

### 3. MIKROPLASTIK PADA PANGAN OLAHAN

#### 3.1. Kontaminasi Mikroplastik pada Bahan Tambahan Pangan dan karakteristiknya

##### A. Garam

Cemaran mikroplastik dalam garam dapat ditemukan pada beberapa jenis produk garam. Berdasarkan sumber bahan bakunya garam dapat terbagi menjadi 4 jenis yaitu garam laut, garam danau, garam batu, dan garam sumur. Garam laut merupakan garam yang diproduksi menggunakan bahan baku air laut dan biasanya diproduksi dengan proses kristalisasi melalui sinar matahari (Yang *et al.*, 2015). Garam danau yaitu garam yang diproduksi menggunakan bahan baku air asin asal danau dan diproduksi dengan dimurnikan atau tidak dimurnikan. Garam batu yaitu garam yang diproduksi dengan berbahan baku halit (Kim *et al.*, 2018). Sedangkan jenis garam sumur terdapat penelitian yang menyatakan bahwa garam sumur merupakan garam yang dapat dianggap sama dengan garam batu (Yang *et al.*, 2015).

Pada Tabel 4 menampilkan hasil konsentrasi, bentuk, ukuran, jenis polimer, dan warna pada sampel garam. Jumlah konsentrasi pada garam laut ditemukan dalam 14 publikasi yang menunjukkan sebanyak 272 sampel berasal dari 43 negara berbeda diperoleh hasil konsentrasi antara tidak terdeteksi (ND) hingga 1674 partikel/kg. Berbeda dengan sampel garam danau dan garam batu yang ditemukan pada 3 publikasi menunjukkan jumlah sampel berturut-turut sebanyak 13 sampel dan 19 sampel dari lokasi berbeda-beda. Hasil konsentrasi pada garam danau dan garam batu berturut-turut adalah 9 - 462 partikel/kg dan 0 - 148 partikel/kg. Selain itu, ada pula garam jenis garam sumur yang diteliti oleh Iñiguez *et al.*, (2017) diambil dari negara Spanyol diperoleh hasil konsentrasinya berkisar 115-185 partikel/kg. Sehingga bila diurutkan keberadaan mikroplastik yang paling tinggi dalam garam adalah dalam garam laut diikuti dengan garam danau, garam batuan, dan garam sumur. Hal tersebut sesuai dengan yang dilaporkan Mirad *et al* (2020)

bahwa konsentrasi mikroplastik di air laut ditemukan cukup tinggi berkisar 334 - 7472 partikel/m<sup>3</sup> sehingga distribusi partikel mikroplastik ke produk garam dapat dipengaruhi oleh bahan baku itu sendiri seperti air laut.

Bentuk mikroplastik yang ditemukan pada hampir semua sampel garam adalah serat dan fragmen. Kelimpahan bentuk mikroplastik hanya dilaporkan pada sebagian pustaka yang telah ditemukan seperti pada (Seth & Shriwastav, 2018; Kosuth *et al.*, 2018; Lee *et al.*, 2019; Sathish *et al.*, 2020) yang dapat dilihat pada Tabel 4. Berbeda dengan penelitian Murpa *et al.*, (2021) yang hanya menemukan bentuk mikroplastiknya saja tanpa diketahui jumlahnya. Selain itu, terdapat bentuk mikroplastik lain seperti film yang ditemukan pada 6 pustaka dari 11 pustaka, bentuk pelet yang hanya ditemukan pada penelitian Yang *et al.*, (2015), dan bentuk butiran yang ditemukan hanya pada penelitian (Renzi & Blašković, 2018; Fadare *et al.*, 2021) (Tabel 4). Serat dapat berasal dari cemaran air laut oleh air limbah yang digunakan sebagai bahan baku dalam produksi garam (Renzi & Blašković, 2018). Pada sampel garam danau, bentuk mikroplastik yang seringkali ditemukan yaitu serat, fragmen, dan film. Hasil tersebut sama dengan yang ditemukan pada sampel garam batu. Hanya saja berbeda dengan hasil dari sampel garam sumur yang diteliti oleh Iñiguez *et al.*, (2017) menemukan hanya bentuk serat.

Ukuran mikroplastik yang ditemukan pada produk bahan tambahan pangan seperti garam memiliki ukuran partikel yang masih bervariasi. Ukuran partikel yang ditemukan pada setiap produk garam mulai dari 0,93 - 5000 µm seperti yang ditunjukkan pada (Tabel 4). Yang *et al.*, (2015) melaporkan mikroplastik dengan ukuran < 200µm merupakan ukuran paling dominan ditemukan 55% dari total partikel lainnya. Sedangkan, hasil penelitian lain sedikit berbeda seperti pada Kim *et al.*, (2018) yang kisaran ukurannya masih sama namun ukuran < 500 µm yang lebih dominan pada 3 jenis garam dengan proporsi terbesar pada garam batu sebesar 61%, sebesar 55% dalam danau, dan 47% dalam garam laut. Ada pula penelitian lain yang mendukung hasil (Yang *et al.*, 2015; Kim *et al.*, 2018) bahwa ukuran

mikroplastik < 100  $\mu\text{m}$  juga ditemukan paling dominan yaitu memiliki proporsi sebesar 60% pada sampel garam (Selvam *et al.*, 2020).

Dalam bahan pangan, jenis polimer yang seringkali digunakan atau diproduksi sebagai bahan pengemas yaitu PP (polypropylene) PE (polyethylene) yang terdiri dari HDPE (high density polyethylene) dan LDPE (low density polyethylene), PET (polyethylene terephthalate), PS (polystyrene), dan PVC (polyvinyl chloride) (Plastics Europe, 2020; Winkler *et al.*, 2019). PET merupakan bahan yang seringkali digunakan dalam kemasan dikarenakan memiliki sifat yang fleksibel sehingga dapat dipakai untuk plastik lembaran dan ada pula yang kaku biasanya untuk kemasan botol plastik. PET juga banyak digunakan sebagai bahan tekstil sehingga polimer tersebut ada kemungkinan dapat ditemukan di lingkungan laut (Iñiguez *et al.*, 2017).

Polimer PET, PE, dan PP merupakan jenis polimer yang lebih banyak ditemukan pada produk garam. Hal tersebut ditunjukkan oleh 7 studi pustaka yang menemukan jenis polimer PET, 10 studi pustaka yang menemukan jenis polimer PE, dan 9 studi pustaka yang menemukan jenis polimer PP. Kelimpahan polimer dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti adanya permintaan plastik global yang meningkat dan kepadatan polimer di lingkungan (Andrady, 2011). Kelimpahan polimer PET yang lebih besar dibanding polimer lainnya ditemukan pada garam laut dan garam sumur/*well salt* asal Spanyol yang dilaporkan oleh Iñiguez *et al.*, (2017) yaitu sebesar 83,3% polietilen tereftalat (PET) dan Lee *et al.*, (2019) melaporkan yaitu sebesar 2,3% polietilen tereftalat (PET), 39,5% polipropilen, 34,9% polietilen, 14% polistirena, 47% poliester, 2,3% polieterimida, dan 2,3% polioksimetilen.

Warna mikroplastik dapat berasal dari warna asli bahan polimer plastik yang digunakan pada kemasan produk atau alat selama proses produksi itu sendiri yang kemungkinan mengkontaminasi bahan pangan. Warna mikroplastik yang ditemukan dalam berbagai produk bahan tambahan pangan juga dapat menunjukkan sumber kontaminasi dan kondisi mikroplastik tersebut (Hidalgo-Ruz

*et al.*, 2012). Warna mikroplastik ditemukan antara lain biru, hitam, putih, transparan, merah, merah muda, hijau, kuning, abu-abu, ungu, dan coklat khususnya pada garam (Tabel 4). Warna yang lebih dominan ditemukan yaitu biru hampir di setiap sampel garam meja dari berbagai negara yang ditunjukkan oleh 11 studi pustaka. Warna biru kemungkinan dapat terkontaminasi karena adanya partikel yang terdegradasi dari jaring penangkap ikan di perairan yang terbuat dari nilon berwarna biru. Sedangkan sebagian besar partikel yang ditemukan berwarna putih/transparan juga dapat dimungkinkan berasal dari pembuangan sampah gelas plastik, botol, dan piring secara sembarangan di daerah perairan (Parvin *et al.*, 2022). Selain itu, warna transparan juga dapat menunjukkan bahwa lamanya partikel tersebut mengalami fotodegradasi sinar UV. Warna hitam juga cukup banyak ditemukan di sampel garam, warna tersebut dapat menunjukkan adanya jumlah serapan kontaminan mikroplastik yang tinggi dikarenakan adanya kemampuan penyerapan polutan yang tinggi (Hiwari *et al.*, 2019).

Tabel hasil data konsentrasi dan karakteristik mikroplastik dalam produk berkategori bahan tambahan pangan (Garam) dapat dilihat pada Tabel 4.

**Tabel 4. Karakteristik Mikroplastik Pada Kategori Bahan Tambahan Pangan**

Jenis Produk	Konsentrasi MP	Satuan Konsentrasi dalam Berat Basah (partikel/kg atau partikel/L)	Karakteristik Mikroplastik				Pustaka
			Bentuk	Ukuran ( $\mu\text{m}$ )	Jenis polimer	Warna	
<b>Garam</b>							
Garam laut (India)	56 $\pm$ 49 - 103 $\pm$ 39	partikel/kg	Fragmen (63%) dan serat (37%)	< 2000 - > 5000	PES (61%), PET (7%), PA (16%), dan PE (22%)	PES coklat, PES hitam keabu-abuan dan PE hitam keabu-abuan (Fragmen), serta PA ungu (Serat)	(Seth et al, 2018)
Garam laut (Turki)	16 - 84	partikel/kg	Serat (70,4 %), Fragmen (17,8%), dan Film (11,7%)	20 - 5000 (rata-rata 2320)	PE (12,5%), PET (18,8%), PU (25%), PP (18,8%), PA-6 (12,5%) dan PVC (12,5%)	NA	(Gündoğdu, 2018)
Garam laut (Minnesota)	46,7 - 806	partikel/kg	Serat (99,3%) dan fragmen (0,7%)	100 – 5000	NA	Biru, merah/merah muda, dan bening	(Kosuth, 2018)
Garam laut (16 negara di 6 benua)	0 - 1674	partikel/kg	Fragmen (63%), serat (31%), dan film (6%)	<500	PE (35%), PP (30%), PET (30%)	Putih, transparan, hitam, biru, abu-abu dan hijau	(Kim, 2018)

**Notes :** NA (*Not Available*), PES (*Polyester*), PET (*Polyethylene terephthalate*), PE (*Polyethylene*), PA (*Polyamide*), PU (*Polyurethane*), PP (*Polypropylene*), PA-6 (*Polyamide-6*), PVC (*Polyvinyl chloride*)

**Tabel 5. Karakteristik Mikroplastik Pada Kategori Bahan Tambahan Pangan (Lanjutan)**

Jenis Produk	Konsentrasi MP	Satuan Konsentrasi dalam Berat Basah (partikel/kg atau partikel/L)	Karakteristik Mikroplastik			Warna	Pustaka
			Bentuk	Ukuran ( $\mu\text{M}$ )	Jenis polimer		
Garam laut (Taiwan)	9,77	partikel/kg	Fragmen (93%) dan serat (7%)	89.7 - 1474.9 (rata-rata 251.1 $\pm$ 342,3)	PP (39,5%), PE (34,9%), PS (14%), PES (4,7%), PEI (2,3%), PET (2,3%), dan POM (2,3%)	Biru	(Lee, 2019)
Garam laut (Cina)	550 - 681	partikel/kg	Serat (56,8%), fragmen ( $\pm$ 40,4%), pelet (1,4%) dan film (1,4%)	45 - 4300	PET, PE dan CP	Hitam, Merah, Biru, dan Putih	(Yang, 2015)
Garam laut (Spanyol)	50 - 280	partikel/kg	Serat	30 - 3500	PET(83,3%), PP (6,7%), PE (3,3%), dan partikel lain (7%)	Hitam, Merah, Biru, Putih dan Transparan	(Iniguez, 2017)
Garam laut (India)	15 $\pm$ 35 - 40 $\pm$ 72	partikel/kg	Serat (83%) dan Fragmen (17%)	55 - 2000	PE, PP, PES, dan PA	Semi transparan, Hitam, Biru dan Merah	(Sathish, 2020)
Garam laut (India)	ND	ND	Fragmen (55%), serat (42%), film (3%)	< 100	PE (41,5%), PP (22,7%), selulosa (11,2%), nilon (8,7%), dan partikel tak dikenal (11,2%)	ND	(Selvam, 2020)

**Notes :** PES (*Polyester*), PET (*Polyethylene terephthalate*), PE (*Polyethylene*), PA (*Polyamide*), PS (*Polystyrene*), PP (*Polypropylene*), PEI (*Polyetherimide*), POM (*Polyoxymethylene*), CP (*Plastic*)

**Tabel 6. Karakteristik Mikroplastik Pada Kategori Bahan Tambahan Pangan (Lanjutan)**

Jenis Produk	Konsentrasi MP	Satuan Konsentrasi dalam Berat Basah (partikel/kg atau partikel/L)	Karakteristik Mikroplastik			Warna	Pustaka
			Bentuk	Ukuran ( $\mu\text{M}$ )	Jenis polimer		
Garam (8 negara 4 benua)	1 - 10	partikel/kg	Fragmen (63,8%), filamen (25,6%), dan film (10,6%)	160 - 980 (rata-rata $171 \pm 515$ )	PP (40%), PE (33,3%), PET (6,66%), PS (6,66%), PAN (10,0%), dan PA-6 (nilon-6, NY6, 3,33%)	ND	(Karami, 2017)
Garam meja (Italia)	1,57 – 8,23	partikel/kg	Fragmen, serat, busa, butiran, busa dan film	4 – 1200	PP	hitam, abu-abu, biru, orange, coklat, hijau, pink, kuning dan ungu	(Renzi, 2018)
Garam meja (Krosia)	27,13 – 31,68	partikel/kg	Serat, fragmen, butiran, dan film	15 – 4628	PP	Bening, biru, hitam, putih, dan kuning	(Renzi, 2018)
Garam meja (Afrika)	$0.67 \pm 1,15 - 3,42 \pm 4,94$	partikel/kg	fragmen, serat, dan butiran	3,3 - 4660	PVA, PP, dan PE	ND	(Fadare, 2021)
Garam (Indonesia)	40 – 110	partikel/kg	Serat dan fragmen	0,93 - 4936	ND	Merah, Biru, Hijau, Hitam	(Murpa, 2021)

**Notes :** NA (*Not Available*), PET (*Polyethylene terephthalate*), PE (*Polyethylene*), PS (*Polystyrene*), PU (*Polyurethane*), PP (*Polypropylene*), PA-6 (*Polyamide-6*), PVC (*Polyvinyl chloride*), PMMA (*Polymethyl methacrylate*), PAN (*Polyacrylonitrile*), PVA (*Polyvinyl acetate*)

**Tabel 7. Karakteristik Mikroplastik Pada Kategori Bahan Tambahan Pangan (Lanjutan)**

Jenis Produk	Konsentrasi MP	Satuan Konsentrasi dalam Berat Basah (partikel/kg, L)	Karakteristik Mikroplastik				Pustaka
			Bentuk	Ukuran ( $\mu\text{M}$ )	Jenis polimer	Warna	
Garam Danau (Turki)	8 – 102	partikel/kg	Serat (75,1%), Fragmen (7,1%), dan Film (17,8%)	20 - 5000 (rata-rata 2320)	PE (35,3%), PET (11,8%), PU (11,8%), PP (11,8%), PMMA (11,8%); PA-6 (5,9%) dan PVC (11,8%)	ND	(Gündoğdu, 2018)
Garam danau (2 negara)	28 - 462	partikel/kg	Fragmen, serat, dan film	<500	PP, PE, Teflon, PET	Putih, transparan, hitam, biru, abu-abu dan hijau	(Kim, 2018)
Garam Danau (Cina)	43 - 364	partikel/kg	Pelet dan film	45 - 4300	CP	Hitam, merah, biru, dan putih	(Yang, 2015)
Garam batu (Turki)	9 - 16	partikel/kg	Serat (91,5%) dan film (8,5%)	20 – 5000 (rata-rata 2320)	PP	NA	(Gündoğdu, 2018)
Garam batu (8 negara)	0 - 14 (rafinasi) dan 4 - 148 (non- rafinasi)	partikel/kg	Fragmen, serat, dan Film	<500	PET (41%)> PE (26%)> PP (23%)	Putih, transparan, hitam, biru, abu-abu dan hijau	(Kim, 2018)

**Notes :** PET (*Polyethylene terephthalate*), PE (*Polyethylene*), PP (*Polypropylene*), CP (*Plastic*)

**Tabel 8. Karakteristik Mikroplastik Pada Kategori Bahan Tambahan Pangan (Lanjutan)**

Jenis Produk	Konsentrasi MP	Satuan Konsentrasi dalam Berat Basah (partikel/kg atau partikel/L)	Karakteristik Mikroplastik				Pustaka
			Bentuk	Ukuran ( $\mu\text{M}$ )	Jenis polimer	Warna	
Garam sumur (India)	$1 \pm 2 - 11 \pm 129$	partikel/kg	serat (83%) dan fragmen (17%)	55 - 2000	PE, PP, PS, dan PA	Semi transparan, Hitam, Biru, dan Merah	(Sathish, 2020)
Garam sumur/Well salt (Spanyol)	115 – 185	partikel/kg	Serat	30 – 3500	PET, PP, PE	Hitam, merah, biru, putih dan transparan	(Iniguez, 2017)
Garam batu (Cina)	7 – 204	partikel/kg	Pelet dan lembaran	45 - 4300	CP	Hitam, merah, biru, dan putih	(Yang, 2015)

### 3.1.1. Gula

Kontaminasi mikroplastik dalam gula dilaporkan oleh Liebezeit & Liebezeit (2013). Studi ini menemukan bahwa produk gula seperti *unrefined sugar* dan *refined sugar* dapat terkontaminasi. Hasil konsentrasi yang ditemukan dalam gula rafinasi tidak termasuk *unrefined sugar* memiliki rata-rata berkisar  $217 \pm 123$  partikel/kg untuk serat dan  $32 \pm 7$  partikel/kg untuk fragmen selain itu diperoleh pula berturut-turut maksimum rata-rata masing-masing yaitu 388 dan 270 partikel/kg. Sedangkan pada *unrefined sugar* hasil konsentrasi yang diperoleh yaitu 560 partikel/kg untuk serat dan 540 partikel/kg untuk fragmen (Tabel 4). Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa gula yang tidak mengalami proses pemurnian (*unrefined sugar*) diperoleh hasil yang lebih tinggi.

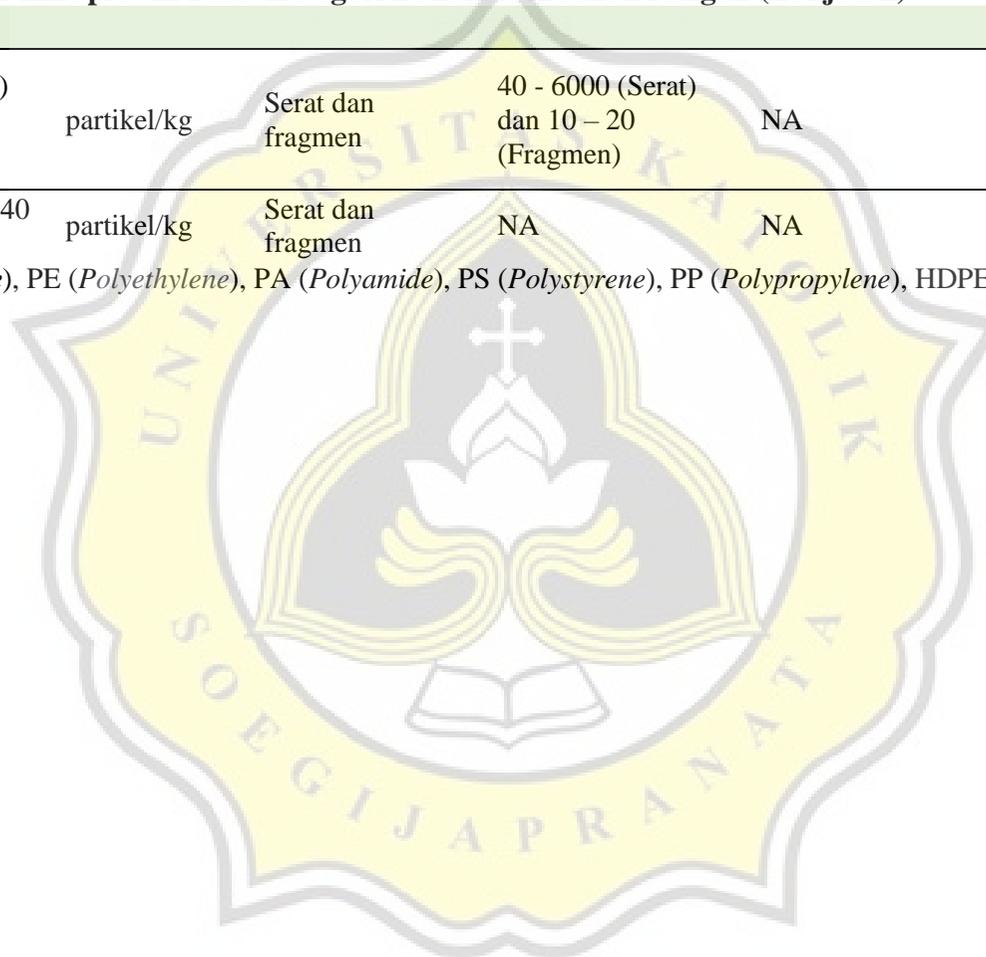
Serat dan fragmen merupakan bentuk mikroplastik yang ditemukan pada sampel gula. Jumlah serat dan fragmen yang lebih tinggi ditemukan pada gula yang tidak mengalami proses pemurnian (*unrefined sugar*). Mikroplastik yang ditemukan memiliki ukuran yaitu  $40 \mu\text{m}$  hingga  $6000 \mu\text{m}$  untuk panjang serat dan  $10\text{--}20 \mu\text{m}$  untuk panjang fragmen (Tabel 4). Jenis polimer pada produk gula hingga saat ini masih belum ditemukan sedangkan warna mikroplastik yang ditemukan pada produk gula hanya disebutkan sebagai partikel berwarna dan transparan (Liebezeit & Liebezeit, 2013). Hal tersebut dikarenakan temuan terkait mikroplastik pada produk gula masih sangat terbatas.

Tabel hasil data konsentrasi dan karakteristik mikroplastik dalam produk berkategori bahan tambahan pangan (Gula) dapat dilihat pada Tabel 4.

**Tabel 9. Karakteristik Mikroplastik Pada Kategori Bahan Tambahan Pangan (Lanjutan)**

Gula							
Gula Halus	217 ± 123 (Serat) dan 32 ± 7 (Fragmen)	partikel/kg	Serat dan fragmen	40 - 6000 (Serat) dan 10 – 20 (Fragmen)	NA	transparan dan berwarna	Liebezeit, 2013
Gula Tebu	560 (serat) dan 540 (fragmen)	partikel/kg	Serat dan fragmen	NA	NA	NA	Liebezeit, 2013

**Notes :** NA (*Not Available*), PE (*Polyethylene*), PA (*Polyamide*), PS (*Polystyrene*), PP (*Polypropylene*), HDPE (*High density polyethylene*)



### 3.1.2. Cuka

Mikroplastik juga ditemukan pada produk cuka botolan dengan jenis cuka putih dan cuka merah. Hingga saat ini baru satu studi pustaka yang menemukan sebanyak 8 merek sampel dari cuka putih dan cuka merah yang berasal dari Iran diteliti oleh Makhdoumi *et al.*, (2021). Dalam studi ini mikroplastik diteliti dengan menggunakan 2 metode berbeda yaitu stereomikroskop/metode secara visual dan pewarnaan fluoresensi NR. Jumlah konsentrasi yang ditunjukkan oleh metode stereo mikroskop diperoleh hasil rata-rata berkisar  $6,34 \pm 16,64$  partikel/L sedangkan hasil dari metode pewarnaan fluoresensi NR diperoleh rata-rata berkisar  $20,73 \pm 51,35$  partikel/L (Tabel 4). Dapat disimpulkan jumlah konsentrasi yang lebih tinggi diperoleh pada sampel yang diteliti dengan metode fluoresensi NR. Hal tersebut karena metode NR lebih stabil, cepat, dan handal dengan tingkat pemulihan yang baik sedangkan metode secara visual memiliki keterbatasan dalam partikel halus dan transparansi sebagian mikroplastik (Prata *et al.*, 2020).

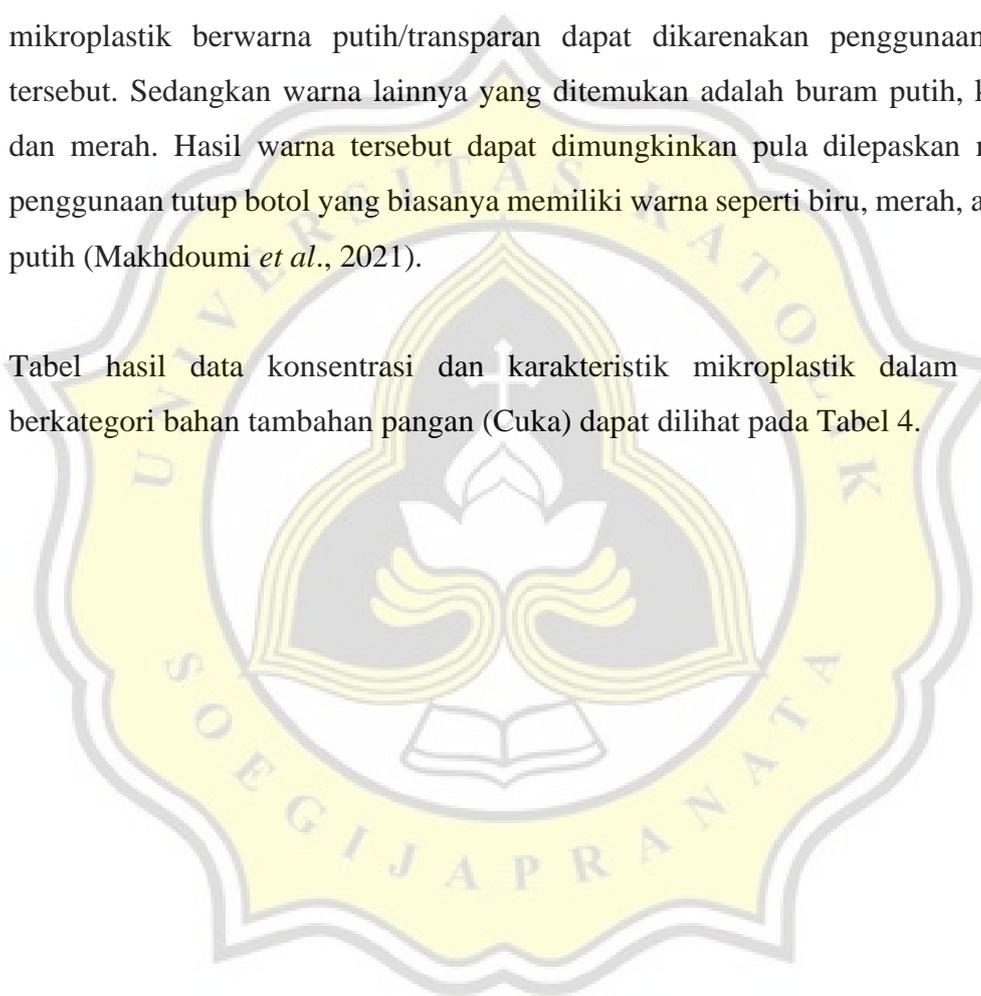
Hasil dari bentuk mikroplastik dalam produk cuka botolan dapat dilihat pada tabel 4 yang menunjukkan ditemukan bentuk mikroplastik paling dominan yaitu bentuk fragmen sebesar 94% diikuti bentuk serat hanya sebesar 6%. Tetapi ada pula beberapa partikel yang kemungkinan juga ditemukan dalam cuka seperti film, serat, dan bentuk yang tidak beraturan hanya saja dianggap sebagai bentuk fragmen (Makhdoumi *et al.*, 2021). Ukuran mikroplastik pada cuka yang paling dominan yaitu pada bentuk fragmen berkisar 1 hingga 500  $\mu\text{m}$  yang ditunjukkan dengan proporsi sebanyak 86% jika dibandingkan dengan bentuk serat yang lebih sedikit proporsinya tetapi ukuran pada bentuk serat lebih besar yaitu 1000 hingga 5000  $\mu\text{m}$  (Makhdoumi *et al.*, 2021).

Hasil analisis menggunakan FTIR pada sampel cuka menunjukkan jenis polimer yang ditemukan yaitu polietilen (PE) khususnya polietilen densitas tinggi (HDPE) (Makhdoumi *et al.*, 2021). Hal tersebut sesuai dengan yang dilaporkan Alvarez-Zeferino *et al.*, (2020) bahwa kontaminasi polimer PE dapat disebabkan karena

polimer tersebut banyak digunakan sebagai bahan kemasan kantong plastik dan botol dikarenakan biayanya yang murah.

Ada pula warna yang paling dominan ditemukan pada sampel cuka yaitu tidak berwarna/transparan. Hal tersebut dapat dimungkinkan bahwa botol yang biasa digunakan untuk kemasan cuka memiliki warna putih sehingga masuknya mikroplastik berwarna putih/transparan dapat dikarenakan penggunaan botol tersebut. Sedangkan warna lainnya yang ditemukan adalah buram putih, kuning, dan merah. Hasil warna tersebut dapat dimungkinkan pula dilepaskan melalui penggunaan tutup botol yang biasanya memiliki warna seperti biru, merah, ataupun putih (Makhdoumi *et al.*, 2021).

Tabel hasil data konsentrasi dan karakteristik mikroplastik dalam produk berkategori bahan tambahan pangan (Cuka) dapat dilihat pada Tabel 4.



**Tabel 10. Karakteristik Mikroplastik Pada Kategori Bahan Tambahan Pangan (Lanjutan)**

Cuka							
Cuka putih dan merah botolan (Iran)	6,34 ±16,64 20,73 ± 51,35	partikel/L	Fragmen (94%) dan serat (6%)	1 – 500 (fragmen) 1000 – 5000 (serat)	PE dan HDPE	Transparan, Putih, kuning, merah	Makhdoumi, 2021

**Notes :** NA (*Not Available*), PE (*Polyethylene*), PA (*Polyamide*), PS (*Polystyrene*), PP (*Polypropylene*), HDPE (*High density polyethylene*)



## 3.2. Kontaminasi Mikroplastik pada Minuman Beralkohol dan

### Karakteristiknya

#### 3.2.1. Bir

Mikroplastik di dalam bir telah menjadi perhatian khusus untuk dapat diteliti lebih lanjut. Hingga saat ini mikroplastik ditemukan dalam bir Jerman, Amerika Serikat, dan Meksiko yang hasil konsentrasi, bentuk, ukuran, jenis polimer, dan warna pada sampel bir dapat dilihat pada tabel 5. Liebezeit & Liebezeit, (2014) meneliti sebanyak 24 sampel yang berasal dari Jerman dan ditemukan adanya mikroplastik pada seluruh sampel dengan konsentrasi berkisar 2-79 partikel/L untuk bentuk serat, 12-109 partikel/L untuk bentuk fragmen, dan 2-66 partikel/L untuk bentuk granula. Jumlah temuan tersebut sesuai dengan hasil penelitian Lachenmeier *et al.*, 2015 dan Wiesheu *et al.*, (2016). Sedangkan jumlah konsentrasi mikroplastik pada bir yang berasal dari Amerika Serikat, Meksiko, dan Ekuador ditunjukkan dalam Tabel 5 memiliki hasil lebih rendah dibandingkan bir Jerman. Hal tersebut dapat dikarenakan adanya metode yang digunakan saat mendeteksi berbeda.

Bentuk mikroplastik yang seringkali ditemukan pada bir yaitu fragmen. Kelimpahan bentuk serat dan fragmen hanya ditemukan pada produk bir asal Meksiko yaitu serat sebesar 93,42% dan fragmen sebesar 6,58% (Shruti *et al.*, 2020). Selain bentuk serat dan fragmen, partikel mikroplastik berbentuk granula juga ditemukan pada bir jenis *regular Pilsener, wheat beers, dan alcohol free Pilsener* asal Jerman. Kelimpahan bentuk mikroplastik yang ditemukan yaitu berkisar antara 5-57% serat, 14-87% fragmen, dan 5-71% granula tetapi masih belum jelas jumlah dominasi antara satu partikel dengan partikel lain (Liebezeit & Liebezeit, (2014). Hal tersebut dapat dimungkinkan karena sampel yang diujikan berasal dari proses produksi yang berbeda sehingga dapat menunjukkan jumlah yang bervariasi.

Berbeda dengan penelitian Wiesheu *et al.*, (2016) yang menguji bir pilsener asal Jerman menemukan bentuk mikroplastik hanya serat disetiap sampel. Bentuk serat

yang ditemukan pada bir diketahui terdiri dari serat selulosa yang kemungkinan diperoleh bukan berasal dari sampel bir sendiri namun dari kontaminasi eksternal seperti udara, bahan filter selulosa, dan pakaian lab. Selulosa sendiri merupakan komponen karbohidrat rantai lurus yang monomer penyusunnya yaitu glukosa serta dihubungkan oleh ikatan hidrogen (Fatriasari *et al.*, 2019).

Rentang ukuran antara setiap hasil studi hingga saat ini masih sulit dibandingkan karena memiliki banyaknya variasi ukuran mikroplastik (Koelmans *et al.*, 2019). Ukuran partikel mikroplastik mulai dari  $< 1 \mu\text{m}$  hingga  $5000 \mu\text{m}$  telah ditemukan pada beberapa sampel bir yang terkontaminasi mikroplastik (Liebezeit, (2014); Kosuth *et al.*, (2018); Shruti, (2020); Lanchenmeier, (2015); Wiesheu, (2016); Diaz, (2020)). Ukuran lebih dominan ditemukan pada sampel bir yang diteliti Shruti *et al.*, (2020) yaitu ukuran yang lebih kecil dari  $1000 \mu\text{m}$  (69%) diikuti dengan ukuran  $1-2000 \mu\text{m}$  (23%) (Tabel 5).

Jenis polimer yang paling banyak ditemukan dalam sampel bir adalah poliamida, pigmen biru, selulosa, dan polietilen (PE) ((Shruti *et al.*, 2020; Wiesheu *et al.*, 2016; Diaz-Basantos *et al.*, 2020). Kelimpahan jenis polimer polietilen dengan jenis HDPE/LDPE hanya ditemukan dalam penelitian Diaz-Basantos *et al.*, (2020) bahwa jenis polimer HDPE/LDPE sebesar 44% yang diikuti polipropilena sebesar 26%, dan poliakrilamida 30%. Selain itu, warna mikroplastik juga ditemukan antara lain biru, hitam, merah, hijau, coklat, kuning, merah muda, bening/transparan, putih, violet, dan ungu. Warna yang lebih dominan ditemukan yaitu biru yang ditunjukkan oleh 4 studi pustaka (Diaz-Basantos *et al.*, 2020; Kosuth *et al.*, 2018; Liebezeit & Liebezeit, 2014; Shruti *et al.*, 2020)

Tabel hasil data konsentrasi dan karakteristik mikroplastik dalam produk berkategori minuman alkohol (Bir) dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 11. Karakteristik Mikroplastik Pada Kategori Minuman Beralkohol

Jenis Produk	Konsentrasi	Satuan Konsentrasi dalam Berat Basah (partikel/kg atau partikel/L)	Karakteristik Mikroplastik				Pustaka
			Bentuk	Ukuran ( $\mu\text{m}$ )	Jenis polimer	Warna	
<b>Bir</b>							
Bir (Jerman)	2 - 79 (serat), 12 - 109 (fragmen), dan 2 - 66 (Granula)	partikel/L	Serat (3-57%) , fragmen (14-87%), dan granula (5-71%)	NA	NA	Transparan, biru, hitam, hijau (Serat); putih, hijau, kuning (fragmen dan granula)	Liebezeit, 2014
Bir (Amerika serikat)	0 – 14.3	partikel/L	Serat dan fragmen	0,1 – 5000	NA	Ungu, hitam, coklat, merah, merah muda, transparan dan biru	Kosuth <i>et al</i> , 2018
Bir (Meksiko)	0-28 $\pm$ 5,29	partikel/L	Serat (93,42%) dan fragmen (6,58%)	(0,1 – 3000) < 1000 (69%) dan 1000 – 2000 (23%)	PA, PEAs, PET dan BP	Biru, merah, hijau, hitam, coklat	Shruti, 2020
Bir (Jerman)	15 $\pm$ 16 (Serat), 16 $\pm$ 21 (Fragmen), 10 $\pm$ 27 (granula)	partikel/L	Serat, fragmen, dan granula	NA	NA	NA	Lanchenmeier, 2015

Notes : PEAs (*Poly(ester amide)s*), PA (*Polyamide*), PET (*Polyetilena tereftalat*), BP (*Blue pigment*), PS (*Polystyrene*), PE (*Polyethylene*)

**Tabel 12. Karakteristik Mikroplastik Pada Kategori Minuman Beralkohol (Lanjutan)**

Jenis Produk	Konsentrasi	Satuan Konsentrasi dalam Berat Basah (partikel/kg atau partikel/L)	Karakteristik Mikroplastik				Pustaka
			Bentuk	Ukuran ( $\mu\text{m}$ )	Jenis polimer	Warna	
Bir Pilsener (Jerman)	30,30 - 57,58 (Serat)	partikel/L	Serat	1 - 5000	Selulosa, PE, dan PS	NA	Wiesheu, 2016
Bir industrial (Ekuador)	47	partikel/L	serat dan fragmen	13,45-1740,24 (serat) dan 3,505 - 202,29 (fragmen)	HDPE/LDPE (44%), PP (26%) dan PAM (30%)	Hijau, kuning, merah, violet, dan biru	Diaz, 2020
Bir craft (Ekuador)	32	partikel/L	Serat dan fragmen	37,05 - 769,8 (serat) dan 6,155 - 160,345 (fragmen)	HDPE/LDPE, PP and PAM	Hijau, kuning, merah, violet, dan biru	Diaz, 2020

**Notes :** PE (*Polyethylene*), PS (*Polystyrene*), HDPE (*High Density Polyethylene*), LDPE (*Low Density Polyethylene*), PP (*Polypropylene*), PAM (*Polyacrylamide*).

### 3.2.2. Wine

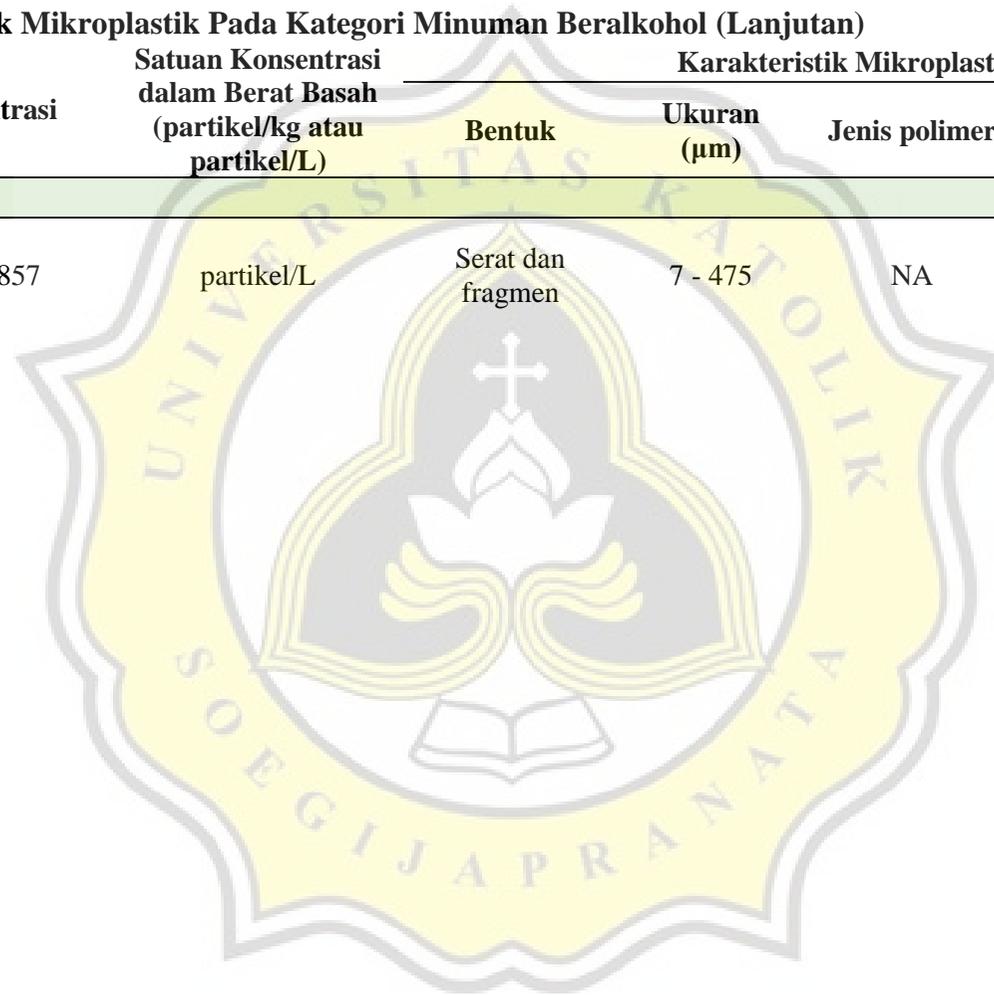
Tabel 5. Menampilkan juga hasil konsentrasi, bentuk, ukuran, jenis polimer, dan warna pada sampel minuman beralkohol selain bir yang diketahui telah terkontaminasi mikroplastik namun sejauh ini hanya satu penelitian Prata *et al.*, (2020) yang mengidentifikasi wine putih (*white wine*). Keberadaan mikroplastik dapat ditemukan pada 26 sampel botol wine yang diperoleh jumlah rata-rata mikroplastik dengan menggunakan mikroskop stereo mencakup semua jenis partikel alami dan sintetis berkisar  $123 \pm 183$  partikel/L. Sedangkan hasil identifikasi menggunakan mikroskop optik dengan perbesaran 40x menunjukkan konsentrasi mikroplastik berkisar 2563 – 5857 partikel/L. Perbedaan hasil tersebut dapat dikarenakan adanya metode pengujian yang digunakan juga berbeda-beda.

Bentuk mikroplastik yang ditemukan juga berupa serat dan fragmen tetapi ada pula bentuk seperti mikroplastik yang dikategorikan menjadi partikel lain seperti kristal mineral dan bagian dari serangga. Ada kemungkinan jika serat dan fragmen diperoleh dari sumbat plastik yang digunakan sebagai penutup botol wine (Prata *et al.*, 2020). Selain itu, ukuran mikroplastik pada wine ditemukan lebih kecil dibandingkan sampel bir yaitu berkisar 7 hingga 475  $\mu\text{m}$ . Sedangkan pada sampel wine sampai saat ini belum adanya penelitian yang membahas terkait jenis polimer dan warna mikroplastik yang terkandung didalamnya.

Tabel hasil data konsentrasi dan karakteristik mikroplastik dalam produk berkategori minuman alkohol (Wine) dapat dilihat pada Tabel 5.

**Tabel 13. Karakteristik Mikroplastik Pada Kategori Minuman Beralkohol (Lanjutan)**

Jenis Produk	Konsentrasi	Satuan Konsentrasi dalam Berat Basah (partikel/kg atau partikel/L)	Karakteristik Mikroplastik				Pustaka
			Bentuk	Ukuran ( $\mu\text{m}$ )	Jenis polimer	Warna	
<b>Wine</b>							
White wine (Italia)	31 – 5857	partikel/L	Serat dan fragmen	7 - 475	NA	NA	Prata, 2020



### **3.3. Kontaminasi Mikroplastik pada Minuman Non-Alkohol dan Karakteristiknya**

#### **3.3.1 Teh RTD (Ready To Drink)**

Pada produk teh dingin atau dapat disebut teh RTD hanya satu studi yang menunjukkan adanya kontaminasi mikroplastik di dalamnya. Penelitian Shruti *et al.*, (2020) menunjukkan sampel yang diambil dari Meksiko sebanyak 4 sampel dari 2 merk terkontaminasi mikroplastik. Dalam produk tersebut jumlah konsentrasi mikroplastik yang dapat ditemukan di setiap sampel teh dingin memiliki rata-rata berkisar 5,26-11 partikel/L. Bentuk mikroplastik yang dapat ditemukan dalam produk tersebut yaitu serat yang memiliki ukuran partikel paling dominan berkisar 80% lebih kecil dari 1000  $\mu\text{m}$  dari total partikel yang ditemukan (Tabel 6).

Hasil identifikasi spektroskopi micro-raman pada sampel teh dingin yang diteliti oleh (Shruti *et al.*, 2020) menunjukkan jenis polimer yang ditemukan yaitu poli(ester-amida) (PEA), poliamida, dan pigmen biru. Polimer berwarna juga ditemukan seperti biru, coklat, dan merah. Poli(ester-amida) biasanya sering ditemukan sebagai aditif untuk pengerasan karet dan resin di sektor hortikultura, pertanian dan makanan. Sehingga ada kemungkinan bahwa polimer tersebut dapat memasuki produk saat proses produksi (Rodriguez-galan & Franco, 2011).

Tabel hasil data konsentrasi dan karakteristik mikroplastik dalam produk berkategori minuman non-alkohol (Teh Dingin) dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 14. Karakteristik Mikroplastik Pada Kategori Minuman Non-Beralkohol

Jenis Produk	Konsentrasi	Karakteristik Mikroplastik					Pustaka
		Satuan Konsentrasi dalam Berat Basah (partikel/kg atau partikel/L)	Bentuk	Ukuran ( $\mu\text{M}$ )	Jenis polimer	Warna	
<b>Teh</b>							
Teh dingin (Meksiko)	$11 \pm 5,26$	Partikel/L	Serat	< 1000	PEA, PA, BP	Biru, coklat, merah	Shruti, 2020

Notes : PEA (*Poly(ester amide)*), PA (*Polyamide*), BP (*Blue pigment*)

### 3.3.2 Soft Drink

Kemunculan mikroplastik juga dapat ditemukan pada produk minuman ringan (*soft drink*). Hingga saat ini kemunculan mikroplastik dalam minuman ringan masih sangat terbatas hanya 2 studi yang melaporkan. Dari kedua penelitian tersebut menganalisis jenis minuman ringan yang berbeda. Dalam penelitian Shruti *et al.*, (2020) sebanyak 19 sampel produk minuman ringan berasal dari Meksiko diketahui rata-rata jumlah konsentrasinya antara  $24,53 \pm 40$  partikel/L. Jumlah temuan tersebut hampir sama dengan produk minuman ringan rasa jeruk/lemon yang berasal dari Ekuador dengan rata-rata berkisar 32 partikel/L (Diaz-Basantos *et al.*, 2020). Hasil konsentrasi yang bervariasi dapat disebabkan karena adanya serat dalam minuman ringan yang mampu memperlambat proses filtrasi. Sedangkan produk minuman ringan lainnya dapat dikategorikan sebagai minuman berenergi. Sejauh ini baru ditemukan satu studi pustaka yang membahas terkait kemunculan mikroplastik pada minuman berenergi asal Meksiko yang dilakukan oleh Shruti *et al.*, (2020). Dalam studi tersebut diperoleh hasil bahwa 3 dari 8 sampel yang diuji tidak terdeteksi adanya mikroplastik sedangkan pada setiap sampel lainnya terdeteksi dengan rata-rata berkisar  $5,79 \pm 14$  partikel/L.

Bentuk serat merupakan bentuk yang ditemukan dalam setiap sampel minuman ringan dan minuman berenergi dapat terlihat pada (Tabel 6). Hal tersebut dapat dimungkinkan jika kontaminasi serat ke dalam produk minuman berasal dari pakaian dan tekanan mekanis atau kimia selama proses pencucian. Kontaminasi serat dapat pula disebabkan oleh proses pengolahan air yang terlewatkan sehingga dapat berakhir melalui penggunaan sumber air yang terkontaminasi. Bentuk yang diteliti oleh Diaz-Basantos *et al.*, (2020) dilaporkan jumlah konsentrasi partikel tersebut yaitu serat berkisar 10-144 serat/liter dan fragmen berkisar 58-350 fragmen/liter dengan ukuran partikel diperoleh masing-masing berkisar  $15,64 - 2224,25 \mu\text{m}$  (Serat) dan  $5,47 - 247,54 \mu\text{m}$  (fragmen).

Jenis polimer yang dapat ditemukan pada minuman ringan yaitu poliamida (PA), poli(ester-amida) (PEA), akrilonitril-butadiena-stirena (ABS), HDPE/LDPE, PP, dan poliakrilamida (Tabel 6). Shruti *et al.*, (2020) juga melaporkan bahwa pada minuman berenergi ditemukan jenis polimer yang sama yaitu poliamida (PA), poli(ester-amida) (PEA), akrilonitril-butadiena-stirena (ABS). Polimer akrilonitril-butadiena-stirena (ABS) sendiri seringkali digunakan sebagai bahan pembuatan pipa, industri otomotif, mainan, kosmetik, dan rangkaian komponen elektronik (McKeen, 2010). Sehingga ada kemungkinan bahwa kontaminasi polimer jenis tersebut dapat melalui seperti pipa atau alat elektronik saat proses produksi. Warna yang ditemukan diantara keduanya juga sama yaitu biru dan diikuti warna merah. Tetapi ada pula warna yang berbeda diantara keduanya yaitu pada minuman ringan ditemukan warna coklat sedangkan pada minuman berenergi tidak ditemukan (Shruti *et al.*, 2020 dan Diaz-Basantos *et al.*, 2020).

Tabel hasil data konsentrasi dan karakteristik mikroplastik dalam produk berkategori minuman non-alkohol (Minuman Ringan) dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 15. Karakteristik Mikroplastik Pada Kategori Minuman Non-Beralkohol

Jenis Produk	Konsentrasi	Satuan Konsentrasi dalam Berat Basah (partikel/kg atau partikel/L)		Karakteristik Mikroplastik			Pustaka
		Bentuk	Ukuran ( $\mu\text{M}$ )	Jenis polimer	Warna		
<b>Minuman Ringan</b>							
Soft drink (Meksiko)	$40 \pm 24,53$	partikel/L	Serat	0,1 -3000	PA, PEA, ABS	biru, coklat, dan merah	Shruti, 2020
Soft drink rasa jeruk/lemon (Ekuador)	32	partikel/L	Serat (10-144 serat/liter) dan fragmen (58-350 fragmen/liter)	15,64 – 2224,25 (Serat) dan 5,47 – 247,54 (Fragmen).	HDPE/LDPE, PP and PAM	Hijau, kuning, merah, violet, dan biru	Diaz, 2020
Minuman Berenergi (Meksiko)	$14 \pm 5,79$	partikel/L	Serat	< 1000	PA, PEA, BP	biru dan merah	Shruti, 2020

Notes : PA (*Polyamide*), PEA (*Poly(ester amide)s*), ABS (*Acrylonitrile butadiene styrene*), HDPE (*High-density polyethylene*), LDPE (*Low-Density Polyethylene*), PP (*Polypropylene*), PAM (*Polyacrylamide*), BP (*Blue pigment*)

### 3.3.3 Susu

Keberadaan mikroplastik dalam produk susu ditemukan pada berbagai jenis produknya. Sebanyak 23 sampel susu dianalisis dari 8 merek susu dewasa dan anak-anak dengan berbagai jenis seperti (*whole milk, lactose free, half fat, light and lactose free light*) yang dijual di supermarket, toko kelontong, dan apotek di Meksiko yang diteliti oleh (Kutralam-Muniasamy *et al.*, 2020). Dalam studi ini ditemukan jumlah konsentrasi di setiap sampelnya berkisar 3-11 partikel/L dengan rata-rata antara  $2,3 \pm 6,5$  partikel/L serta satu partikel ditemukan pada kategori susu anak-anak (Tabel 6). Sedangkan pada temuan Diaz-Basantes *et al.*, (2020) hasil jumlah konsentrasi lebih tinggi ditemukan dari 10 sampel jenis susu skim dengan kemasan *tetrapack* yang berasal dari Ekuador memiliki rata-rata berkisar 40 partikel/L. Adanya perbedaan hasil pada sampel susu bisa disebabkan oleh kehadiran lemak yang dapat memperlambat saat proses filtrasi sehingga mempengaruhi jumlah mikroplastik yang mengkontaminasi (Diaz-Basantes *et al.*, 2020).

Produk susu bayi dan anak-anak yang dikonsumsi menggunakan botol plastik dapat ditemukan juga mikroplastik yang ditunjukkan oleh penelitian (Song *et al.*, 2021) bahwa jumlah konsentrasinya berkisar antara 0,053 - 0,393 partikel/L seperti yang ditunjukkan pada (Tabel 6). Hasil tersebut menunjukkan adanya partikel mikroplastik yang lebih banyak pada susu botol daripada produk jenis susu lainnya yang dikonsumsi dengan gelas kaca atau dikemas dengan *tetrapack*. Hal tersebut dapat sesuai dengan Schymanski *et al.* (2018) bahwa penggunaan botol plastik berulang kali dapat menyebabkan adanya pelepasan mikroplastik ke dalam produk pangan. Perbedaan hasil juga dapat dipengaruhi oleh penggunaan metode yang berbeda.

Bentuk serat dan fragmen merupakan bentuk yang seringkali ditemukan pada produk susu. Bentuk serat merupakan bentuk dominan yang dilaporkan oleh Kutralam-Muniasamy *et al.*, (2020) bahwa kelimpahan bentuk mikroplastik yaitu

serat sebesar 97,5% dan fragmen sebesar 2,5% dalam susu asal Meksiko. Sedangkan Diaz-Basantés *et al.*, (2020) melaporkan pada produk susu skim yang memiliki lemak <1% asal Ekuador bentuk mikroplastik yang mendominasi yaitu fragmen dengan jumlah rata-rata sebesar 204,2 fragmen/liter dan jumlah lebih sedikit pada serat yaitu 132 serat/liter seperti yang ditunjukkan pada (Tabel 6). Hal tersebut dapat dimungkinkan karena sampel yang dianalisis merupakan susu rendah lemak dan serat. Jika dibandingkan dengan produk susu yang diteliti oleh Song *et al.*, (2021) yaitu produk susu botol ditemukan bentuk yang berbeda antara lain kubik, bola (spherical), dan tidak beraturan.

Ukuran partikel ditemukan berkisar dari 0,1 - 5000  $\mu\text{m}$  seperti yang dapat dilihat pada (Tabel 6). Kelimpahan ukuran mikroplastik dilaporkan oleh Kutralam-Muniasamy *et al.*, (2020) yaitu 500  $\mu\text{m}$  (40%) diikuti 500 - 1000  $\mu\text{m}$  (28%) dan 1000 - 2000  $\mu\text{m}$  (25%) serta terdapat sebagian kecil ukuran yang lebih besar ditemukan. Hasil yang tidak jauh berbeda juga ditunjukkan oleh Song *et al.*, (2021) bahwa ukuran partikel 20 - 500  $\mu\text{m}$  merupakan ukuran yang banyak ditemukan. Dapat terlihat bahwa ukuran mikroplastik < 1000  $\mu\text{m}$  merupakan ukuran paling dominan yang diperoleh dari ketiga jenis produk susu.

Jenis polimer yang umum ditemukan pada sampel susu yaitu polimer sulfon yang sering digunakan sebagai bahan membran saat proses produksi susu. Dapat dilihat pada tabel 6 bahwa beberapa jenis polimer sulfon ditemukan pada setiap jenis susu seperti polietersulfon, polisulfon, dan resin polifenilena sulfon (PPSU). Jenis polimer lain juga ditemukan seperti polietilen jenis HDPE/LDPE, Polipropilen (PP), poliakrilamida, poliamida, poli kloro etilen, poliuretan, polietilen tereftalat (PET), polistirena (Kutralam-Muniasamy *et al.*, 2020; Diaz-Basantés *et al.*, 2020; Song *et al.*, 2021).

Partikel mikroplastik memiliki warna yang bervariasi pada produk susu, warna paling dominan yaitu biru (Tabel 6). Kelimpahan warna biru sebesar 72% ditunjukkan oleh Kutralam-Muniasamy *et al.*, (2020). Sedangkan warna lain seperti merah, coklat, hijau, kuning, dan violet dapat ditemukan hanya di kedua jenis produk susu. Hal tersebut dikarenakan pada produk susu botol yang diteliti Song *et al.*, (2021) tidak tersedia (NA) atau tidak dibahas.

Tabel hasil data konsentrasi dan karakteristik mikroplastik dalam produk berkategori minuman non-alkohol (Susu) dapat dilihat pada Tabel 6.



Tabel 16. Karakteristik Mikroplastik Pada Kategori Minuman Non-Beralkohol

Jenis Produk	Konsentrasi	Satuan Konsentrasi dalam Berat Basah (partikel/kg atau partikel/L)		Karakteristik Mikroplastik			Pustaka
			Bentuk	Ukuran ( $\mu\text{M}$ )	Jenis polimer	Warna	
<b>Susu</b>							
Susu full cream, bebas laktosa, skim, <i>light</i> dan bebas laktosa (Meksiko)	3-11 (rata-rata 6,5 $\pm$ 2,3)	Partikel/L	Serat (97,5%) dan fragmen (2,5%)	0,1 – 5000	PPSU dan PSU	biru, coklat, merah dan merah muda	Kutralam-Muniasamy <i>et al</i> (2020)
Susu skim (lemak < 1%) (Ekuador)	40 partikel/L	partikel/L	Serat dan fragmen	19,94 – 6742,48 (serat) dan 2,48 – 183,37 (fragmen)	HDPE/LDPE, PP dan PAM	Hijau, kuning, merah, violet, dan biru	Diaz, 2020
Susu Botol (Cina)	0,053 - 0,393	partikel/L	Kubik, bola (spherical), tidak beraturan	20 – 500	resin PPSU, PA, PU, PET, PS, dan PE	NA	Song, 2021

**Notes :** PEA (*Poly(ester amide)*), PA (*Polyamide*), PPSU (*Polyether sulfones*), PSU (*Polysulfone*), BP (*Blue pigment*), HDPE (*High-density polyethylene*), LDPE (*Low-Density Polyethylene*), PP (*Polypropylene*), PAM (*Polyacrylamide*), PU (*Polyurethane*), PET (*Polyetilena tereftalat*), PS (*Polystyrene*), PE (*Polyethylene*)

### 3.4. Mikroplastik Dalam Makanan Olahan Lainnya

Produk pangan lain saat ini juga telah ditemukan adanya kemungkinan terkontaminasi mikroplastik di dalamnya seperti madu, nori kering, terasi, makanan kaleng, makanan kemasan, dan teh celup (dapat dilihat pada tabel 7).

#### 3.4.1. Madu

Temuan kontaminasi mikroplastik pada produk madu telah ditunjukkan oleh 4 studi pustaka yang meneliti produk madu dari beberapa negara antara lain Jerman, Perancis, Italia, Spanyol, dan Meksiko seperti yang ditunjukkan pada (Tabel 7). Liebezeit & Liebezeit, (2013) melaporkan bahwa hasil konsentrasi mikroplastik pada sampel madu yang diambil dari 5 negara (jerman, perancis, italia, spanyol, dan meksiko) diperoleh rata-rata  $166 \pm 147$  partikel serat/kg dan rata-rata konsentrasi pada fragmen yang jauh lebih sedikit yaitu  $9 \pm 9$  partikel fragmen/kg. Jika dibandingkan dengan ketiga studi lain yang dapat dilihat pada (Tabel 7) hasil konsentrasi rata-rata serat terendah diperoleh pada penelitian Mühlischlegel *et al.*, (2017) berkisar 32 - 108 partikel serat/kg dan hasil konsentrasi rata-rata serat tertinggi diperoleh pada penelitian Liebezeit & Liebezeit, (2015) berkisar 173 partikel serat/kg. Jumlah konsentrasi yang berbeda dapat dikarenakan adanya kemungkinan sumber kontaminasi oleh aktivitas peternak lebah atau lingkungan selama proses produksi.

Keberadaan mikroplastik bentuk serat dan fragmen ditemukan pada semua sampel madu. Bentuk serat yang ditemukan pada madu dapat dimungkinkan karena pengangkutan serat tekstil dari aktivitas peternak lebah ke sarang lebah atau pakaian yang digunakan oleh pekerja (Mühlischlegel *et al.*, 2017). Selain itu, penggunaan kain basah dengan asam format atau asam oksalat pada sarang lebah untuk membasmi tungau pada sarang lebah juga dapat memicu masuknya mikroplastik bentuk serat secara tidak sengaja pada madu (Liebezeit & Liebezeit, 2013).

Partikel mikroplastik dalam madu ditemukan memiliki ukuran mulai dari 5,15  $\mu\text{m}$  hingga 9 mm. Liebezeit & Liebezeit, (2013) melaporkan bahwa mikroplastik dengan ukuran yang lebih besar pada serat diperoleh 40  $\mu\text{m}$  – 9 mm dibandingkan fragmen yang hanya berukuran 10-20  $\mu\text{m}$ . Hasil yang hampir sama ditemukan oleh Liebezeit & Liebezeit, (2015) dan Diaz-Basantes *et al.*, (2020) bahwa ukuran mikroplastik yang lebih besar ditemukan pada serat jika dibandingkan dengan ukuran fragmen seperti yang ditunjukkan pada (Tabel 7).

Pada sampel madu, jenis polimer yang dapat ditemukan antara lain selulosa, PET, polisakarida, kitin HDPE/LDPE, PP, dan poliakrilamida (Diaz-Basantes *et al.*, 2020; Mühlischlegel *et al.*, 2017). Masuknya jenis polimer seperti selulosa dan PET ada kemungkinan dapat berasal dari tekstil dan pakaian. Partikel polisakarida yang tidak berwarna juga dimungkinkan berasal dari tekstil atau bahan tanaman seperti serbuk sari sedangkan kitin merupakan bahan eksoskeleton serangga, sayap dan bulu halus yang dapat masuk selama aktivitas lebah (Mühlischlegel *et al.*, 2017).

Warna biru merupakan warna partikel yang paling dominan ditemukan pada setiap sampel madu. Hanya saja Liebezeit & Liebezeit, (2015) tidak melaporkan adanya warna mikroplastik seperti yang ditunjukkan pada (Tabel 7). Partikel berwarna biru yang ditemukan di beberapa studi sesuai dengan penelitian Mühlischlegel *et al.*, (2017) bahwa ada kemungkinan partikel biru yang terdeteksi dapat berasal dari terkelupasnya lapisan atau serat dimana ftalosianin tembaga digunakan sebagai pigmen berwarna. Sedangkan untuk partikel berwarna hitam kemungkinan dapat berasal dari partikel jelaga yang mengkontaminasi sarang lebah dengan aplikasi asap dari rokok pekerja. Berbeda untuk partikel putih/transparan biasanya ditemukan mungkin berasal dari abrasi kaca seperti yang terdapat di kaca mikroskopis, wadah madu, dan peralatan gelas laboratorium.

Ada pula partikel berwarna lainnya yang kemungkinan besar dapat berasal dari tekstil dan pakaian pekerja yang biasanya berbahan selulosa.

Tabel hasil data konsentrasi dan karakteristik mikroplastik dalam produk berkategori makanan olahan lainnya (Madu) dapat dilihat pada Tabel 7.



Tabel 17. Karakteristik Mikroplastik Pada Kategori Makanan Olahan Lainnya

Jenis Produk	Konsentrasi MP	Satuan Konsentrasi dalam Berat Basah (partikel/kg atau partikel/L)	Karakteristik Mikroplastik				Pustaka
			Bentuk	Ukuran ( $\mu\text{m}$ )	Jenis polimer	Warna	
<b>Madu</b>							
Madu padat dan cair (Jerman, Perancis, Italia, Spanyol dan Meksiko)	40 - 660 (rata-rata 166 $\pm$ 147) (Serat) dan 0 - 38 (rata-rata 9 $\pm$ 9) (Fragmen)	partikel/kg	Serat dan fragmen	40 - 9000 (serat) dan 10 - 20 (fragmen)	NA	Transparan dan Biru	Liebezeit, 2013
Madu (Jerman)	10 - 336 (Serat) dan 2 - 82 (Fragmen) (rata-rata 19,0 $\pm$ 77,9)	partikel/kg	Serat dan fragmen	40 (Serat) dan 10 (Fragmen)	NA	NA	Liebezeit, 2015
Madu (Swiss)	132 - 728 (serat transparan putih) dan 32 - 108 (serat berwarna)	partikel/kg	Serat dan fragmen	NA	Selulosa, PET, dan polisakarida	Hitam, serat berwarna, Biru, Kuning, Putih/transparan	Mühlschlege 1, 2017
Madu industri (Ekuador)	54	partikel/kg	Serat dan fragmen	67,18 - 3302,68 $\mu\text{m}$ (serat) dan 5,63 - 182,96 $\mu\text{m}$ (Fragmen)	HDPE/LDPE, PP dan PAM	Hijau, kuning, merah, violet, dan biru	Diaz, 2020
Madu craft (Ekuador)	67	partikel/kg	Serat dan fragmen	84,95 - 5174,01 (Serat) dan 5,15 - 226,01 (Fragmen)	HDPE/LDPE, PP dan PAM	Hijau, kuning, merah, violet, dan biru	Diaz, 2020

**Notes :** NA (*Not available*), PET (*Polyetilena tereftalat*), PP (*Polypropylene*), HDPE (*High-density polyethylene*), LDPE (*Low-Density Polyethylene*), PAM (*Polyacrylamide*)

### 3.4.2. Nori Kering

Mikroplastik juga ditemukan di dalam produk rumput laut kering (*nori*) yang sejauh ini baru terdapat 2 studi pustaka yang melaporkannya. Seperti yang ditunjukkan pada (Tabel 7) hasil konsentrasi mikroplastik hanya dilaporkan oleh Li *et al.*, (2020) bahwa diperoleh jumlah konsentrasi mikroplastik berkisar 0,0009 hingga 0,003 partikel/kg (rata-rata  $0,0007 \pm 0,0018$  partikel/g). Banyaknya jumlah konsentrasi dalam sampel nori bisa dimungkinkan karena tahapan pemrosesan seperti pencucian dan pengeringan yang mampu meningkatkan konsentrasi mikroplastik.

Hasil yang sama ditunjukkan pula bahwa bentuk mikroplastik hanya ditemukan dalam penelitian Li *et al.*, (2020) pada sampel nori kering asal cina yaitu bentuk serat, fragmen, film, dan pelet (Li *et al.*, 2020). Bentuk serat dalam nori ada kemungkinan bahwa sumbernya dapat berasal dari penguraian sampah plastik yang berada di sungai atau laut dan limbah cair dari daerah pesisir (Browne *et al.*, 2011; Lebreton *et al.*, 2017). Ukuran mikroplastik juga hanya dilaporkan oleh Li *et al.*, (2020) bahwa ukuran mikroplastik lebih besar dari 1000  $\mu\text{m}$  adalah ukuran yang paling dominan ditemukan pada nori kering dari kisaran ukuran 0,11 – 4970  $\mu\text{m}$  dengan rata-rata persentase sekitar 57,8% dibandingkan ukuran lainnya. Pada sampel rumput laut kering warna mikroplastik hanya ditemukan dalam penelitian Li *et al.*, (2020) yaitu warna biru dan hijau.

Berbeda dengan jenis polimer, kedua studi melaporkan jenis polimer yang dapat ditemukan dalam sampel nori kering antara lain serat poliester, rayon, polipropilen, poliamida, serat selofan, PE, PP, PS, PVC, dan PET. Li *et al.*, 2020; Prihandari *et al.*, 2021) (Tabel 7). Polimer serat poliester merupakan polimer mikroplastik yang paling dominan sebesar 18,9%, diikuti oleh rayon sebesar 6,6%, polipropilen sebesar 4%, poliamida 1,8%, dan serat selofan 1,8%. Ada pula partikel lain yang dianggap sebagai partikel non-plastik yang menunjukkan kelimpahan sebesar 60,8% dari total partikel plastik seperti kapas dan serat selulosa alami Li *et al.*, (2020).

Tabel hasil data konsentrasi dan karakteristik mikroplastik dalam produk berkategori makanan olahan lainnya (Nori Kering) dapat dilihat pada Tabel 7.



Jenis Produk	Konsentrasi MP	Satuan Konsentrasi dalam Berat Basah (partikel/kg atau partikel/L)	Karakteristik Mikroplastik				Pustaka
			Bentuk	Ukuran ( $\mu\text{m}$ )	Jenis polimer	Warna	
<b>Seaweed</b>							
Nori Kering (Cina)	0,0009 - 0,003 (rata-rata: $0,0018 \pm 0,0007$ )	partikel/kg	Serat, fragmen, film, dan pelet	110 - 4970	Serat Poliester, rayon, PP, PA dan serat selofan	biru dan hijau	Li, 2020
Nori kering (Thailand)	NA	NA	NA	NA	PE, PP, PS, PVC, dan PET	NA	Prihandari, 2021

Notes : NA (Not available), PET (Polyetilena tereftalat), PS (Polystyrene), PP (Polypropylene), PA (Polyamide), PE (Polyethylene), PVC (Polyvinyl Chloride), PU (Polyurethane), PVA (Polyvinyl Alcohol)

### 3.4.3. Terasi

Selain itu, baru-baru ini ada pula penelitian yang melaporkan bahwa terasi juga dapat dimungkinkan terkontaminasi mikroplastik. (Sutthacheep *et al.*, 2021) meneliti bahwa sebanyak 7 sampel terasi yang berasal dari lima provinsi di Thailand ditemukan mikroplastik dengan jumlah konsentrasi berkisar 0,0006 hingga 0,00113 partikel/kg (Tabel 7).

Mikroplastik yang ditemukan berbentuk fragmen dan filamen yang merupakan bentuk paling dominan dengan beberapa varian warna. Hal tersebut ditunjukkan dengan hasil persentase bentuk filamen yaitu berkisar 54,29% hingga 100% sedangkan pada fragmen hanya 7,14% hingga 45,71% seperti yang ditunjukkan pada (Tabel 7). Pada produk terasi ukuran mikroplastik yang ditemukan kurang dari 1000  $\mu\text{m}$  dengan kisaran 100 hingga 1000  $\mu\text{m}$ . Selain itu, jenis polimer yang ditemukan antara lain polietilen tereftalat (PET), poliuretan, rayon, polistirena, dan polivinil alkohol dengan warna mikroplastik tersebut berwarna biru dan merah (Sutthacheep *et al.*, 2021).

Tabel hasil data konsentrasi dan karakteristik mikroplastik dalam produk berkategori makanan olahan lainnya (Terasi) dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 18. Karakteristik Mikroplastik Pada Kategori Makanan Olahan Lainnya (Lanjutan)

Jenis Produk	Konsentrasi MP	Karakteristik Mikroplastik					Pustaka
		Satuan Konsentrasi dalam Berat Basah (partikel/kg atau partikel/L)	Bentuk	Ukuran ( $\mu\text{m}$ )	Jenis polimer	Warna	
<b>Terasi</b>							
Terasi (Thailand)	0,0006 - 0,00113	partikel/kg	Serat, fragmen, dan filamen	100 - 1000	PET, PU, rayon, PS, dan PVA	Filamen biru dan merah	Sutthacheep, 2021

Notes : NA (Not available), PET (Polyetilena tereftalat), PS (Polystyrene), PP (Polypropylene), PA (Polyamide), PE (Polyethylene), PVC (Polyvinyl Chloride), PU (Polyurethane), PVA (Polyvinyl Alcohol).

#### 3.4.4. Makanan Kaleng

Keberadaan mikroplastik juga ditemukan di dalam makanan kaleng seperti produk sarden, tuna, sprat (*Sprattus*), salmon, dan makarel kaleng yang ditunjukkan oleh 3 studi pustaka dapat dilihat pada (Tabel 7). Karami *et al.*, (2018) meneliti bahwa produk sarden dan sprat (*sprattus*) kaleng yang diperoleh dari 13 negara dan dibeli dari 2 negara berbeda ditemukan jumlah partikel yaitu 6 partikel plastik (28,6%). Berbeda dengan tuna dan makarel kaleng yang dilaporkan oleh Akhbarizadeh *et al.*, (2020) sebanyak 50 kaleng sampel yang berasal dari iran ditemukan jumlah partikel yang lebih banyak yaitu 128 partikel. Hal tersebut dapat dikarenakan beragam spesies yang ada, berbedanya jenis ikan, dan penggunaan filter dengan ukuran yang berbeda. Sedangkan sampel tuna, salmon, dan sarden kaleng yang diproduksi dari indonesia, italia, thailand, dan maroko terdapat kemungkinan terkontaminasi pula dengan mikroplastik tetapi jumlah partikelnya masih belum ditemukan (Hussien *et al.*, 2021).

(Karami *et al.*, 2018), juga melaporkan terkait bentuk mikroplastik yang ditemukan pada sampel sarden dan sprat (*Sprattus*) kaleng yaitu fragmen, film, dan filamen. Sedangkan sampel tuna dan makarel kaleng yang diteliti oleh (Akhbarizadeh *et al.*, 2020) menemukan bentuk yang sedikit berbeda meliputi serat, fragmen, dan film. Berbeda pula sampel tuna, salmon, dan sarden kaleng yang diteliti oleh (Hussien *et al.*, 2021) bahwa bentuk mikroplastik yang ditemukan hanya fragmen. Sehingga dapat disimpulkan bahwa bentuk yang paling dominan ditemukan pada makanan kaleng adalah fragmen.

Pada sarden dan sprat kaleng ukuran mikroplastik diketahui berkisar 190 hingga 3800  $\mu\text{m}$  dengan rata-rata  $1149 \pm 936 \mu\text{m}$  (Karami *et al.*, 2018). Sedangkan terdapat sedikit perbedaan pada ukuran mikroplastik yang ditemukan di tuna dan makarel kaleng yaitu ukuran lebih besar diperoleh pada serat dan film dibandingkan dengan fragmen. Ukuran mikroplastik pada serat, fragmen, dan film masing-masing ada pada kisaran 1 hingga 5 mm, 10 hingga 50  $\mu\text{m}$ , dan 100 hingga 500  $\mu\text{m}$

(Akhbarizadeh *et al.*, 2020). Adanya perbedaan hasil antar penelitian bisa disebabkan oleh banyaknya spesies yang berbeda-beda dan penggunaan membran filter. Seperti ukuran yang lebih besar mungkin dapat menyebabkan jumlah MP dengan ukuran yang lebih kecil ditemukan dalam produk serta adanya penekanan pada membran filter dapat membantu partikel memasuki produk (Cai *et al.*, 2020; Toussaint *et al.*, 2019), serta menggunakan filter dengan ukuran pori yang cukup akan mencegah masuknya partikel mikroplastik yang lebih kecil seperti yang ditemukan dalam literatur (Cai *et al.*, 2020; Toussaint *et al.*, 2019; Walkinshaw *et al.*, 2020).

Jenis polimer pada makanan kaleng disetiap jenisnya juga ditemukan berbeda-beda. Seperti dalam sampel sarden dan sprat (*Sprattus*) kaleng ditemukan kelimpahan jenis polimer yang paling dominan yaitu polipropilen (33,3%), polietilena tereftalat (33,3%), serta diikuti polietilen (16,6%) dan polivinil klorida (16,6%) (Karami *et al.*, 2018). Hasil tersebut sesuai dengan laporan terkait jenis polimer PP dan PET yang juga ditemukan dalam organisme laut (Avio *et al.*, 2015; Ory *et al.*, 2017). Sedangkan dalam sampel tuna dan makarel kaleng yang dilaporkan oleh Akhbarizadeh *et al.*, (2020) menemukan polimer yang hampir sama yaitu polietilen tereftalat, polipropilen, dan polivinil klorida. Tetapi untuk hasil kelimpahan polimer dalam sampel tuna dan makarel diperoleh paling dominan adalah polietilen tereftalat (PET, 36,6%), polistirena (PS, 17,6%), dan polipropilen (PP, 13,5%) lalu kombinasi PS-PP (10,2%), kombinasi PS-PET ( 7,9%), nilon (7,1%), polivinil klorida (PVC, 3,9%), dan polietilen densitas rendah (LDPE, 3,2%). Hasil yang hampir sama juga ditemukan pada sampel tuna kaleng yang dilaporkan oleh peneliti lain yaitu nilon, 1,2-polibutadiena (PBT), dan etilena vinil alkohol (EVOH) tetapi berbeda dengan polimer dalam sarden kaleng yang ditemukan EVOH dan polivinil stearat serta tidak ditemukan polimer pada sampel salmon kaleng (Hussien *et al.*, 2021).

Hingga saat ini hanya satu penelitian yang melaporkan terkait warna mikroplastik. Akhbarizadeh *et al.*, (2020) menemukan kelimpahan warna mikroplastik yang ada di dalam sampel ikan kaleng yaitu hitam (61%), biru (17%), hijau (12%), merah (7%), dan transparan (3%). Hasil tersebut dapat disebabkan karena dalam organisme laut dilaporkan bahwa ditemukan warna mikroplastik mayoritas adalah warna hitam (Akhbarizadeh *et al.*, 2020; Lusher *et al.*, 2013).

Tabel hasil data konsentrasi dan karakteristik mikroplastik dalam produk berkategori makanan olahan lainnya (Makanan Kaleng) dapat dilihat pada Tabel 7.

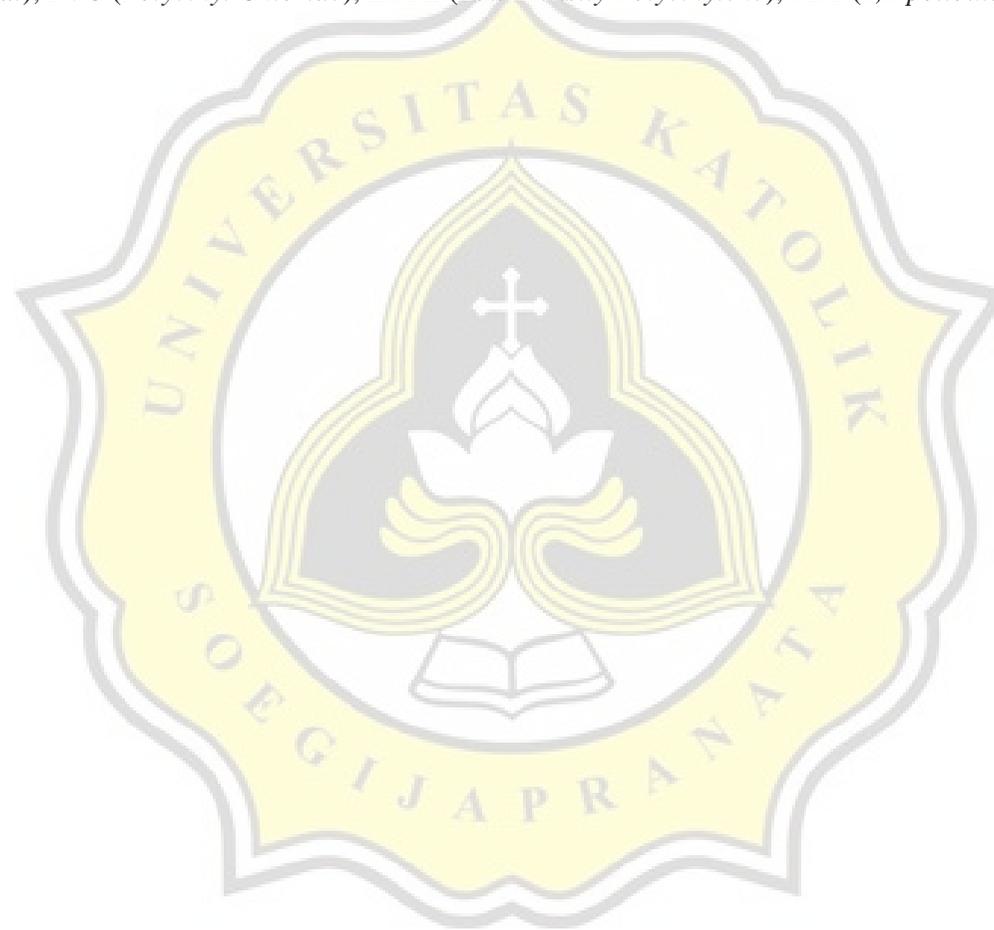


Tabel 19. Karakteristik Mikroplastik Pada Kategori Makanan Olahan Lainnya (Lanjutan)

Jenis Produk	Konsentrasi MP	Satuan Konsentrasi dalam Berat Basah (partikel/kg atau partikel/L)	Karakteristik Mikroplastik				Pustaka
			Bentuk	Ukuran ( $\mu\text{m}$ )	Jenis polimer	Warna	
<b>Makanan Kaleng</b>							
Sarden dan sprat kaleng (13 Negara)	0,001 – 0,003 atau 0,006 partikel plastik (28,6%)	Partikel/kg	Fragmen, film, dan filamen	190 - 3800	PP, PET, PE dan PVC	NA	Karami, 2018
Tuna dan makarel kaleng (Iran)	128 partikel	Partikel/kg	serat, fragmen, dan film	1 - 5000 (serat), 10 – 50 (fragmen), dan 100 – 500 (film)	PET (36,6%), PS (17,6%), PP (13,5%), PS-PP (10,2%), PS-PET (7,9%), nilon (7,1%), PVC (3,9%), dan LDPE (3,2%)	hitam (61%) > biru (17%) > hijau (12%) > merah (7%) > transparan (3%)	Akhbarizadeh, 2020
Tuna, salmon, dan sarden kaleng (4 Negara)	NA	NA	Fragmen	NA	nilon, 1,2 PBT, EVOH, termoplastik (tuna kaleng) serta EVOH dan poli(vinil stearat) (sarden kaleng)	NA	Hussien, 2021

Notes : NA (*Not available*), PET (*Polyetilena tereftalat*), PS (*Polystyrene*), PP (*Polypropylene*), PS-PP (*Polystyrene-Polypropylene*), PS-PET (*Polystyrene-Polyetilena tereftalat*), PVC (*Polyvinyl Chloride*), LDPE (*Low-Density Polyethylene*), PBT (*1,2-polibutadiena*), EVOH (*Etilen vinil alkohol*).

### 3.4.5.



### 3.4.6. Makanan Kemasan

Berbeda dengan makanan kemasan yang hingga kini hanya 1 studi pustaka yang melaporkan bahwa mikroplastik dapat memasuki produk makanan kemasan. Produk tersebut yaitu daging kemasan yang diteliti oleh (Kedzierski *et al.*, 2020) bahwa ditemukan jumlah konsentrasi pada kemasannya berkisar 4 hingga 18,7 partikel/kg di permukaan kemasan dalam dan 1,1 hingga 10,8 partikel/kg di permukaan kemasan luar (Tabel 7).

Hasil analisis bentuk dalam daging kemasan yang diteliti oleh (Kedzierski *et al.*, 2020) diidentifikasi pada 2 bagian kemasan yaitu bagian permukaan dan bagian dalam kemasan. Bentuk yang ditemukan paling dominan dalam sampel tersebut yaitu hanya bentuk serat. Banyaknya serat juga ditemukan dengan jumlah yang bervariasi seperti pada bagian permukaan kemasan memiliki rata-rata berkisar 134 serat/kg dan 221 serat/kg sedangkan pada bagian dalam kemasan ditemukan jumlah rata-rata berkisar 18 serat/kg dan 164 serat/kg.

Selain itu, ukuran mikroplastik kurang dari 1 mm hanya ditemukan lebih dominan dalam daging kemasan. Dengan kisaran rata-rata ukuran antara 130 - 450  $\mu\text{m}$ . Berbeda dengan jenis polimer yang ditemukan pada makanan kaleng, pada sampel daging kemasan diperoleh hasil analisis FTIR dan pengamatan mikroskopis yang menunjukkan bahwa sampel yang diteliti oleh (Kedzierski *et al.*, 2020) ditemukan jenis polimer yaitu polistirena ekstrusi (XPS) pada kemasan bagian dalam dan kemasan bagian luar. Perlu diketahui pula bahwa terdapat jenis polimer yang ditemukan dibagian daging dan segel plastik. Hal tersebut kemungkinan dapat disebabkan karena produk daging kemasan yang dijual secara komersial biasanya menggunakan kemasan yang terbuat dari polistirena ekstrusi.

Dalam makanan kemasan juga ditemukan warna mikroplastik yang dominan yaitu hitam dan kuning. Hal tersebut dapat disebabkan karena dalam penelitian daging kemasan, kemasan yang digunakan berwarna hitam dan kuning sehingga warna

mikroplastik yang diperoleh umumnya sama dengan warna kemasannya (Kedzierski *et al.*, 2020).

Tabel hasil data konsentrasi dan karakteristik mikroplastik dalam produk berkategori makanan olahan lainnya (Makanan Kemasan) dapat dilihat pada Tabel 7.





**Tabel 20. Karakteristik Mikroplastik Pada Kategori Makanan Olahan Lainnya (Lanjutan)**

Jenis Produk	Konsentrasi MP	Satuan Konsentrasi dalam berat basah (partikel/kg atau partikel/L)	Karakteristik Mikroplastik				Pustaka
			Bentuk	Ukuran (µm)	Jenis polimer	Warna	
<b>Makanan Kemasan</b>							
Daging kemasan	4,0 - 18,7 (Permukaan internal kemasan) dan 1,1 - 10,8 (Permukaan eksternal kemasan)	partikel/kg	Serat	130 – 450	XPS	Hitam dan kuning	Kedzierski, 2020
Notes : XPS ( <i>Extruded Polystirene</i> )							

### 3.4.7. Teh Celup

Produk teh celup juga dapat dikategorikan menjadi makanan olahan dikarenakan mengalami beberapa proses terlebih dahulu. Pada teh sebanyak 4 sampel yang dikemas dengan kantong teh plastik atau yang biasa dapat disebut sebagai teh celup diambil dari toko kelontong yang berada di Kanada dan dianalisis. Jumlah konsentrasi yang terdeteksi di seluruh sampel memiliki rata-rata berkisar 1200 partikel mikro/mm<sup>2</sup> (Hernandez *et al.*, 2019). Namun jika dibandingkan dengan jenis teh celup lain yaitu teh celup hitam dan teh celup dengan *flavor* lemon jahe yang diteliti oleh (Xu *et al.*, 2021) sampelnya diambil dari 4 negara berbeda diketahui jumlah konsentrasinya tidak dibahas. Perbedaan hasil tersebut dapat dikarenakan adanya proses perendaman atau penyeduhan teh celup pada suhu tinggi sehingga kemungkinan terlepasnya partikel plastik meningkat (Hernandez *et al.*, 2019).

Berbeda dengan bentuk yang ditemukan paling dominan pada sampel teh yaitu bentuk *granules/spheres* dan bentuk tidak beraturan. Hal tersebut sesuai yang dilaporkan oleh Hernandez *et al.*, (2019) bahwa bentuk yang ditemukan dalam teh celup asal Kanada yaitu bola (*spheres*) dengan ukuran ~10-400 nm dan tidak beraturan dengan ukuran ~50-100 µm. Hal serupa juga dilaporkan oleh Xu *et al.*, (2021) juga menemukan partikel berbentuk bola dalam bentuk kumpulan atau terhubung ke partikel yang berdekatan serta ditemukan juga bentuk tidak beraturan yang memiliki ukuran mulai dari ~400 nm hingga 100µM.

Selain itu, jenis polimer juga ditemukan pada sampel teh celup yang diteliti oleh Hernandez (2019) yaitu nilon dan polietilena. Sedangkan oleh Xu *et al.*, (2021) ditemukan polisakarida dan polipropilen ada pula mikroplastik berwarna yang juga lebih dominan yaitu warna hitam. Warna hitam yang diperoleh dalam teh celup dapat dimungkinkan karena pemanasan atau penggunaan suhu yang terlalu tinggi. Hasil tersebut sesuai dengan yang dilaporkan oleh Peng *et al.*, (2018) bahwa

terdapat senyawa poliamida alfa dan beta bentuk diemer siklik yang mampu berubah menjadi bintik hitam dalam air panas akibat peningkatan suhu yang tinggi.

Tabel hasil data konsentrasi dan karakteristik mikroplastik dalam produk berkategori makanan olahan lainnya (Teh Celup) dapat dilihat pada



**Tabel 21. Karakteristik Mikroplastik Pada Kategori Makanan Olahan Lainnya**

Jenis Produk	Konsentrasi MP	Satuan Konsentrasi dalam Berat Basah (partikel/kg atau partikel/L)	Karakteristik Mikroplastik				Pustaka
			Bentuk	Ukuran ( $\mu\text{m}$ )	Jenis polimer	Warna	
<b>Teh Celup</b>							
Teh Celup (Kanada)	0,0000012	Partikel/kg.mm <sup>2</sup>	Bola (spheres) dan bagian tidak beraturan	8,6 - 52,3	nilon dan PET	NA	Hernandez, 2019
Teh hitam dan lemon jahe celup (Irlandia)	NA	NA	Butiran (granules), film, dan tidak beraturan	NA	Polisakarida dan PP	Hitam	Xu, 2021

Notes : NA (*Not available*), XPS (*Extruded polystyrene*), PET (*Polyetilena tereftalat*), PP (*Polypropylene*)