunjukkan bahwa semuanya aman

						dikonsumsi.
4	Identification of aspartame-induced haematopoietic and lymphoid tumours in rats after lifetime treatment (Tibaldi <i>et al.</i> , 2020)	Melaporkan dan mengidentifikasi ulang tumor hematopoietik dan limfoid pada tikus yang disebabkan pemanis buatan aspartam.	Meninjau diagnosis tumor jaringan hematopoietik dan limfoid (HTLs) penelitian sebelumnya menggunakan terminologi dan kriteria morfologi yang diperbarui, mengeksploitasi analisis imunohistokimia (IHC) untuk mengkarakterisasi lebih lanjut tumor dan hubungannya dengan paparan aspartam.	Semua 78 kasus HTLs dari kelompok perlakuan dan kontrol diperiksa ulang berdasarkan karakteristik morfologi mikroskopis cahaya dan dikenai panel penanda IHC	<ul style="list-style-type: none"> • Analisis mengkonfirmasi diagnosis HTL pada 72 kasus, mengidentifikasi 3 kasus lesi preneoplastik (limfoid hiperplasia), dan mengkategorikan 3 kasus sebagai lesi inflamasi. • Namun masih diperlukan penelitian lanjutan, karena dosis yang diberikan pada tikus sebesar 100 mg/kg berat badan. 	<ul style="list-style-type: none"> • Setelah evaluasi ulang kasus HTL, hasil yang diperoleh konsisten dengan yang dilaporkan dalam publikasi penelitian sebelumnya dan memperkuat hipotesis bahwa aspartam memiliki efek leukemogenesis dan limfoma. • Berbagai kritik telah dilontarkan oleh lembaga internasional seperti EFSA dan FDA tentang keakuratan diagnosis HLT yang diamati

						<p>pada saluran pernapasan hewan dalam studi aspartam RI.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sehingga RI melakukan analisis yang lebih mendalam tentang HLT yang diamati dalam studi jangka panjang prenatal aspartam, menerapkan teknik diagnostik lebih lanjut dan sistem klasifikasi yang lebih inovatif.
5	Simultaneous determination of sweeteners in beverages by LC-MS/MS	Penentuan pemanis dan simultan dengan LC-MS/MS.	Menganalisis pemanis rendah kalori yang digunakan dalam berbagai	Pengambilan 58 sampel minuman yang tersedia secara komersial dan dianalisis	<ul style="list-style-type: none"> • Di Jepang, batasan pemanis rendah kalori acesulfame-k dan sukralosa pada minuman 	<ul style="list-style-type: none"> • Peraturan dan standar pemanis rendah kalori bervariasi dari tiap negara.

	(Sakai <i>et al.</i> , 2015)		jenis minuman yang dijual di Jepang,	menggunakan metode LC-MS/MS	dingin sebesar 0,50 dan 0,40 g/kg ⁻¹ , tidak ditemukan sampel yang melebihi batas tersebut. ● Pemanis rendah kalori seperti sodium siklamat, dulcin dan alitame tidak diperbolehkan di Jepang.	● Tidak ada masalah terkait pelabelan atau pelanggaran undang-undang sanitasi makanan yang diamati dalam sampel.
6	Assessment of Korean consumer exposure to sodium saccharin, aspartame and stevioside (Ha <i>et al.</i> , 2013)	Paparan pemanis rendah kalori (natrium sakarin, aspartam dan steviosida) terhadap konsumen di Korea	<ul style="list-style-type: none"> ● Menilai paparan natrium sakarin, aspartam, dan steviosida untuk mengevaluasi asupan makanan. ● Membandingkan estimasi asupan harian (EDI) tingkat 	Pengambilan sampel 28 kategori makanan yang ditemukan dari survey kemudian dianalisis.	<ul style="list-style-type: none"> ● Estimasi asupan harian (EDI) natrium sakarin dan aspartam tinggi ditemukan pada bayi dan anak-anak, sedangkan EDI steviosida tinggi pada remaja dan dewasa. ● Pemanis yang paling banyak dikonsumsi adalah 	<ul style="list-style-type: none"> ● Kategori yang berkontribusi tinggi terhadap EDI yaitu minuman termasuk minuman beralkohol. ● Rasio EDI/ADI tertinggi untuk natrium sakarin dan aspartam ditemukan pada bayi dan anak

			<p>pemanis intens pada konsumen Korea menggunakan asupan harian yang dapat diterima (ADI) untuk menilai risiko.</p>	<p>aspartam, dan rasio EDI tertinggi ditemukan untuk natrium sakarin.</p>	<p>usia 1–6 tahun, sedangkan rasio steviosida ditemukan pada remaja dan dewasa berusia 13–29 tahun, terutama disebabkan oleh konsumsi Soju.</p> <ul style="list-style-type: none">• EDI pemanis rendah kalori di Korea jauh lebih rendah daripada ADI yang ditetapkan.
--	--	--	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Tabel 2. dapat dirangkum temuan utama terkait konsumsi pemanis rendah kalori sebagai berikut.

Pemanis rendah kalori seperti acesulfame-k, natrium sakarin, aspartam dan sukralosa ditemukan pada berbagai produk minuman. Sebanyak 56 sampel yang dianalisis, ditemukan 48 sampel mengandung acesulfame-k, 19 sampel mengandung natrium sakarin, dan 21 sampel mengandung aspartam. Pemanis rendah kalori acesulfame-k banyak ditemukan pada *sport drink*, minuman energi dan nektar, sedangkan natrium sakarin dan aspartam ditemukan pada berbagai jenis minuman kecuali *sport drink*. Pada populasi asupan tinggi, *Estimated Daily Intake* (EDI) pemanis rendah kalori dari acesulfame-K, aspartam, natrium sakarin dan sukralosa 3,4 – 4,5 kali lebih tinggi dibanding populasi umum. Untuk kelompok usia ≤ 19 tahun, memiliki EDI dua kali lebih tinggi dibandingkan usia ≥ 20 tahun.

Di Korea, EDI pemanis rendah kalori natrium sakarin dan aspartam tertinggi ditemukan pada bayi dan anak-anak, sedangkan EDI steviosida tinggi pada remaja dan dewasa. Pemanis rendah kalori aspartam banyak digunakan pada produk makanan dan minuman, serta rasio EDI tertinggi pada natrium sakarin. Di Jepang, sampel minuman dingin yang mengandung acesulfame-k dan sukralosa tidak melebihi batas yang ditetapkan. Penggunaan pemanis rendah kalori sodium siklamat, dulcin dan alitame dilarang.

4.2. Status terkini penggunaan aspartam sebagai bahan pemanis dalam produk minuman

Penggunaan aspartam diperbolehkan di seluruh dunia, akan tetapi harus sesuai dengan batasan yang telah ditentukan. Di Amerika, batas asupan harian yang diizinkan sebesar 50 mg/kg berat badan, sedangkan JECFA, EFSA, BPOM dan FSANZ sebesar 40 mg/kg berat badan. Kebanyakan negara di Asia menetapkan batasan sesuai dengan JECFA. Selain itu, aspartam

digunakan pada produk minuman alkohol maupun non alkohol, serta biasa digunakan untuk campuran pemanis lain seperti acesulfame-k.

Di Indonesia, penggunaan aspartam diperbolehkan pada beberapa produk minuman seperti: susu, sirup, minuman perisa, minuman elektrolit, kopi, dan teh (BPOM, 2019). Selain itu, produksi minuman biasanya diolah di pabrik yang ditangani oleh ahli dan pengawasan khusus, namun ada juga yang diolah sendiri di rumah tanpa ahli dan pengawasan, sehingga seringkali penjual minuman menambahkan pemanis buatan secara berlebihan dan tidak sesuai dengan yang telah ditentukan oleh BPOM. Menurut Dali *et al.*, (2013), beberapa jajanan minuman di salah satu sekolah dasar mengandung aspartam, akan tetapi masih dalam batas yang wajar.

Di Korea, penggunaan aspartam diperbolehkan pada produk minuman Takju (anggur beras tradisional Korea). Masyarakat dulu menggunakan pemanis natrium sakarin untuk membuat Takju, karena konsumen menyukai rasa manis. Akan tetapi, terjadi penurunan permintaan natrium sakarin di Korea sehingga masyarakat mengganti natrium sakarin menjadi aspartam dengan konsentrasi relatif tinggi agar menghasilkan rasa yang manis seperti menggunakan natrium sakarin (Ha *et al.*, 2013). Selain itu, aspartam juga ditemukan pada minuman alkohol seperti soju, minuman karbonasi dan kopi yang beredar di Korea. MPL (*Maximum Permitted Level*) aspartam ditetapkan pada kategori makanan dengan jumlah terendah, kebanyakan aspartam digunakan tanpa batas (Lee *et al.*, 2017).

Di Italia, penggunaan pemanis buatan kebanyakan terdapat pada produk minuman rasa (flavoured drink), sari buah atau jus, serta pada produk susu seperti yogurt dan es krim. Aspartam merupakan salah satu pemanis buatan yang cukup banyak digunakan pada produk minuman non alkohol di pasar Italia (Janvier *et al.*, 2015). Di Irlandia, banyak ditemukan berbagai kombinasi pemanis buatan seperti aspartam dengan acesulfame-k yang terjadi

pada produk minuman karbonasi dan produk susu. Kemudian, terdapat kombinasi aspartam dan sakarin pada produk minuman rasa dan karbonasi. Namun, penggunaan pemanis buatan yang ditemukan tidak melebihi batas yang telah ditentukan, sehingga masyarakat di Irlandia saat ini tidak berisiko terpapar bahan kimia secara berlebihan (Buffini et al., 2018). Aspartam juga ditemukan di Belgia terutama pada produk minuman non alkohol dengan dikombinasikan dengan acesulfame-k, sedangkan pada minuman alkohol ditemukan pada salah satu bir khas Belgia yaitu Lambic beer. Menurut penelitian yang telah dilakukan, aspartam banyak ditemukan pada berbagai macam produk minuman seperti minuman rasa, minuman energi, minuman karbonasi, jus, dan produk susu (Huvaere et al., 2012).

Berdasarkan data konsumsi makanan dan minuman, Amerika menjadi negara tertinggi dalam konsumsi minuman non alkohol rasa berbasis air. Selain itu, banyak industri minuman yang menggunakan pemanis buatan seperti acesulfame-k, sakarin, aspartam, dan sukralosa. Menurut Tran et al., (2021), aspartam ditemukan pada minuman non alkohol rasa berbasis air seperti minuman karbonasi, minuman rasa, minuman energi, minuman olahraga (sport drink), jus, teh, kopi dan minuman siap minum (Ready to drink atau RTD). Produk di Amerika latin khususnya Argentina, Chile, dan Peru sebagian besar menggunakan pemanis buatan dan banyak ditemukan pada produk minuman terutama pada minuman karbonasi.

4.3. Standar Keamanan Aspartam pada Produk Minuman di Berbagai Negara

Standar batas penggunaan aspartam pada produk di berbagai negara dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 3. Batas Penggunaan Aspartam pada Produk Minuman di Berbagai Negara

Nomor Kategori Pangan	Kategori pangan	Batas maksimal (mg/kg)						
		CODEX	Eropa (EFSA)	Australia New Zealand (FSANZ)	Indonesia (BPOM)	Thailand	China	India
01.1.2	Minuman berbahan dasar susu yang diberi perisa dan/atau difermentasi tidak termasuk susu beraroma	600	-	-	600	350	-	600
01.1.3	Buttermilk cair (<i>plain</i>)	-	-	-	-	-	600	-
01.1.4	Minuman susu cair berperisa	600	-	-	-	-	-	-
01.2.2	Susu fermentasi berperisa	-	-	-	-	-	1000	-
01.4	Produk susu fermentasi beraroma termasuk produk yang diberi perlakuan panas	-	1.000	-	-	-	-	-
01.5.2	Susu dan Krim Bubuk Analog	2.000	-	-	1000	-	1000	-
14.1.4	Minuman Berbasis Air Berperisa, Minuman Elektrolit dan <i>Particulated Drinks</i>	600	600	150	600	500	600	600

14.1.5	Kopi dan Kopi Substitusi, Teh, Seduhan Herbal, dan Minuman Biji-Bijian kecuali Cokelat	600	-	1.000	600	-	600	600
14.2.1	Minuman bir dan malt	-	600	-	-	-	-	-
14.2.7	Minuman beralkohol aromatik (misal. bir, anggur, dan minuman jenis pendingin lainnya, penyegar rendah alkohol)	600	600	-	-	-	-	600

Berdasarkan Tabel 3., dapat dilihat batas penggunaan aspartam yang telah ditetapkan oleh masing – masing negara untuk digunakan dalam produk minuman. Jenis produk minuman yang diizinkan oleh beberapa negara yaitu minuman berbasis susu (susu fermentasi berperisa/tanpa perisa, buttermilk), minuman rasa (elektrolit, protein, karbonasi), teh, kopi, dan minuman alkohol (bir atau malt, dan wine). Jenis minuman yang hampir semua negara memperbolehkan adalah minuman berperisa (elektrolit, protein, karbonasi), kopi dan teh.

4.4. Justifikasi penetapan standar keamanan aspartam pada produk minuman

Sejauh ini aspartam telah dikonsumsi oleh lebih dari 200 juta orang di seluruh dunia. Aspartam menjadi salah satu pemanis rendah kalori yang populer dikarenakan memiliki kalori sebesar 0,4 kal/g, serta tingkat kemanisan 200 kali dari sukrosa. Menurut JECFA (1980), aspartam pertama kali dievaluasi pada tahun 1975 dan ditentukan batasan asupan harian (ADI) sebesar 40 mg/kg pada tahun 1980.

Pada tahun 1981, FDA menyetujui penggunaan aspartam tetapi dibatasi dalam kondisi tertentu. Aspartam digunakan sebagai pemanis meja, permen karet, sereal, minuman ready to drink, produk susu, pudding. Pada tahun 1983, FDA menyetujui penggunaan aspartam dalam minuman berkarbonasi, kemudian pada tahun 1996, FDA menyetujui untuk digunakan secara bebas oleh masyarakat. Aspartam bersifat tidak tahan panas dan akan kehilangan rasa manis saat dipanaskan, sehingga biasa tidak digunakan pada makanan yang dipanggang. Untuk batasan asupan harian menurut FDA sebesar 50 mg/kg.

Beberapa kekhawatiran yang timbul disebabkan muncul penelitian pada tikus oleh sekelompok peneliti di Italia. yang mengatakan bahwa aspartam dapat meningkatkan risiko kanker berhubungan dengan darah (leukemia dan

limfoma). Namun, hasil studi epidemiologi (studi terhadap sekelompok orang) tentang hubungan antara aspartam dan kanker (termasuk kanker terkait darah) belum konsisten, sehingga penggunaan aspartam perlu dipantau dari waktu ke waktu serta penelitian lanjutan.



4.5. Paparan Aspartam Melalui Berbagai Macam Produk Minuman

Konsentrasi aspartam dalam berbagai melalui berbagai macam produk minuman dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 4. Konsentrasi Aspartam dalam Berbagai Jenis minuman

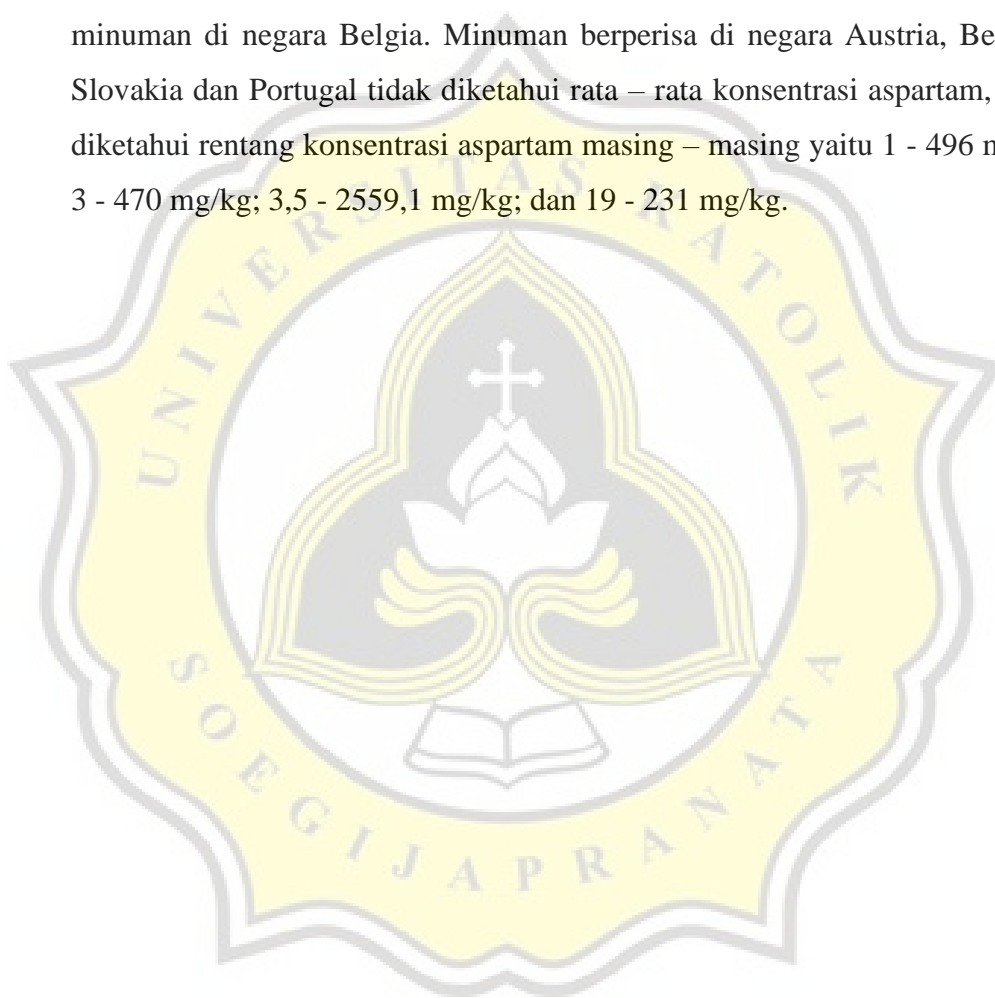
Jenis minuman	Konsentrasi (ppm, mg/l)		Jumlah sampel	MPL (ppm, mg/l)	Negara	Sumber
	Rata-rata	Rentang				
Minuman berkarbonasi (soft drink)	45	-	19	600	Belgia	Huvaere <i>et al.</i> , (2012)
Minuman berperisa (flavoured drink)	-	1 - 496	272	600	Austria	EFSA (2013)
Minuman berperisa (flavoured drink)	-	3 - 470	40	600	Belanda	EFSA (2013)
Minuman berperisa (flavoured drink)	-	3,5 - 2559,1	60	600	Slovakia	EFSA (2013)

Minuman berkarbonasi (soft drink)	87,70	Tidak diketahui - 367.90	3	600	Korea	Suh <i>et al.</i> , (2014)
Minuman berkarbonasi (Zero Guarana)	81,7	76,1 - 85,2	3	750	Brazil	de Queiroz Pane <i>et al.</i> , (2015)
Minuman berkarbonasi (cola)	-	19 - 231	16	600	Portugal	Silva <i>et al.</i> , (2021)
Minuman berkarbonasi (soft drink)	140	-	-	600	Thailand	Tanaviyutpakdee <i>et al.</i> , (2021)

Keterangan:

MPL = Maximum Permissible Level

Berdasarkan Tabel 4., dapat dilihat konsentrasi aspartam pada produk minuman karbonasi dan non karbonasi di berbagai negara. MPL semua negara di Uni Eropa, Korea dan Thailand sebesar 600 mg/kg, sedangkan di Brazil sebesar 750 mg/kg. Konsentrasi rata – rata aspartam tertinggi ditemukan pada produk minuman di negara Thailand sebesar 140 mg/kg, sedangkan konsentrasi rata – rata aspartam terendah ditemukan pada produk minuman di negara Belgia. Minuman berperisa di negara Austria, Belanda, Slovakia dan Portugal tidak diketahui rata – rata konsentrasi aspartam, tetapi diketahui rentang konsentrasi aspartam masing – masing yaitu 1 - 496 mg/kg; 3 - 470 mg/kg; 3,5 - 2559,1 mg/kg; dan 19 - 231 mg/kg.



Paparan aspartam melalui konsumsi berbagai jenis minuman dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 5. Paparan Aspartam melalui konsumsi berbagai jenis minuman

Jenis minuman	Tingkat Konsumsi (l/ minggu)	Konsentrasi (ppm, mg/l)		Tingkat paparan (mg/minggu)	MTWI (mg/minggu)		HQ		Kontribusi terhadap Total Paparan yang diperbolehkan (%)	
		Rata-rata	Rentang		Laki – laki	Perempuan	Laki – laki	Perempuan	Laki – laki	Perempuan
Minuman berkarbonasi (soft drink)	0,2	45	-	9	18.200	15.400	0,0004	0,0005	0,04	0,05
Minuman berperisa (flavoured drink)	0,2	-	1 - 496	0,2	18.200	15.400	0,00001	0,00001	0,001	0,001
				99,2			0,0054	0,0064	0,54	0,64
Minuman berperisa (flavoured drink)	0,2	-	3 - 470	0,6	18.200	15.400	0,00003	0,00003	0,003	0,003
				94			0,0051	0,0061	0,51	0,61
Minuman berperisa (flavoured drink)	0,2	-	3,5 - 2559,1	0,7	18.200	15.400	0,00003	0,00004	0,003	0,004
				511,82			0,028	0,033	2,8	3,3

Minuman berkarbonasi (cola)	0,2	-	19 – 231	3,8	18.200	15.400	0,0002	0,0002	0,02	0,02
				46,2			0,0025	0,003	0,25	0,3
Minuman berkarbonasi (soft drink)	0,2	87,70	Tidak diketahui – 367,90	17,54	18.200	15.400	0,0009	0,001	0,09	0,1
Minuman berkarbonasi (Zero Guarana)	0,2	81,7	76,1 – 85,2	16,34	22.750	19.250	0,0008	0,001	0,08	0,1
Minuman berkarbonasi (soft drink)	0,2	140	-	28	18.200	15.400	0,001	0,001	0,1	0,1

Keterangan:

Tingkat paparan (mg) = tingkat konsumsi (L/minggu) x konsentrasi aspartam pada minuman (mg/L)

MTWI = Maximum Tolerable Weekly Intake (7 x ADI x berat badan)

HQ = Hazard Quotient (Tingkat paparan / MTWI)

Berat badan laki – laki = 65 kg

Berat badan perempuan = 55 kg

Berdasarkan Tabel 5., dapat dilihat hasil perhitungan paparan aspartam melalui konsumsi berbagai jenis minuman. MPL dan ADI berhubungan karena MPL merupakan batas maksimum penggunaan bahan tambahan pangan yang diperbolehkan dalam produk pangan, sedangkan ADI merupakan batas maksimum konsumsi bahan tambahan pangan per hari tanpa adanya efek buruk bagi kesehatan. Pada perhitungan diatas, tingkat konsumsi aspartam dalam seminggu diasumsikan sebesar 0,2 liter, sehingga dapat dihitung tingkat paparan mengonsumsi aspartam. Selain itu, berat badan yang digunakan dalam perhitungan di asumsikan untuk laki – laki 65 kg dan perempuan 55 kg. Perhitungan tingkat paparan dilakukan dengan mengkalikan rata – rata konsentrasi dengan tingkat konsumsi. Untuk perhitungan yang tidak diketahui rata – rata konsentrasi menggunakan rentang tertinggi dan terendah yang telah diketahui. Kontribusi terhadap total paparan yang diperbolehkan pada produk minuman berperisa dihitung menggunakan rentang. Hasil kontribusi terhadap paparan total paparan yang diperbolehkan tertinggi diperoleh sebesar 2,8% (laki – laki) dan 3,3% (perempuan) di negara Slovakia dan terendah sebesar 0,001% (laki – laki dan perempuan) di negara Austria. Sedangkan kontribusi terhadap total paparan yang diperbolehkan pada produk minuman berkarbonasi tertinggi sebesar 0,25 (laki – laki) dan 0,3 (perempuan) serta terendah sebesar 0,02 (laki – laki dan perempuan) di negara Portugal dengan perhitungan menggunakan rentang.