

Identifikasi Kelimpahan Partikel Mikroplastik pada Gula Pasir di Indonesia

Yudhiakuari Sincihu^{1*}, Shella Morina², Ni Putu Sudewi³, Tri Marthy Mulyasari⁴,
Prehatin Trirahayu Ningrum⁵, Steven⁶, Dewa Ayu Liona Dewi⁷

^{1,2,3,6,7}Fakultas Kedokteran, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

^{4,5}Program Doktor, Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Airlangga

⁴Jurusan Kesehatan Lingkungan, Politeknik Kesehatan Kementerian Kesehatan Semarang

⁵Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Jember

ABSTRAK

Mikroplastik (partikel plastik berdiameter <5 milimeter) telah menjadi novel food contaminant bagi manusia. Diperkirakan konsumsi mikroplastik setiap hari pada anak-anak sebanyak 106-113 partikel dan dewasa 126-142 partikel. Upaya pencegahan paling utama adalah mengidentifikasi keberadaan partikel plastik dalam makanan, salah satunya pada gula pasir. Mikroplastik yang berada pada saluran cerna dapat masuk kedalam sirkulasi darah dan dibawa ke bagian tubuh lainnya. Partikel ini tidak dapat dihancurkan oleh mekanisme seluler tubuh, sehingga memicu inflamasi, genotoksitas, hipersensitivitas, stress oksidatif dan kematian sel. Tujuan penelitian adalah mengukur jumlah partikel, bentuk dan diameter partikel plastik sebagai kontaminan pada gula pasir produksi Indonesia. Penelitian deskriptif kuantitatif menggunakan 16 merk gula pasir yang diproduksi, dikenal dan banyak dikonsumsi di Indonesia. Penelitian dikerjakan di Laboratorium Patologi Klinik Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya. Kuantifikasi jumlah, bentuk dan diameter partikel plastik menggunakan mikroskop. Hasil pemeriksaan diketahui semua sampel gula pasir terdapat partikel plastik antara 5-100 partikel MPs/50gram gula pasir, bentuk pelet sebagai kontaminan terbanyak, dan diameter partikel terbesar adalah 367µm.

Kata Kunci: Bahaya Plastik; Gula Pasir; Kelimpahan Mikroplastik; Pencemaran.

ABSTRACT

Microplastics (plastic particles <5 millimeters in diameter) have become a novel food contaminant for humans. Microplastics was estimated that children consume 106-113 microplastics per day and 126-142 particles in adults. The main prevention effort is to identify the presence of plastic particles in food, one of which is sugar. Microplastics that are in the digestive tract can enter the bloodstream and distributed to other parts of the body. These particles cannot be destroyed by the body's cellular mechanisms, thus triggering inflammation, genotoxicity, hypersensitivity, oxidative stress, and cell death. The aim of the study was to measure the number of particles, shape and diameter of plastic particles as contaminants in refined sugar produced in Indonesia. Quantitative descriptive research using 16 sugar brands that are produced, known and widely consumed in Indonesia. The research was carried out at the Clinical Pathology Laboratory, Widya Mandala Surabaya Catholic University. Quantification of the number, shape and diameter of plastic particles using a microscope. The examination results showed that all sugar samples contained plastic particles between 5-100 MPs/50 gram of sugar, most of the contaminants were in the form of pellets, and the largest particle diameter was 367µm.

Keywords: Plastics Hazard; Sugar; Microplastics Abundance; Pollution.

*Korespondensi penulis:

Nama : Yudhiakuari Sincihu

Instansi : Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

Alamat : Jl. Kalisari Selatan No.1, Pakuwon City, Surabaya, Jawa Timur, Indonesia

Email : yudhiakuari@ukwms.ac.id

Pendahuluan

Sustainable Development Goals tahun 2015 hanya memiliki satu indikator untuk mengatur masalah mikroplastik (MPs), yaitu kepadatan sampah plastik di dasar laut. Kita semua sudah tahu bahwa polutan plastik telah mencemari seluruh ekosistem air laut, air tawar, dan tanah secara global.¹ Kondisi pencemaran lingkungan ini akan terus memburuk seiring dengan peningkatan produksi plastik setiap tahunnya dan buruknya pengelolaan sampah.²

Indonesia menempati posisi ke-2 setelah Cina sebagai negara yang menyumbang sampah plastik paling besar di dunia, termasuk ke lautan. Sampah plastik di negara Indonesia mencapai 3.22 juta metrik ton per tahun.^{3,4} Permasalahannya adalah sifat plastik yang tidak dapat terurai menyebabkan plastik terfragmentasi menjadi ukuran yang lebih kecil melalui proses fotooksidasi, hidrolisis, degradasi mekanis dan aktivitas biologis.⁵ Ukuran partikel plastik yang kecil dapat mencemari makanan dan minuman manusia.^{6,7} Ini akan menjadi masalah serius di masa depan, terutama di bidang kesehatan.⁷⁻⁹ Hasil fragmentasi plastik dengan ukuran <5 milimeter disebut mikroplastik (MPs).^{4,10}

Pintu masuk mikroplastik pada manusia melalui rantai makanan yang terkontaminasi. Berdasarkan studi oleh Karbalai *et al* (2018),⁵ ditemukan 1.760 partikel MPs/Kg madu, 50-280 partikel MPs/Kg garam, 0-3 partikel MPs/ekor ikan laut, 61 partikel MPs/ekor ikan kering, 1-7 partikel MPs/ekor kerang dan 52 partikel MPs/Liter air minum. Jenis polimer paling banyak sebagai kontaminan makanan dan minuman manusia adalah *Polypropylene*, *Polyethylene Terephthalate*, *Polyethylene*, *Polystyrene*, dan *Polyvinyl Chloride*.^{5,7,11} Permasalah penelitian ini adalah manusia diperkirakan mengkonsumsi 80 partikel MPs/hari melalui makanan maupun minuman terkontaminasi.¹² Data kontaminasi MPs pada bahan pangan di Indonesia masih belum ada. Ini adalah kebaruan pada penelitian ini.

Gula pasir atau sukrosa merupakan gula granulasi atau kristal gula berukuran kecil yang berasal dari tanaman tebu yang umumnya digunakan oleh dapur rumahan. Gula pasir

sebagai bahan pangan pokok yang dikonsumsi oleh masyarakat di Indonesia setiap harinya.^{13,14} Adanya kontaminasi pada Gula Pasir dapat menyebabkan bahan kontaminan masuk kedalam tubuh manusia secara terus menerus. Penelitian adanya partikel mikroplastik pada Gula Pasir telah dilaporkan oleh Afrin *et al* (2022) di Bangladesh, ditemukan sebanyak $343,7 \pm 32,08$ partikel plastik perkilogram Gula Pasir.¹⁵ Sedangkan di Indonesia masih belum terdapat data tersebut.

Partikel MPs yang dikonsumsi oleh manusia dapat terserap di saluran pencernaan dengan mekanisme persorpsi paraseluler dan fagositosis. Partikel ini dapat melewati celah epitel selapit tunggal sehingga masuk ke dalam sirkulasi darah.¹⁶ Selanjutnya partikel plastik yang diameternya $\leq 20 \mu\text{m}$ akan terdistribusi ke organ sekunder, seperti otot, hati, ginjal, jantung, dan otak.^{3,12} Partikel ini mengalami *persistensi*, bioakumulatif, dan toksik pada tubuh.¹⁷ Efek toksik MPs berupa inflamasi, stres oksidatif, genotoksitas, apoptosis dan nekrosis akibat terbentuknya radikal bebas.³ Partikel MPs merupakan bahan yang tidak dapat dihancurkan oleh mekanisme pertahanan seluler tubuh, sehingga induksi inflamasi terus berlanjut.¹⁸ Hal ini mempercepat proses penuaan sel dan kematian sel.¹⁹

Penelitian pada *Wistar rats* menemukan bahwa sejumlah 45 partikel MPs dalam 1cc darah menyebabkan kerusakan *deoxyribonucleic acid*, dan sejumlah 186 partikel MPs menyebabkan kerusakan pada membran sel biologis.²⁰ Pada manusia, angka ini tentunya harus lebih besar untuk dapat menyebabkan terjadinya hal serupa. Selain akibat partikel MPs, efek toksik MPs juga akibat zat kimia yang berasal dari lingkungan yang diserap mikroplastik seperti *bisphenol A*, *phthalates*, dan berbagai logam berat, dan bahan aditif yang ditambahkan saat produksi seperti *plasticizers*, *UV stabilizer*, *flame-retardants*, pelumas, dan pewarna.^{12,20}

Berdasarkan uraian di atas, permasalahan kontaminasi MPs pada bahan pangan manusia merupakan hal yang urgen untuk dilakukan penelitian guna penetapan

ambang batas minimal partikel MPs yang masih diperbolehkan terdeteksi pada bahan pangan, gula pasir khususnya. Identifikasi kelimpahan partikel MPs berguna untuk upaya pencegahan permasalahan kesehatan manusia lebih serius kedepannya. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi kelimpahan (jumlah, bentuk, dan diameter) partikel mikroplastik pada gula pasir hasil produksi di Indonesia.

Metodologi

Penelitian ini adalah penelitian deskriptif kuantitatif guna menggambarkan kelimpahan (jumlah, bentuk dan diameter) partikel mikroplastik yang terdapat pada sampel gula pasir. Menggunakan pendekatan pemeriksaan laboratorium dalam mendapatkan data. Sampel dari ambil dari 16 merk gula pasir yang banyak dikonsumsi di Indonesia. Penelitian dikerjakan di Laboratorium Patologi Klinik Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya selama bulan Mei sampai dengan Juli 2023.

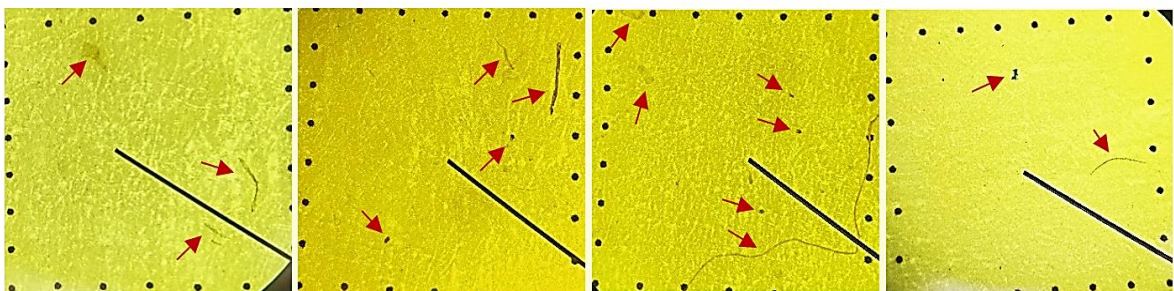
Prosedur preparasi sampel dilakukan sebanyak 3 tahapan, yakni gula di timbang sebanyak 50gram menggunakan Sartorius digital balance[®], lalu dipindahkan dalam Beaker glass, ditambahkan aquades sebanyak 200cc dan dipanaskan hingga mencair. Ditambahkan 20cc larutan KOH 10% (1:10) dan didiamkan selama 48jam pada suhu ruang dengan di tutup cover

glass. Selanjutnya ditambahkan 20cc larutan HNO₃ 67% (1:10) selama 48jam. Setiap sampel diberikan label identitas (tahap 1). Larutan selanjutnya di filtrasi menggunakan Advantec vacuum filtration[®] dengan memakai kertas saring S-PAK filter membrane 0,45µm Millipore[®] (tahap 2). Kertas saring di pindahkan pada cawan petri tertutup dan dikeringkan menggunakan oven 80°C selama 4-6 jam (tahap 3). Selanjutnya kertas saring diperiksa dibawah mikroskop binokuler Nikon Eclips Ci-L-DS-F12-L3[®] untuk identifikasi kontaminasi partikel plastik. Pemeriksaan dilakukan sebanyak dua kali oleh dua orang berbeda pada lima grid lapang pandang secara urut untuk mengantisipasi kesalahan hitung. Hasil perhitungan dicatat dan dilakukan pengambilan foto digital.

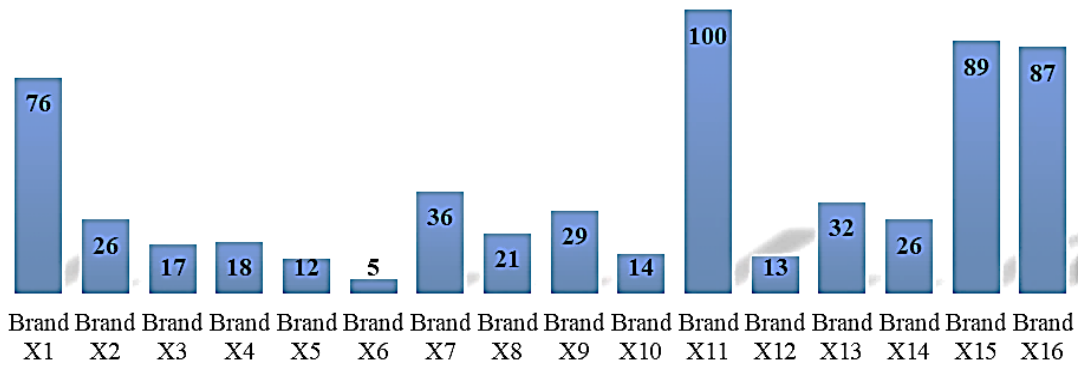
Hasil pemeriksaan disajikan dalam bentuk tabel distribusi dan gambaran mikroskopik. Tidak ada analisis statistik dalam penelitian ini.

Hasil dan Diskusi

Identifikasi partikel mikroplastik ini mengacu pada metoda monteone (2019).¹⁶ Evaluasi dilakukan dibawah binokuler mikroskop pada pembesaran 40 kali (Gambar 1). Hasil temuan jumlah partikel mikroplastik dalam gula pasir pada setiap merk ditunjukkan oleh Gambar 2.

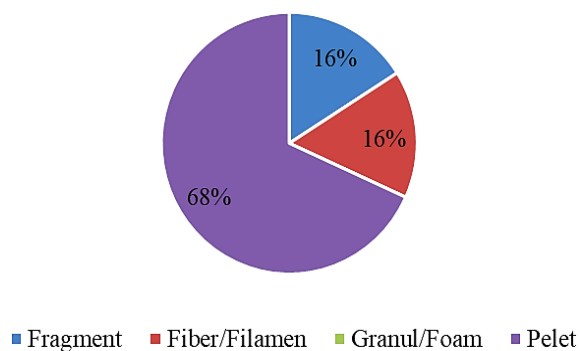


Gambar 1. Identifikasi Partikel Plastik pada Sampel Gula Pasir



Gambar 2. Jumlah Partikel Plastik pada Setiap Sampel Gula Pasir

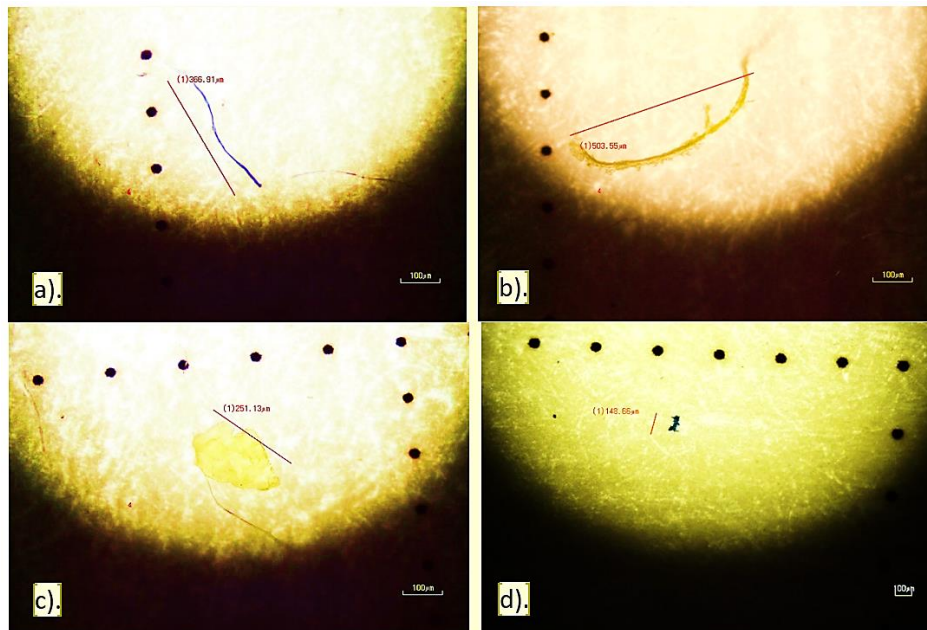
Berdasarkan gambar 1 dan 2, maka pada seluruh merk gula pasir yang dijadikan sampel mengandung partikel plastik dengan jumlah beragam. Paling sedikit pada merk X5 yaitu 5 partikel MPs/50gram gula pasir, dan paling tinggi pada merk X11 yaitu 100 partikel MPs/50gram gula pasir. Terdapat 4 merk gula pasir yang mempunyai kandungan tinggi partikel mikroplastik yakni merk X1, X11, X15, dan X16. Rerata kadar partikel plastik pada gula pasir produksi di Indonesia adalah $37,6 \pm 31,4$ partikel MPs/50gram gula pasir. Temuan ini lebih tinggi jika dibandingkan temuan oleh Afrin *et al* (2022) di Bangladesh yang menyebutkan terdapat rerata $343,7 \pm 32,08$ partikel MPs/kilogram gula pasir.



Gambar 3: Persentase Temuan Bentuk Partikel Plastik pada Gula Pasir

Berdasarkan identifikasi bentuk kontaminan partikel plastik pada sampel gula pasir diketahui bahwa jumlah bentuk partikel pelet adalah yang terbanyak mendominasi kontaminasi pada sampel gula pasir, yakni 68% (Gambar 3). Tidak ditemukan bentuk foam / granul pada sampel gula pasir. Sedangkan kontaminasi partikel mikroplastik berbentuk filamen dan fragmen mempunyai porsi yang sama banyak, yakni 16%. Dugaan kontaminasi plastik pelet berasal dari material proses produksi (sumber tebu, alat pemrosesan, kontaminan udara, maupun proses produksi kemasan), sedangkan filamen dan fragmen berasal dari serat pakaian, kain, rambut, kontaminan udara, dan fragmentasi kemasan).

Penilaian diameter partikel plastik dilakukan menggunakan mikroskop pada pembesaran 100 kali dengan skala $100\mu\text{m}$. Tampak bahwa diameter partikel berbentuk filamen berkisar antara $125 - 367\mu\text{m}$ (setara $0,125 - 0,367$ milimeter). Diameter partikel berbentuk fragmen berkisar antara $90 - 251\mu\text{m}$ (setara $0,090 - 0,251$ milimeter). Sedangkan diameter partikel berbentuk pelet yang merupakan partikel paling kecil berkisar antara $0,5 - 148\mu\text{m}$ (setara $0,0005 - 0,251$ milimeter). Tidak ada partikel yang lebih kecil dari $0,5\mu\text{m}$ dikarenakan kertas saring yang digunakan berdiameter pori $0,45\mu\text{m}$ (Gambar 4).



Gambar 4. Diameter Partikel Mikroplastik pada Sampel Gula Pasir
a-b). Partikel berbentuk filamen; c). Partikel berbentuk fragmen; d) Partikel berbentuk pelet

Temuan penelitian serupa ini juga dilaporkan oleh berbagai penelitian lainnya, seperti oleh Cox *et al* (2019)⁶ yang menyebutkan terdapat 0,44 partikel MPs/gram gula, oleh Afrin *et al* (2022) yang menyatakan bahwa ada 343,7 partikel MPs/kg gula produksi Banglades dan kecenderungan frekuensi MPs yang tinggi dengan ukuran <300 μ m serta secara didominasi bentuk fiber dan spherules dengan warna hitam, merah muda, biru, dan coklat.¹⁵ Temuan penelitian kami juga menunjukkan hasil serupa kecuali pada bentuk partikel dominan yaitu berbentuk pelet. Penelitian lainnya oleh Kwon *et al* (2020) menyebutkan sebanyak 249 partikel MPs/Kg gula produksi Korea.²¹ Penelitian oleh Makhdoumi *et al* (2023) pada sampel gula di Iran menyebutkan terdapat 266,9 partikel MPs/Kg gula dengan jenis polimer polyethelene yang paling dominan.²² Selanjutnya penelitian oleh Liebezeit *et al* (2013) juga menyebutkan hal serupa pada gula produksi Jerman, Prancis, Italia, Spanyol dan Meksiko dimana terdapat sebanyak rerata 217 partikel serat MPs/kg dan 32 partikel fragmen MPs/kg.²³

Berbagai temuan di atas, kadar rerata partikel MPs sebagai kontaminan pada gula pasir lebih rendah jika dibandingkan dengan hasil temuan pada penelitian ini. Hal ini dapat

disebabkan karena diameter pori kertas saring yang digunakan, yakni pada penelitian ini menggunakan ukuran pori 0,45 μ m, sedangkan berbagai penelitian di atas menggunakan kertas saring berpori 0,8-1,2 μ m. Hal ini pula yang menjelaskan kenapa rerata jumlah bentuk pelet lebih banyak ditemukan. Pelet adalah partikel plastik terkecil yang berbentuk padat dan tidak tertembus cahaya mikroskop. Sedangkan filamen atau fiber adalah bentuk partikel seperti helai benang, dan fragmen atau patahan adalah pecahan dari partikel yang lebih besar, dengan bentuk yang tidak beraturan.^{11,24} Meski begitu kesemua referensi dan temuan penelitian ini menyatakan hal serupa bahwa seluruh sampel gula terdapat partikel plastik.

Di Indonesia, gula pasir telah menjadi komoditi pangan pokok yang dikonsumsi masyarakatnya.¹³ Adanya kontaminasi partikel plastik pada gula pasir menyebabkan bahan kontaminan MPs masuk terus menerus ke dalam tubuh penduduk Indonesia. Keadaan ini perlu menjadi fokus perhatian pemerintah. Gula pasir yang diproduksi dari bahan baku tanaman tebu melalui proses ekstraksi, pemurnian nira, evaporasi, kristalisasi, sentrifugasi, pengeringan dan pengemasan telah terkontaminasi partikel plastik yang berbahaya.²⁵ Diduga, kontaminasi partikel

plastik terjadi selama proses ini, dikarenakan adanya penggunaan bahan baku plastik baik berupa alat-alat produksi, kemasan selama proses produksi dan cemaran dari udara lingkungan tempat produksi akibat polusi udara, serta berasal dari pakaian pekerja yang berbahan kain.

Temuan penelitian ini dan berbagai kesamaan dengan berbagai referensi di atas menunjukkan perlunya tindakan lebih lanjut oleh penentu kebijakan dalam hal pengawasan mutu pangan, regulasi, serta pendekatan untuk mengurangi penggunaan plastik sekali pakai dalam proses produksi dan dampaknya kedepan bagi lingkungan maupun kesehatan manusia. Saat ini telah ada regulasi yang mengatur penggunaan plastik tetapi tidak dapat menyelesaikan permasalahan kontaminasi partikel plastik pada gula pasir produksi Indonesia.

Kesimpulan

Seluruh sampel gula pasir di Indonesia terkontaminasi oleh partikel mikroplastik, bentuk partikel plastik sebagai kontaminan yang terbanyak adalah bentuk pelet, dan diameter partikel terbesar adalah 367µm.

Keterbatasan Penelitian

Hasil penelitian tidak lepas dari faktor pengkontaminasi plastik selama proses penelitian dikerjakan karena adanya bahan-bahan plastik yang terlibat dalam proses pengerjaan seperti aquades dalam derigen plastik, sarung tangan karet, apron dari fiber, dan faktor kontaminasi dari udara. Selain itu, diameter partikel plastik tidak terukur dengan akurat karena terdapat bagian yang melengkung, dan tidak dapat ditentukan jenis polimer plastiknya akibat terbatasnya pembiayaan penelitian.

Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini mendapatkan pendanaan dari Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya No. 7407/WM01/N/2022.

Kami juga menyampaikan terima kasih yang mendalam kepada laboran (Elis dan Ranti) dan mahasiswa didik Fakultas Kedokteran UKWMS semester akhir (Angeline Rivia Simanjuntak; Marion Florentia; Mercy Mezia Susetio; dan Michelle) yang telah terlibat selama penelitian berlangsung.

Referensi

1. Walker TR. (Micro)plastics and the UN Sustainable Development Goals. *ScienceDirect*. 2019;30:100497.
2. Seltenrich N. New Link in The Food Chain? Mrine Placstic Pollution and Seafood Safety. *Environ Health Perspect*. 2015;123(2):34-42.
3. Wright SL, Kelly FJ. Plastic and human health: a micro issue? *Environ Sci Technol*. 2017;51(12):6634-6647.
4. Widianarko B, Hantoro I. *Mikroplastik Mikroplastik Dalam Seafood Dari Pantai Utara Jawa*. Semarang: Universitas Katolik Soegijapranata; 2018.
5. Karbalaei S, Hanachi P, Walker TR, Cole M. Occurrence, sources, human health impacts and mitigation of microplastic pollution. *Environ Sci Pollut Res*. 2018;25(36):36046-36063.
6. Cox KD, Covernton GA, Davies HL, Dower JF, Juanes F, Dudas SE. Human consumption of microplastics. *Environ Sci Technol*. 2019;53:7068-7074.
7. Jiang S, Wang F, Li Q, Sun H, Wang H, Yao Z. Environment and food safety: a novel integrative review. *Enviromental Sci Pollut Res*. 2021;28:54511-54530.
8. Jambeck JR, Geyer R, Wilcox C, et al. Plastic waste inputs from land into the ocean. *Sci J*. 2015;347(6223):768-772.
9. Miraj SS, Parveen N, Zedan HS. Plastic microbeads: small yet mighty concerning. *Int J Environ Health Res*. 2021;31(7):788-804.
10. Prokić MD, Radovanović TB, Gavrić JP, Faggio C. Ecotoxicological effects of microplastics: Examination of biomarkers, current state and future perspectives. *TrAC - Trends Anal Chem*. 2019;111:37-46.

11. Lusher A, Hollman P, Mendozal J. *Microplastics in Fisheries and Aquaculture: Status of Knowledge on Their Occurrence and Implications for Aquatic Organisms and Food Safety*. Rome: FOA; 2017.
12. Campanale C, Massarelli C, Savino I, Locaputo V, Uricchio VF. A detailed review study on potential effects of microplastics and additives of concern on human health. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17(4):1212.
13. Satriana ED, Tety E, Rifai A. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Konsumsi Gula Pasir Di Indonesia. *J Online Mhs Fak Pertan Univ Riau*. 2014;2:1-15.
14. Yusuf Y, Aulia AF, Martadi S. Permintaan Gula Pasir di Indonesia. *J Ekon*. 2010;18(03):1-8.
15. Afrin S, Rahman MM, Hossain MN, Uddin MD, Malafaia G. Are there plastic particles in my sugar? A pioneering study on the characterization of microplastics in commercial sugars and risk assessment. *Sci Tot Environ*. 2022;837:155849.
16. Monteleone A, Schary W, Fath A, Wenzel F. Validation of an Extraction Method for Microplastics From Human Materials. *Clin Hemorheol Microcirc*. 2019;73(1):203-217.
17. Wang YL, Lee YH, Chiu IJ, Lin YF, Chiu HW. Potent impact of plastic nanomaterials and micromaterials on the food chain and human health. *Int J Mol Sci*. 2020;21(5):1727.
18. Deng Y, Zhang Y, Lemos B, Ren H. Tissue accumulation of microplastics in mice and biomarker responses suggest widespread health risks of exposure. *Sci Rep*. 2017;7(March):1-10.
19. Viña J, Borrás C, Gomez-Cabrera MC. A Free Radical Theory of Frailty. *Free Radic Biol Med*. 2018:358-363.
20. Sincihu Y, Sudiana IK, Kusumastuti K, Keman S, Sulistyorini L, Lusno MFD, Elias SM, Hasina SN. Membranes and Deoxyribonucleic Acid of Hippocampal Neurons Damage due to low-Density Polyethylene Microplastics in Blood of Wistar rats. *Int J Health Sci*. 2022;6(S7):3490-3503.
21. Kwon JH, Kim JW, Pham TD, Tarafdar A, Hong S, Chun SH, Lee SH, Kang DY, Kim JY, Kim SB, Jung J. Microplastics in Food: A Review on Analytical and Challenges. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2020;17(18): 6710.
22. Makhdoumi P, Pirsaeheb M, Amin AAA, Kianpou S, Hossini H. Microplastic Pollution in Table Salt and Sugar: Occurrence, Qualification and Quantification and Risk Assessment. *J Food Comp & Anal*. 2023;119(June):105261.
23. Liebezeit G, Liebezeit E. Non-Pollen Particulates in Honey and Sugar. *Food Add & Contaminants*. 2013;30(12): 2136-2140.
24. Hollman P, Bouwmeester H, Peters R. *Microplastics in The Aquatic Food Chain: Sources, Measurement, Occurrence and Potential Health Risks*. Netherlands: Wageningen University and Research; 2013.
25. Ruth D, Sukartiko AC, Nugrahini AD, Aziz IWF. *Analisis Proses Produksi Gula Pasir Menggunakan Pendekatan Lean Six Sigma di PT. Madu Baru*. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada; 2017.

▪