

---

---

## **Identifikasi Mikroplastik pada Tahu di Sentra Industri Tahu Desa Tropodo Kecamatan Krian Kabupaten Sidoarjo**

Titan Memory Yuhana<sup>✉</sup>

Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang

### **ABSTRAK**

*Pengelolaan sampah plastik masih terbatas pada sistem 3R (Reduce, Reuse, Recycle), pemanfaatan sampah plastik menjadi bahan bakar, dan pembakaran sampah. Diantara ketiga solusi tersebut, solusi pembakaran sampah plastik-lah yang tanpa disadari malah menimbulkan permasalahan baru ke lingkungan, sehingga disebut sebagai False Solution Management. Hal tersebut diperparah pula dengan fakta bahwa sampah yang dibakar adalah sampah plastik impor, sebagaimana yang dilakukan pengusaha industri tahu di Desa Tropodo. Sehingga penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kontaminasi mikroplastik pada tahu sebagai produk makanan komersil di sentra industri tahu Desa Tropodo, Kecamatan Krian, Kabupaten Sidoarjo. Penelitian ini dijelaskan dengan deskriptif kuantitatif dengan jumlah sampel yang digunakan adalah 12 sampel. Seluruh sampel tersebut diambil dari 4 lokasi yang menggunakan bahan bakar berbeda-beda, yakni dari kayu, kayu dan plastik, plastik sachet, dan berbagai jenis sampah plastik. Mikroplastik yang ditemukan pada tahu di daerah tersebut antara lain, fiber, filamen, dan fragmen dengan nilai kelimpahan tertinggi diperoleh Lokasi 4, Lokasi 3, Lokasi 2, serta Lokasi 1. Dibutuhkan penelitian lebih lanjut FTIR guna mengetahui jenis polimer dalam sampel.*

*Kata kunci: Sampah plastik, mikroplastik, tahu, Desa Tropodo*

### **Microplastics Contamination in Tofu from Tofu Industrial Centre in Tropodo Village Krian Subdistrict Sidoarjo District**

#### **ABSTRACT**

*In addition, plastic waste management is still limited to the 3R system (Reduce, Reuse, Recycle), utilization of plastic waste into fuel, and waste incineration. Among the third solutions, the solution of burning plastic waste is the one that unwittingly creates new problems to the environment, so it is called False Solution Management. This is exacerbated by the fact that the waste that is burned is imported plastic waste, as is done by tofu industry entrepreneurs in Tropodo Village. So this research aims to reveal microplastic contamination in tofu as a commercial food product in the tofu industrial center of Tropodo Village, Krian District, Sidoarjo Regency. This research was explained using quantitative descriptive methods with the number of samples used being 12 samples. All samples were taken from 4 locations that used different fuels, namely wood, wood and plastic, plastic sachets, dan various types of plastic waste. Microplastics found in tofu in the area include fibers, filaments, and fragments with the highest abundance values obtained in Site 4, Site 3, Site 2, and Site 1. Further FTIR research is needed to determine in the type of polimer in the samples.*

*Keywords: Plastic waste, Microplastics, Tofu, Tropodo Village*

#### **PENDAHULUAN**

Indonesia sebagai salah satu negara padat penduduk di dunia dihadapkan dengan berbagai permasalahan, tidak terkecuali permasalahan sampah. Sampah tersebut disebabkan oleh tingginya angka pendu-

duk dan aktivitas yang dilakukan mereka sehari-hari. Hingga saat ini, hanya 60% sampah di Indonesiayang terangkut ke Tempat Pembuangan Akhir (TPA) (Alfian & Phelia, 2021). Sampah tidak hanya diaki-

---

<sup>✉</sup> Corresponding author  
Address : Malang, Jawa Timur  
Email : titanmemory4@gmail.com

batkan oleh tingginya aktivitas penduduk, tetapi juga peningkatan maupun perubahan pola konsumsi masyarakat yang secara langsung menyebabkan tingginya volume, jenis, serta karakteristik sampah yang dihasilkan. Hingga saat ini, sampah belum mendapatkan penanganan yang optimal. Hal ini dibuktikan oleh fakta yang menyatakan bahwa permasalahan sampah masih menjadi 5 permasalahan nasional utama di Indonesia (Rahmawati et al., 2021). Diantara sampah-sampah yang dihasilkan di Indonesia, salah satu jenis sampah yang paling masif dihasilkan oleh penduduknya adalah sampah plastik. Indonesia menjadi negara kedua terbesar penghasil sampah plastik di dunia setelah Tiongkok (Northcott, 2020). Permasalahan sampah plastik menjadi semakin parah bersamaan dengan fakta bahwa jenis sampah tersebut sangat sulit didaur ulang karena memerlukan proses yang rumit. Proses tersebut harus melalui beberapa standar tertentu karena setiap komponen plastik memiliki komposisi senyawa kimia yang berbeda-beda (Sonia & Sunyowati, 2020). Selain itu, plastik merupakan substansi yang tidak dapat hancur dengan mudah dan cepat. Sampah plastik tidak dapat hancur sepenuhnya karena proses tersebut memerlukan waktu puluhan bahkan ribuan tahun, sehingga permasalahan timbulan sampah plastik menjadi permasalahan yang krusial di Indonesia (Suhardjono et al., 2021).

Permasalahan sampah plastik yang tak kunjung usai di Indonesia tidak terlepas dari pengelolaannya yang kurang optimal. Pengelolaan sampah plastik masih terbatas pada sistem 3R (*Reduce, Reuse, Recycle*). Sistem *reduce* merupakan upaya pengurangan pemakaian plastik, terutama plastik sekali pakai. *Reuse* adalah pemakaian kembali, sedangkan *recycle* adalah proses mendaur ulang plastik menjadi barang yang bernilai guna. Selain itu, pengelolaan sampah plastik dapat pula dialihkan ke pemanfaatan sampah plastik menjadi bahan bakar minyak dan pembakaran sampah plastik langsung.

Meskipun demikian, solusi pengelolaan tersebut dinilai masih memiliki beberapa kelemahan, terutama pada solusi pembakaran sampah yang menimbulkan masalah baru ke lingkungan, sehingga disebut sebagai *False Solution Management* (Fathulloh et al., 2021). Hal tersebut diperburuk oleh fakta bahwa sampah-sampah yang digunakan sebagai bahan bakar berasal dari sampah hasil impor. Permasalahan terkait sampah impor di Indonesia telah terjadi sejak tahun 1990-an dan terus berlangsung hingga saat ini (Hamzah & Multazam, 2019). Sampah yang diimpor berawal dari para pemulung yang menemukannya di tempat pembuangan sampah, lalu hal ini terus berlanjut ke ranah pengusaha dan industriawan yang secara sengaja mengekspornya untuk keperluan bisnis. Namun, di Indonesia sendiri, sampah plastik impor banyak digunakan sebagai bahan baku industri. Sampah impor banyak dipilih karena harganya yang jauh lebih murah dibanding sampah yang dipilah oleh pemulung secara langsung. Sampah-sampah tersebut diimpor dari beberapa negara maju, seperti Australia, Singapura, Amerika Serikat, Jerman, dan Inggris. Adanya impor sampah dari negara maju tersebut disebabkan oleh beberapa hal, seperti tingginya angka kegiatan impor limbah plastik, kurangnya regulasi tentang limbah plastik, serta kurangnya sarana dan prasarana untuk mengolah limbah plastik (Estikomah, 2019; Isyirin, 2020; Shafira et al., 2022). Salah satu desa industri di Indonesia yang masih memanfaatkan sampah plastik impor sebagai bahan baku industri adalah Desa Tropodo di Kecamatan Krian, Kabupaten Sidoarjo. Industri yang ada di desa tersebut mengimpor sampah dari pabrik kertas yang ada di Sidoarjo. Sejauh ini, tercatat 11 industri di Sidoarjo yang melakukan impor sampah plastik bekas, yaitu PT Adiprima Suryaprinta, PT Ekamas Foruna, PT Jaya Kertas, PT Megasurya Eratama, PT Mekabox Internasional, PT Mekabox Surabaya, PT Mount Dream, PT Pakerin, PT Suparma, PT Surya Pemenang, dan PT. Tjiwi Kimia.

Sampah plastik impor yang didapatkan akhirnya dimanfaatkan sebagai bahan bakar pembuatan tahu. Sampah plastik dipilih karena harga yang cenderung murah daripada bahan bakar kayu. Sampah plastik impor tersebut tidak hanya terdiri dari skrap plastik, tetapi juga sampah rumah tangga, seperti pakaian, sepatu, karet, tisu, CD bekas, sampah *personal care*, seperti pasta gigi, *facial wash*, dan obat-obatan, serta *food packaging* seperti kaleng bekas, minuman, bungkus makanan, dan botol bekas. Selain melanggar regulasi yang telah ditetapkan tentang kebijakan impor sampah, kegiatan impor sampah plastik di Desa Tropodo juga menimbulkan berbagai akibat negatif lain, seperti meningkatkan angka timbunan sampah dan menghasilkan kontaminan baru yang diakibatkan oleh proses pembakaran sampah, yaitu karbon monoksida, furans, merkuri, dan dioksin. Dioksin sebagai hasil racun dari proses pembakaran sampah plastik dapat merusak sistem saraf, mengganggu sistem endokrin, memicu ketidakseimbangan hormon, mengganggu sistem reproduksi, memutasi DNA pencetus kanker, dan mengganggu sistem imun. Hasil studi ini merujuk pada pencemaran dioksin yang pernah terjadi di Amerika Serikat, Eropa, dan Tiongkok. Selain itu, dioksin juga menyebabkan berbagai penyakit saluran pernapasan (ISPA), *myalgia*, hipertensi, diabetes, gastritis, *cepalgia*, diare, asma, dan dermatitis (Novaradila et al., 2020; Pramesti & Wahyudi, 2020). Kontaminan lain yang dapat dihasilkan oleh pembakaran plastik adalah mikroplastik. Beberapa efek berbahaya yang ditimbulkan oleh mikroplastik adalah translokasi sel, stress oksidatif, gangguan sistem imun, gangguan sistem gastrointestinal, kerusakan liver, gangguan sistem saraf, dan malabsorpsi (Garrido Gamarro & Constanzo, 2022).

Mikroplastik adalah partikel plastik yang terlepas akibat degradasi plastik ke lingkungan. Mikroplastik berukuran < 5 mm. Secara umum, plastik terdegradasi melalui proses fisika-kimia dan biologis. Mikroplastik terdiri atas be-

berapa tipe, warna, dan permukaan. Berdasarkan sumbernya, mikroplastik dapat dibedakan menjadi dua, yakni mikroplastik primer, yakni mikroplastik yang berasal dari kosmetik atau produk berbahan plastik, dan mikroplastik sekunder yang dihasilkan oleh proses fragmentasi plastik (Fournier et al., 2021; Lassen et al., 2015; OBrien et al., 2023). Mikroplastik telah ditemukan di berbagai matriks lingkungan, diantaranya sedimen, air, biota, air botol, air kran, makanan (madu, gula, garam), minuman (*wine* dan *bir*), bahkan atmosfer (udara) (Choudhury et al., 2018). Bahaya yang ditimbulkan oleh kontaminasi mikroplastik telah banyak diperbincangkan hingga saat ini, seperti efek kontaminan tersebut pada kualitas air, biodiversitas, jasa ekosistem, kesehatan manusia, serta kelangsungan hidup manusia. Meskipun belum ada penyakit yang diketahui secara langsung diakibatkan oleh mikroplastik, berbagai penelitian telah memaparkan potensi bahaya mikroplastik. Studi menyebutkan bahwa polimer yang ada pada plastik dapat menyebabkan gangguan sistem endokrin, mengubah rasa makanan menjadi tidak sedap, menjadi media transpor polutan, spesies invasif, bahkan patogen. Keberadaan mikroplastik juga memberi dampak negatif bagi organisme yang terpapar olehnya karena secara umum, plastik mengandung senyawa kimia berbahaya, seperti *bisphenol* (BPA) yang telah dilarang penggunaannya pada botol susu di Kanada dan Eropa, *phthalates*, pestisida, serta *Endocrine Disrupting Chemicals* (EDCs) (Tanaka & Takada, 2016). Secara tidak langsung, polimer plastik dapat melepaskan senyawa kimia berbahaya, seperti PCBs (4-117 ng/g), DDE (0,16-3,1 ng/g), dan *nonylphenols* (130-16.000 ng/g) yang ditemukan pada *polypropylene* (PP) pada lima wilayah pesisir di Jepang (Lassen et al., 2015). Bahaya kontaminasi mikroplastik juga dikaitkan dengan penyakit kanker dan masalah reproduksi. Secara umum, kontaminasi mikroplastik pada manusia dapat disebabkan oleh proses ingesti, inhalasi, maupun kontak langsung dengan

kulit. Proses ingesti dapat mengakumulasi bahan kimia biologis pada rantai makanan, sehingga organisme tingkat atas pada rantai makanan akan terpapar bahan kimia yang lebih tinggi. Ketika plastik tertelan, plastik akan mentransfer bahan kimia ke dalam sistem organisme. Kemudian, mikroplastik akan melewati sistem pencernaan lebih cepat karena ukurannya yang sangat kecil dan menghilangkan kesempatan bagi bahan kimia lain untuk diserap ke sistem peredaran darah. Akibatnya, mikroplastik akan mengikat toksin yang tidak larut, seperti logam berat (merkuri dan tembaga) maupun polutan lain, seperti pestisida, dan dioksin (Sarungallo, 2021). Kontaminasi mikroplastik melalui proses ingesti tentunya tidak lepas dari fakta bahwa mikroplastik telah menjadi kontaminan anyar dalam produk makanan manusia. Hal ini merujuk pada penelitian yang dilakukan oleh Tokhun & Somparn (2020) pada makanan olahan supermarket yang menunjukkan bahwa semua produk tersebut telah terkontaminasi mikroplastik. Mikroplastik paling banyak ditemukan pada kerang dan tahu dengan dominasi tipe fiber sebanyak 71 partikel/gram. Penelitian lain yang dilakukan oleh Kedzierski *et al.* (2020) pada daging ayam olahan supermarket juga positif mengandung mikroplastik dengan dominasi tipe fiber sebanyak 221 partikel/kilogram.

Data diatas menunjukkan bahwa mikroplastik telah mengontaminasi produk makanan yang dikonsumsi manusia sehari-hari, termasuk makanan komersil yang banyak dipasarkan kepada masyarakat. Salah satu makanan komersil tersebut adalah tahu yang berada di kawasan sentra industri tahu di Desa Tropodo, Kecamatan Krian, Kabupaten Sidoarjo. Desa tersebut merupakan salah satu desa di Kecamatan Krian, Kabupaten Sidoarjo yang terkenal dengan industri makanan olahan mereka, yaitu tahu (Kusdiarmono, 2016). Sentra industri tahu di Desa Tropodo berjumlah 38 unit pada tahun 2014 (Kusdiarmono, 2016; .

Virdausya *et al.*, 2020). Angka ini terus bertambah menjadi 62 unit sampai tahun 2020. Tahu dipilih sebagai produk yang diproduksi di industri tersebut karena memiliki cita rasa yang khas, mempunyai kandungan gizi yang tinggi, serta harga yang terjangkau. Tahu dihasilkan dari proses penyarian kedelai yang telah digiling dengan penambahan air. Tahu merupakan bahan makanan yang digemari masyarakat karena dikenal sebagai sumber protein nabati (Utami *et al.*, 2019). Meskipun demikian, tahu yang diproduksi di Desa Tropodo diduga telah terkontaminasi mikroplastik karena sentra industri tersebut menggunakan sampah plastik impor yang didistribusikan secara ilegal sebagai bahan bakar yang digunakan dalam proses pembuatan tahu. Kontaminasi mikroplastik juga dapat bersumber dari pemanfaatan mesin maupun teknologi berbahan plastik yang mentransfer polimer-polimer plastik pada makanan yang mengalami kontak. Selain itu, air saripati tahu maupun air yang digunakan selama proses pembuatan tahu, kain penyaringan yang berbahan dasar serat sintetis atau fiber, kantong plastik untuk menyuplai kedelai, sarung tangan yang digunakan pekerja, baju yang digunakan pekerja selama proses produksi berlangsung, bak untuk menampung air, karung beras yang digunakan untuk mengemas suplai bahan baku, maupun hasil dari pembakaran sampah plastik selama proses produksi tahu juga dapat menjadi sumber kontaminasi mikroplastik pada makanan tersebut (Garrido Gamarro & Constanzo, 2022; Nilamsari & Putri, 2022). Oleh karena itu, penelitian ini perlu dilakukan untuk mengetahui adanya kontaminasi mikroplastik pada makanan, yaitu tahu sebagai produk makanan komersil di sentra industri tahu Desa Tropodo, Kecamatan Krian, Kabupaten Sidoarjo. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi studi awal terkait kontaminasi mikroplastik pada rantai makanan, tepatnya tahu, sehingga akan muncul regulasi yang ditetapkan terkait perlin-

**Tabel 1**  
**Lokasi Penelitian Mikroplastik di Sentra Industri Tahu Desa Tropodo Kecamatan Krian Kabupaten Sidoarjo**

Lokasi Pengambilan Sampel	Titik Koordinat
Lokasi 1	7°22'29.2" LS, 112°35'20.3" BT
Lokasi 2	7°25'38.8" LS, 112°34'48.6" BT
Lokasi 3	7°25'16.9" LS, 112°34'41.0" BT
Lokasi 4	7°26'02.0" LS, 112°34'38.2" BT

Sumber: Data Primer Diolah, (2023)

ngan pangan dan penanganan solusi bahan bakar yang ramah lingkungan.

### METODE PENELITIAN

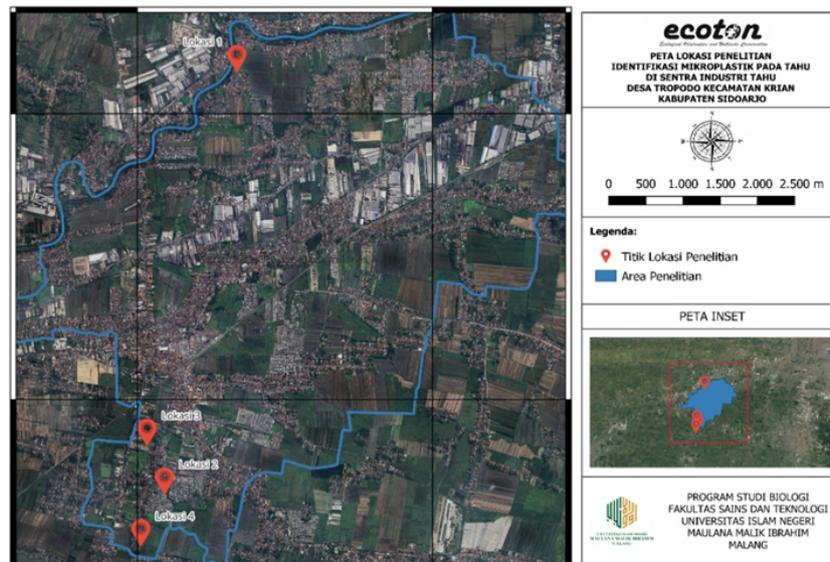
Penelitian ini dilakukan pada tanggal 3 Juli 2023 sampai dengan 13 Juli 2023. Pengambilan sampel tahu dilakukan pada empat lokasi di sentra industri tahu Desa Tropodo dan Desa Tempel, Kecamatan Krian, Kabupaten Sidoarjo.

Jenis penelitian ini adalah deskriptif kuantitatif dengan pendekatan eksploratif. Hasil penelitian yang dipaparkan secara deskriptif meliputi tipe dan jumlah mikroplastik, sedangkan analisis kuantitatif meliputi kelimpahan mikroplastik yang ditemukan pada setiap lokasi penelitian. Eksplorasi yang dilakukan pada penelitian ini adalah koleksi atau pengumpulan sampel secara langsung di lapang. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah, kain filter nylon (*nylon polyester filter*) 300 mesh, *stainless filter* 300 mesh, botol kaca untuk wadah sampel, *smartphone* untuk keperluan dokumentasi, aplikasi GPS (Global Positioning System), alat tulis, wadah *stainless*, kertas label, *beaker glass* 500 mL, corong kaca 50 mm, cawan petri, mortar dan *pestle*, timbangan analitik, pipet ukur 50 mL, kulkas, pipet tetes, *hotplate*, *centrifuge*, *tube centrifuge*, spatula, serta mikroskop stereo. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain, sampel tahu dari masing-masing lokasi penelitian sebanyak 12 sampel, larutan NaCl 0,9%, larutan FeSO<sub>4</sub> 30%, larutan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 30%, dan aquades. Sampel diambil pada 4 lokasi berbeda di sentra industri tahu Desa Tropodo dan Desa Tempel, Kecamatan Krian, Kabupaten Si-

doarjo (Gambar 1). Pengambilan sampel dilakukan berdasarkan karakteristik lokasi penelitian (*purposive sampling*) di satu dusun Desa Tempel, Kecamatan Krian, Kabupaten Sidoarjo sebagai kelompok kontrol dan tiga dusun sentra industri tahu Desa Tropodo, Kecamatan Krian, Kabupaten Sidoarjo sebagai kelompok perlakuan. Lokasi pertama merupakan sentra industri tahu yang menggunakan kayu sebagai bahan bakar pembuatan tahu, lokasi kedua merupakan sentra industri dengan bahan bakar *sachet* plastik dan kayu, lokasi ketiga merupakan sentra industri dengan bahan bakar sampah plastik *sachet*, serta lokasi keempat adalah sentra industri tahu yang memanfaatkan sampah plastik berupa karet ban, sandal bekas, dan kulit sepatu sebagai bahan bakar (Tabel 1).

Pengambilan sampel tahu dilakukan secara *purposive sampling* dengan 3 kali pengulangan pada masing-masing lokasi penelitian sebagaimana yang dikemukakan oleh Kedzierski *et al.* (2020) dan Tokhun & Somparn (2020). Total sampel tahu yang didapatkan masing-masing sebanyak 12 sampel pada tiap lokasi penelitian. Selanjutnya, sampel dimasukkan ke dalam wadah *stainless* dan botol kaca untuk menghindari kontaminasi. Setelah itu, sampel diberi label sesuai lokasi dan waktu pengambilan. Kemudian, sampel disimpan dalam kulkas hingga siap dianalisis di laboratorium (Kedzierski *et al.*, 2020).

Sampel tahu yang telah diambil mula-mula dicuci dengan aquades untuk menghilangkan kontaminasi pada permukaan sampel (Kedzierski *et al.*, 2020)



Sumber: Data Primer Diolah, (2023)

**Gambar 1**  
**Peta Lokasi Pengambilan Sampel**

Sampel tahu yang telah diambil mula-mula dicuci dengan aquades untuk menghilangkan kontaminasi pada permukaan sampel (Kedzierski et al., 2020). Kemudian, sampel tahu yang didapatkan ditimbang dan disamakan beratnya (gram) pada tiap ulangan, yakni 5 gram. Selanjutnya, sampel tahu digerus dengan mortar dan *pestle* lalu diletakkan ke dalam botol kaca untuk menghindari kontaminasi. Setelah itu, sampel tahu diberi larutan  $H_2O_2$  30% sebanyak 20 mL untuk mendegradasi bahan organik (Tokhun & Somparn, 2020). Sampel tahu juga ditetesi larutan  $FeSO_4$  30% sebanyak 10 tetes sebagai katalisator reaksi atau larutan yang berfungsi guna mempercepat proses degradasi (Yona et al., 2021). Setelah diberi kedua larutan tersebut, sampel diinkubasi dalam suhu ruang selama 24 jam. Langkah yang dilakukan setelah pemberian larutan Fenton adalah pemanasan dengan *hotplate stirrer* bersuhu  $70-75^\circ C$  selama 30 menit untuk mempercepat reaksi antara reagen dengan sampel (Osorio et al., 2021). Setelah dingin, sampel tahu dipindahkan ke dalam *tube centrifuge* dan dilakukan sentrifugasi untuk memisahkan sampel berdasarkan densitasnya (Lusher et al., 2020; Nguyen et al., 2019). Kemudian, sampel diambil supernatannya dan

disaring dengan *stainless filter* 300 mesh, dibilas menggunakan larutan NaCl 0,9%, ditaruh ke cawan petri, lalu diidentifikasi menggunakan mikroskop stereo dengan perbesaran 10x hingga 40x.

Sampel selanjutnya dilakukan identifikasi mikroplastik di laboratorium. Identifikasi mikroplastik dilakukan dengan bantuan mikroskop stereo yang dilengkapi dengan kamera Digital Wais Sanqtid DX-300 dan monitor LED 19 inch melalui perbesaran 10x hingga 40x. Mikroplastik yang ditemukan pada sampel diidentifikasi berdasarkan tipe (*fiber, fragmen, film, pellet, filamen, dan foam*) dan jumlahnya dengan mengacu pada literatur yang ada sebelumnya (Li et al., 2015; Osorio et al., 2021).

Sampel yang telah diidentifikasi selanjutnya dianalisis secara kuantitatif untuk mengetahui kelimpahan mikroplastik pada setiap lokasi penelitian. Menurut Kedzierski et al. (2020) dan Kwon et al. (2020), kelimpahan mikroplastik yang ada pada sampel makanan dapat dihitung sebagai berikut:

$$NMP = \frac{n}{g} \text{ (par/g)} \quad (1)$$

Dimana NMP merupakan kelimpahan mikroplastik (partikel/gram), n adalah simbol dari jumlah partikel mikroplastik, dan g merupakan berat makanan (gram).



Sumber: Data Primer Diolah, (2023)

Gambar 2

### Diagram Jumlah dan Tipe Mikroplastik pada Tiap Lokasi Penelitian

#### HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian yang dilakukan pada tahu dari sentra industri tahu di Desa Tropodo dan Desa Tempel, Kecamatan Krian, Kabupaten Sidoarjo menunjukkan bahwa ke-12 sampel tersebut telah terkontaminasi mikroplastik. Tipe mikroplastik yang ditemukan pada sampel tahu tersebut adalah fiber, filamen, dan fragmen.

Tipe mikroplastik yang ditemukan pada sampel tahu di setiap lokasi penelitian didominasi oleh fiber sebanyak 489 partikel, disusul oleh filamen sebanyak 71 partikel, dan fragmen sebanyak 5 partikel. Tipe fiber adalah tipe mikroplastik yang paling banyak ditemukan dalam sampel. Mikroplastik tipe ini mempunyai bentuk yang menyerupai serabut tipis dan panjang layaknya serat sintetis. Tipe fiber menjadi tipe mikroplastik yang paling banyak ditemukan dalam sampel tahu karena kontaminasi yang dihasilkan oleh proses pembuatan tahu, seperti kain yang digunakan sebagai saringan untuk menyaring saripati tahu. Hal tersebut selaras dengan yang dipaparkan oleh Puspita *et al.* (2022) yang menyatakan bahwa mikroplastik tipe fiber merupakan tipe mikroplastik yang cenderung mendominasi. Mikroplastik tipe fiber memiliki ciri-ciri berbentuk serabut, tipis, dan panjang seperti serat sintetis. Garrido-Gamarro & Costanzo (2022) menambahkan bahwa mikroplastik tipe fiber dapat dihasilkan oleh kontaminasi

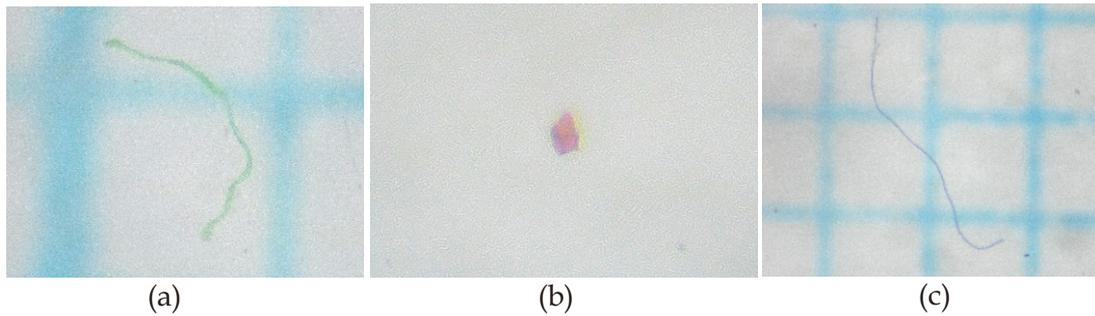
alat yang mengandung serat sintetis selama produksi. Mikroplastik tipe fiber yang ditemukan juga dapat dihasilkan oleh kontaminasi yang ada pada produk dan air dalam proses pembuatan produk makanan tersebut, proses pengemasan, maupun preparasi selama produksi berlangsung. Pada makanan, mikroplastik dapat masuk ke dalam rantai makanan melalui beberapa proses, yaitu produksi primer selama proses pembuatan, pengemasan, transportasi, konsumsi, bahkan pembuangan. Schwabl *et al.* (2019) juga memaparkan bahwa kontaminasi mikroplastik dapat pula bersumber dari serpihan-serpihan plastik yang beterbangan di atmosfer, mengingat industri tersebut juga memanfaatkan karet ban, sandal ban, dan kulit sepatu yang berbentuk panjang seperti serat dan berpotensi melepaskan partikel mikroplastik berbentuk fiber. Menurut Yang *et al.* (2015), kontaminasi mikroplastik juga dapat berasal dari transport udara. Plastik-plastik yang terkena sinar UV atau plastik yang terdegradasi secara fisik akan terfragmentasi menjadi partikel yang lebih kecil, yaitu mikroplastik yang terlepas ke lingkungan (Bouwmeester *et al.*, 2015). Mikroplastik dapat terdegradasi menjadi serpihan-serpihan kecil akibat aktivitas manusia, termasuk pembakaran, lalu terbawa ke atmosfer dan menjadi kontaminan di sekitar daerah tersebut (Sarathana & Winijkul, 2022). Intan *et al.* (2020) juga menyatakan bahwa mikroplas-

tik tipe fiber berasal dari berbagai alat atau mesin yang berbahan plastik maupun hasil fragmentasi alat atau produk plastik yang digunakan selama proses produksi. Adanya fragmentasi plastik didukung oleh fakta bahwa industri tahu yang berada di sekitar wilayah tersebut memanfaatkan bahan bakar plastik yang berpotensi menghasilkan serpihan-serpihan plastik melalui proses degradasi secara fisika. Degradasi plastik secara fisika dapat terjadi karena beberapa hal, termasuk tekanan abrasif, pemanasan atau pendinginan, pembekuan atau pencairan, serta pengeringan maupun pembasahan. Di sentra industri ini, pembakaran plastiklah yang akhirnya mendegradasi plastik dan membawa partikel berukuran mikro melalui uap dan berpindah melalui berbagai habitat lingkungan yang berbeda (Klein et al., 2018). Jumlah tipe fiber yang sangat mendominasi juga didukung oleh fakta bahwa tipe ini termasuk mikroplastik yang paling banyak terdapat di atmosfer, sehingga memudahkan tipe tersebut untuk mengontaminasi produk yang berada di sekitarnya (Liebezeit & Liebezeit, 2013).

Tipe yang memiliki jumlah terbanyak setelah fiber adalah filamen. Mikroplastik tipe ini memiliki bentuk seperti lembaran tipis yang transparan. Mikroplastik tipe filamen dapat berasal dari aktivitas limbah yang berada di sekitar industri. Selain itu, mikroplastik tipe filamen juga dapat berasal dari partikel mikroplastik yang terlepas akibat pemakaian produk-produk berbahan plastik, seperti kantong plastik sekali pakai yang digunakan untuk membungkus kedelai sebagai bahan baku utama tahu, pipa paralon yang digunakan untuk mengalirkan air selama proses pembuatan tahu, dan bak yang digunakan untuk menampung air selama proses pembuatan tahu. Mikroplastik tipe filamen juga dapat berasal dari sisa-sisa pembakaran plastik yang digunakan sebagai bahan bakar di sentra industri tersebut, seperti *sachet* plastik. Sebagaimana yang dikemukakan oleh Phillips & Bonner (2015) bahwa mikroplas-

tik tipe filamen merupakan tipe mikroplastik yang berbentuk seperti utas yang tipis. Tipe filamen dapat berasal dari sisa limbah di sekitar industri, juga Sugandi *et al.* (2021) dan Intan *et al.* (2020) yang menyatakan bahwa tipe filamen dapat berasal dari degradasi botol, kaleng plastik, kantong atau *sachet* plastik, serpihan pipa, maupun gelas plastik sekali pakai. Menurut Liebezeit & Liebezeit (2014), mikroplastik yang ditemukan pada produk makanan dapat pula berasal dari kontaminasi udara. Salah satunya adalah emisi gas yang dapat mentransportasikan partikel-partikel dari beberapa sumber, seperti mesin, ruang, dan infiltrasi yang berasal dari udara yang terkontaminasi mikroplastik sebelumnya, terlebih lagi udara di industri tersebut yang memanfaatkan sampah plastik sebagai bahan bakar selama proses pembuatan tahu. Pernyataan tersebut juga diperkuat oleh Svedin (2020) yang menyatakan bahwa degradasi plastik menjadi mikroplastik dapat terjadi melalui degradasi secara termal, yaitu pemanasan dengan suhu tinggi. Plastik akan terdegradasi menjadi mikroplastik dan dapat melayang di atmosfer dan mengontaminasi lingkungan di sekitarnya.

Tipe mikroplastik yang ditemukan selanjutnya adalah fragmen. Mikroplastik tipe fragmen adalah tipe yang paling sedikit dijumpai pada tiap-tiap sampel di lokasi penelitian. Fragmen cenderung berbentuk serpihan yang tidak beraturan seperti pecahan plastik (2020). Secara umum, mikroplastik tipe fragmen berasal dari degradasi produk plastik yang berukuran besar, seperti botol minuman, toples makanan, serpihan galon, kemasan produk makanan cepat saji, mika, karung beras, maupun limbah plastik. Mikroplastik tipe fragmen bersifat lebih kaku dengan tepi yang tidak beraturan dan tajam. Tipe mikroplastik ini dapat mengontaminasi tahu karena adanya pemanfaatan produk berbahan dasar plastik dalam pembuatan tahu, mulai dari pengemasan kedelai sebagai bahan baku utama tahu yang memanfaatkan karung



Sumber: Data Primer Diolah, (2023)

**Gambar 3**

**Tipe Mikroplastik pada Tahu di Sentra Industri Tahu Desa Tropodo**

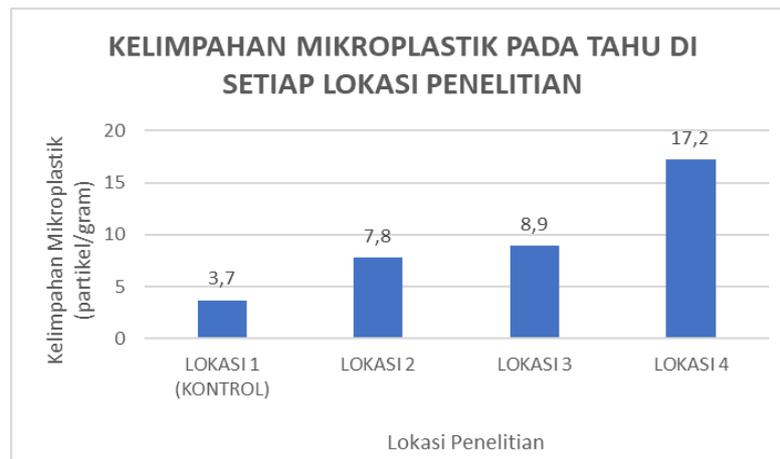
**a) Fiber, b) Filamen, c) Fragmen**

beras berbahan dasar plastik, bak plastik yang digunakan untuk menampung air selama proses pembuatan tahu, serta degradasi sampah plastik yang dibakar menjadi mikroplastik yang beterbangan di atmosfer. Degradasi tersebut dihasilkan oleh produk berbahan plastik yang digunakan sebagai bahan bakar selama proses pembuatan tahu. Mikroplastik yang ditemukan juga dapat dihasilkan oleh proses pembakaran plastik atau pelapukan plastik (*plastic weathering*) yang terjadi secara termal. Pernyataan tersebut sejalan dengan Amin *et al.* (2020) yang menyatakan bahwa mikroplastik tipe fragmen berasal dari degradasi plastik yang berukuran lebih besar, seperti makanan, mika, serpihan galon, karung beras, atau kemasan produk cepat saji. Liebezeit & Liebezeit (2013) juga menyatakan bahwa tipe mikroplastik fragmen dapat berasal dari kantong plastik yang digunakan pekerja dalam membungkus bahan baku utama produk. Fragmen dapat bersumber dari serpihan atau fragmentasi plastik oleh panas (termal atau suhu), asam, dan karbondioksida. Pada proses produksi tahu, fragmen dapat pula berasal dari hasil degradasi sampah plastik berukuran lebih besar yang terbakar dan terbang menjadi serpihan mikroplastik yang akhirnya mengontaminasi produk makanan di industri tersebut.

Nilai kelimpahan mikroplastik pada tahu di sentra industri tahu Desa Tropodo dan Desa Tempel, Kecamatan

Krian, Kabupaten Sidoarjo cenderung mengalami peningkatan pada setiap lokasi penelitian. Nilai kelimpahan tertinggi diperoleh Lokasi 4, yakni sebesar 17,2 partikel/gram, disusul oleh Lokasi 3 sebesar 8,9 partikel/gram, lalu Lokasi 2 sebesar 7,8 partikel/gram, dan terendah diperoleh Lokasi 1 sebesar 3,7 partikel/gram (Gambar 4.5). Nilai kelimpahan mikroplastik yang berbeda mengindikasikan adanya perbedaan jumlah dan tipe mikroplastik pada setiap lokasi penelitian. Nilai-nilai tersebut juga menunjukkan total mikroplastik yang ditemukan dalam 15 gram sampel tahu.

Nilai kelimpahan tertinggi diperoleh Lokasi 4 sebesar 17,2 partikel/gram. Tingginya nilai kelimpahan mikroplastik pada Lokasi 4 dapat disebabkan oleh tingginya jumlah dan tipe mikroplastik yang ditemukan di lokasi tersebut. Tingginya jumlah dan tipe mikroplastik yang ditemukan di lokasi keempat juga berkaitan erat dengan sumber kontaminasi yang lebih banyak, seperti variasi plastik yang digunakan sebagai bahan bakar, pemanfaatan produk dan teknologi berbahan dasar plastik yang lebih banyak, serta lokasi yang berbatasan langsung dengan tempat pembuangan sampah. Hal serupa dinyatakan oleh Widiastuti *et al.* (2021) bahwa perbedaan nilai kelimpahan mikroplastik yang ditemukan pada setiap stasiun penelitian dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti fragmentasi plastik oleh sinar UV atau panas, kegiatan atau aktivitas manusia



Sumber: Data Primer Diolah, (2023)

**Gambar 4**

#### Diagram Nilai Kelimpahan Mikroplastik pada Tahu di Setiap Lokasi Penelitian

yang berada di sekitar lingkungan tersebut, limbah yang berada di sekitar lokasi, serta karakteristik setiap lokasi penelitian. Lokasi yang memiliki kelimpahan tertinggi selanjutnya adalah Lokasi 3 (8,9 partikel/gram) dan Lokasi 2 (7,8 partikel/gram). Nilai kelimpahan mikroplastik pada kedua lokasi mengalami peningkatan dari lokasi kedua menuju lokasi ketiga. Hal ini disebabkan oleh perbedaan karakteristik kedua lokasi penelitian. Meskipun kedua lokasi memanfaatkan beberapa produk berbahan plastik yang kurang lebih sama, seperti kain yang digunakan sebagai saringan, bak untuk menampung air, pipa paralon, gayung plastik, karung beras yang digunakan sebagai wadah suplai kedelai, dan kantong plastik maupun kantong plastik bekas sebagai kemasan, Lokasi 2 merupakan sentra industri tahu yang masih memanfaatkan campuran kayu dan sampah plastik berupa *sachet* plastik sebagai bahan bakar, sehingga kontaminasi yang dihasilkan akibat plastik yang dibakar atau plastik yang terdegradasi secara termal cukup minim dibanding dengan lokasi ketiga, sedangkan Lokasi 3 adalah lokasi dengan bahan bakar *full* plastik, yakni *sachet* plastik yang berpotensi membawa kontaminan mikroplastik ke lingkungan sekitarnya. Degradasi plastik menjadi mikroplastik yang terjadi secara termal dipaparkan oleh Manzoor *et al.* (2022)

bahwa mikroplastik dapat terlepas ke lingkungan melalui degradasi termal yang dapat terjadi dimana saja. Degradasi termal terjadi melalui proses degradasi rantai plastik oleh sinar UV maupun panas. Degradasi termal dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya tekanan, suhu pemanasan, dan media reaksi. Degradasi termal pada plastik akan mengubah rantai polimer plastik yang panjang menjadi terpisah-pisah. Degradasi plastik dapat disebabkan oleh panas (degradasi termal maupun degradasi oksidatif), cahaya (fotodegradasi), oksigen (degradasi oksidatif), dan pelapukan (*weathering*).

Nilai kelimpahan terendah diperoleh Lokasi 1 yang merupakan lokasi kontrol. Lokasi tersebut tidak menggunakan bahan bakar sampah plastik selama proses pembuatan tahu. Meskipun demikian, tidak dapat dipungkiri bahwa masih terdapat mikroplastik yang ditemukan pada sampel tahu di lokasi pertama. Hal ini diduga disebabkan oleh pemanfaatan produk plastik di lokasi tersebut. Lokasi tersebut memanfaatkan produk plastik berupa kain sebagai saringan tahu, karung beras untuk menyuplai kedelai, kantong plastik untuk mengemas tahu, pipa paralon yang berpotensi menghasilkan serpihan plastik, dan bak plastik untuk menampung air yang digunakan selama proses pembuatan tahu. Selain itu, konta-

minasi mikroplastik juga dapat berasal dari air yang digunakan selama proses pembuatan tahu yang terkontaminasi mikroplastik sebelumnya. Hal ini sebagaimana yang dikemukakan oleh Kutralam-Muniasamy *et al.* -(2020) bahwa kontaminasi mikroplastik pada produk olahan pabrik dapat disebabkan oleh penambahan air yang digunakan selama proses produksi. Air itu menjadi sumber utama kontaminasi dari eksternal. Kontaminasi mikroplastik yang ada pada produk olahan industri tersebut juga dapat berasal dari kain *filter* atau saringan yang digunakan selama proses produksi. Kain tersebut dapat melepaskan partikel mikroplastik ke produk karena pemakaian terus-menerus dan kualitas kain filtrasi yang kian memburuk. Kain yang digunakan sebagai saringan juga berpotensi melepas partikel mikroplastik ke produk karena ukuran porinya yang besar (Kumar *et al.*, 2013; Thorning *et al.*, 2016). Kutralam-Muniasamy *et al.* -(2020) menambahkan bahwa mikroplastik yang ada pada produk juga dapat berasal dari lingkungan sekitarnya, proses produksi yang memanfaatkan bahan plastik, serta kontaminasi oleh air yang dialirkan melalui pipa yang berbahan *polyethylene* (PE) atau *polyvinylchloride* (PVC). Tidak hanya itu, kontaminasi mikroplastik juga dihasilkan oleh kemasan berbahan plastik, seperti kantong plastik, apron, sarung tangan, peralatan, maupun alat berbahan plastik yang lain.

### SIMPULAN

Penelitian yang dilakukan pada tahu di sentra industri tahu Desa Tropodo, Kecamatan Krian, Kabupaten Sidoarjo menunjukkan bahwa tipe mikroplastik yang ditemukan pada tahu di sentra industri tahu tersebut adalah fiber, filamen, dan fragmen. Tipe mikroplastik yang mendominasi sampel tersebut adalah fiber sebanyak 489 partikel/gram, disusul oleh filamen sebanyak 71 partikel/gram, dan fragmen sebanyak 5 partikel/gram. Nilai kelimpahan mikroplastik tertinggi diperoleh lokasi 4

sebesar 17,2 partikel/gram, disusul oleh lokasi 3 sebesar 8,9 partikel/gram, lokasi 2 sebesar 7,8 partikel/gram, dan terendah pada lokasi 1, yakni 3,7 partikel/gram. Guna menyempurnakan penelitian, dibutuhkan penelitian lebih lanjut FTIR guna mengetahui jenis polimer dalam sampel.

### DAFTAR PUSTAKA

- Alfian, R., & Phelia, A. (2021). Evaluasi Efektifitas Sistem Pengangkutan dan Pengelolaan Sampah di TPA Sarimukti Kota Bandung. *Journal of Infrastructural in Civil Engineering*, 2(1),16-22.<https://doi.org/10.33365/jice.v2i01.1084>
- Amin, B., Galib, M., & Setiawan, F. (2020). Preliminary Investigation on the Type and Distribution of Microplastics in the West Coast of Karimun Besar Island. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 430. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/430/1/012011/meta>
- Azizah, P., Ridlo, A., & Suryono, C. A. (2020). Mikroplastik pada Sedimen di Pantai Kartini Kabupaten Jepara Jawa Tengah. *Journal of Marine Research*, 9(3), 326-332. <https://doi.org/10.14710/jmr.v9i3.28197>
- Bouwmeester, H., Hollman, P. C., & Peters, R. J. (2015). Potential Health Impact of Environmentally Released Micro- and Nanoplastics in the Human Food Production Chain: Experiences from Nanotoxicology. *Environmental Science & Technology*, 49(15), 8932-8947.<https://doi.org/10.1021/acs.est.5b01090>
- Choudhury, A., Sarmah, R., Bhagabat, S. K., Dutta, R., Baishya, S., Borah, S., Pokhrel, H., Mudoi, L. P., Sainary, B., & Borah, K. (2018). Microplastic Pollution: An Emerging Environmental Issue Sustainable Management of Floodplain Wetlands for Enhanced Fishery and Livelihood View Project NEH Component of ICAR-CIFRI View Project Micro-

- plastic Pollution: An Emerging Environmental Issue. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 6(6), 340–344. <https://www.entomoljournal.com/archives/2018/vol6issue6/PartF/6-5-336-821.pdf>
- Estikomah, S. A. (2019). Aspek Hukum Import Sampah Plastik. *Bestuur*, 7(2), 106–113. <https://doi.org/10.20961/bestuur.v7i2.40439>
- Fathulloh, M. Z., Minanurrohman, M. R., & Mahmudah, R. (2021). Identifikasi Mikroplastik di Udara: Upaya Penanggulangan False Solution Plastic Management. *Environmental Pollution Journal*, 1(3), 208–216. <https://doi.org/10.58954/epj.v1i3.66>
- Fournier, E., Etienne-Mesmin, L., Grootaert, C., Jelsbak, L., Syberg, K., Blanquet-Diot, S., & Mercier-Bonin, M. (2021). Microplastics in the Human Digestive Environment: A Focus on the Potential and Challenges Facing in Vitro Gut Model Development. *Journal of Hazardous Materials*, 415(8). <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.125632>
- Garrido Gamarro, E., & Constanzo, V. (2022). Microplastics in Food Commodities -- A Food Safety Review on Human Exposure Through Dietary Sources. In *Food Safety and Quality Series*. <https://doi.org/10.4060/cc2392en>
- Hamzah, S., & Multazam, M. T. (2019). Contradictions of Transnational Trash Trade Regulations in Indonesia. *Indonesian Journal of Law and Economics Review*, 5(11). <https://ijler.umsida.ac.id/index.php/ijler/article/view/688>
- Intan, B., Dipareza, S. A., Rahmat, S., Jheng-Jie, J., Rizki, N. N., Fadli, A. A., Rachmat, B., Joni, H., & Muhamad, N. (2020). An Occupant-Based Overview of Microplastics in Indoor Environments in the City of Surabaya, Indonesia. *Journal of Ecological Engineering*, 21(8), 236–242. <http://dx.doi.org/10.12911/22998993/126876>
- Isyryn, M. (2020). Analisis Dampak Impor Sampah Plastik Terhadap Masyarakat dan Lingkungan Hidup di Indonesia. *Jurnal Unisia*.
- Kedzierski, M., Lechat, B., Sire, O., Maguer, G. Le, Tilly, V. Le, & Bruzard, S. (2020). Microplastic Contamination of Packaged Meat: Occurrence and Associated Risks. *Food Packaging and Shelf Life*, 24(6). <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2020.100489>
- Klein, S., Dimzon, I. K., Eubeler, J., & Knepper, T. P. (2018). Analysis, Occurrence, and Degradation of Microplastics in the Aqueous Environment. *Freshwater Microplastics*, 58, 51–67. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-61615-5\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-319-61615-5_3)
- Kumar, P., Sharma, N., Ranjan, R., Kumar, S., Bhat, Z. F., & Jeong, D. K. (2013). Perspective of Membrane Technology in Dairy Industry: A Review. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 26(9), 1347–1358. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*
- Kusdiarmono, A. Y. (2016). Faktor-faktor yang Mempengaruhi Eksistensi Industri Tahu pada Lingkungan Industri Kecil (LIK) di Desa Tropodo Kecamatan Krian Kabupaten Sidoarjo. *Swara Bhumi*, 1(1), 83–96. <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/swara-bhumi/article/view/13939>
- Kutralam-Muniasamy, G., Pérez-Guevara, F., Elizalde-Martínez, I., & Shruti, V. C. (2020). Branded Milks – Are They Immune from Microplastics Contamination? *Science of the Total Environment*, 714. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.136823>
- Kwon, J.-H., Kim, J.-W., Pham, T. D., Tarafdar, A., Hong, S., Chun, S.-H., Lee, S.-H., Kang, D.-Y., Kim, J.-Y., Kim, S.-B., & Jung, J. (2020). Microplastics in Food: A Review on Analytical Methods and Challenges. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(18), 1–23

- <https://doi.org/10.3390/ijerph17186710>
- Lassen, C., Hansen, S. F., Magnusson, K., Hartmann, N. B., Jensen, P. R., Nielsen, T. G., & Brinch, A. (2015). Microplastics Occurrence, Effects and Sources of Releases to the Environment in Denmark. In *The Danish Environmental Protection Agency*. <https://orbit.dtu.dk/en/publications/microplastics-occurrence-effects-and-sources-of-releases-to-the-e>
- Li, J., Yang, D., Li, L., Jabeen, K., & Shi, H. (2015). Microplastics in Commercial Bivalves from China. *Environmental Pollution*, 207, 190–195. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2015.09.018>
- Liebezeit, G., & Liebezeit, E. (2013). Non-pollen Particulates in Honey and Sugar. *Food Additives and Contaminants - Part A*, 30(12), 2136–2140. <https://doi.org/10.1080/19440049.2013.843025>
- Liebezeit, G., & Liebezeit, E. (2014). Synthetic Particles as Contaminants in German Beers. *Food Additives and Contaminants - Part A*, 31(9), 1574–1578. <https://doi.org/10.1080/19440049.2014.945099>
- Lusher, A. L., Munno, K., Hermabessiere, L., & Carr, S. (2020). Isolation and Extraction of Microplastics from Environmental Samples: An Evaluation of Practical Approaches and Recommendations for Further Harmonization. *Applied Spectroscopy*, 74(9), 1049–1065. <https://doi.org/10.1177/0003702820938993>
- Manzoor, S., Naqash, N., Rashid, G., & Singh, R. (2022). Plastic Material Degradation and Formation of Microplastic in the Environment: A Review. *Materials Today: Proceedings*, 56, 3254–3260. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.09.379>
- Nguyen, B., Claveau-Mallet, D., Hernandez, L. M., Xu, E. G., Farnier, J. M., & Tufenkji, N. (2019). Separation and Analysis of Microplastics and Nanoplastics in Complex Environmental Samples. *Accounts of Chemical Research*, 52(4), 858–866. <https://doi.org/10.1021/acs.accounts.8b00602>
- Nilamsari, S., & Putri, A. R. (2022). Hubungan Lingkungan Fisik Tempat Tinggal dengan Kasus Pneumonia pada Anak Balita di Desa Tropodo. *MPPKI - Media Publikasi Promosi Kesehatan Indonesia*, 5(10), 1288–1295. <https://doi.org/10.56338/mppki.v5i10.2738>
- Northcott, M. S. (2020). Rubbish, Recycling and Religion: Indonesia's Plastic Waste Crisis and the Case of Rumah Kompos in Ubud, Bali. *International Journal of Interreligious and Intercultural Studies (IJIIS)*, 3(1), 1–9. <https://doi.org/10.32795/ijjis.vol3.iss1.2020.680>
- Novaradila, G., Ali, Y. I., Astin, L. A., Aryani, M. I., & Purwanto, A. M. D. C. (2020). Ancaman Sampah Impor bagi Keamanan Manusia: Studi Kasus Desa Bangun dan Tropodo 2018-2019. *Global and Policy Journal of International Relations*, 8(2). <https://doi.org/10.33005/jgp.v8i02.2415>
- O'Brien, S., Rauert, C., Ribeiro, F., Okoffo, E. D., Burrows, S. D., O'Brien, J. W., Wang, X., Wright, S. L., & Thomas, K. V. (2023). There's Something in the Air: A Review of Sources, Prevalence and Behaviour of Microplastics in the Atmosphere. *Science of The Total Environment*, 874(5). <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.162193>
- Osorio, E. D., Tanchuling, M. A. N., & Diola, M. B. L. D. (2021). Microplastics Occurrence in Surface Waters and Sediments in Five River Mouths of Manila Bay. *Frontiers in Environmental Science*, 9. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2021.719274>
- Phillips, M. B., & Bonner, T. H. (2015). Occurrence and Amount of Microplastic Ingested by Fishes In Watersheds of the Gulf of Mexico.

- Pollution Bulletin*, 100(1), 264–269. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.08.041>
- Pramesti, M. R., & Wahyudi, F. E. (2020). Analisis Perubahan Kebijakan Impor Skrap Plastik Indonesia dari Negara-negara. *Journal of International Relations*, 6(4), 629–638. <https://doi.org/10.14710/jirud.v6i4.28838>
- Puspita, D., Nugroho, P., & Suprapti, S. (2022). Science, Technology and Management Journal Identifikasi Cemaran Mikroplastik pada Jajanan Anak Sekolah di Kota Salatiga. *Science Technology and Management Journal*, 2(1), 7–12. <https://doi.org/10.53416/stmj.v2i1.47>
- Rahmawati, A. F., Amin, Rasminto, & Syamsu, F. D. (2021). Analisis Pengelolaan Sampah Berkelanjutan pada Wilayah Perkotaan di Indonesia. *Jurnal Binagogik*, 8(1), 1–12. <https://doi.org/10.61290/pgsd.v8i1.289>
- Sarathana, D., & Winijkul, E. (2022). Concentrations of Airborne Microplastics during the Dry Season at Five Locations in Bangkok Metropolitan Region, Thailand. *Atmosphere*, 14(1), 28. <https://doi.org/10.3390/atmos14010028>
- Sarungallo, Z. L. (2021). *Inovasi Teknologi Pangan Menuju Indonesia Emas* [Laporan Penelitian Dosen, Universitas PGRI Adi Buana]. <http://repository.unipa.ac.id/xmlui/handle/123456789/1338#>
- Schwabl, P., Koppel, S., Konigshofer, P., Bucsecs, T., Trauner, M., Reiberger, T., & Liebmann, B. (2019). Detection of Various Microplastics in Human Stool: A Prospective Case Series. *Annals of Internal Medicine*, 171(7), 453–457. <https://doi.org/10.7326/M19-0618>
- Shafira, A. R., Wibawa, S., & Aditiany, S. (2022). Ancaman Impor Sampah Ilegal Terhadap Keamanan Lingkungan di Indonesia, 2016-2019. *Padjadjaran Journal of International Relations*, 4(1), 1–19. <https://doi.org/10.24198/padjir.v4i1.32458>
- Sonia, V., & Sunyowati, D. (2020). The State Liability of Plastic Waste Dumping in Indonesia. *Utopia y Praxis Latinoamericana*, 25(1), 493–505. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3784901>
- Sugandi, D., Agustawan, D., Febriyanti, S. V., Yudi, Y., & Wahyuni, N. (2021). Identifikasi Jenis Mikroplastik dan Logam Berat di Air Sungai Kapuas Kota Pontianak. *Positron*, 11(2), 112–120. <https://dx.doi.org/10.26418/positron.v11i2.49355>
- Suhardjono, L., Oscario, A., Luzar, L., & Sriherlambang, B. (2021). Overcoming Plastic Waste Problem in Indonesia: Case Study in the Art History Class. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 729. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/729/1/012106/meta>
- Svedin, J. (2020). Photodegradation of Macroplastics to Microplastics a Laboratory Study on Common Litter Found in Urban Areas. *Digitala Vetenskapliga Arkivet*, 37. <https://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A1462307&dsid=4197>
- Tanaka, K., & Takada, H. (2016). Microplastic Fragments and Microbeads in Digestive Tracts of Planktivorous Fish from Urban Coastal Waters. *Scientific Reports*, 6(1). <https://doi.org/10.1038/srep34351>
- Thorning, T. K., Raben, A., Tholstrup, T., Soedamah-Muthu, S. S., Givens, I., & Astrup, A. (2016). Milk and Dairy Products: Good or Bad for Human Health? An Assessment of the Totality of Scientific Evidence. *Food and Nutrition Sciences*, 60(1). <https://doi.org/10.3402/fnr.v60.32527>
- Tokhun, N., & Somparn, A. (2020). Microplastic Contaminations in Buffet Food from Local Market.

- Naresuan University Journal: Science and Technology (NUJST), 28(4), 13–20. <https://doi.org/10.14456/nujst.2020.32>
- Utami, F. R. N., Ferichani, M., & Barokah, U. (2019). Analisis Usaha Industri Tahu Skala Rumah Tangga di Kecamatan Kartasura Kabupaten Sukoharjo. *Journal Agriecobis Journal of Agricultural Socioeconomics and Business*, 2 ( 2 ) , 1 0 – 2 0 . <https://doi.org/10.22219/agriecobis.Vol2.No2.10-20>
- Virdausya, S., Balafif, M., & Imamah, N. (2020). Dampak Eksternalitas Industri Tahu Terhadap Pendapatan Desa Tropodo Kecamatan Krian Kabupaten Sidoarjo. *Bharanomics*, 1 ( 1 ) , 1 – 8 . <https://doi.org/10.46821/bharanomics.v1i1.11>
- Widiastuti, I. M., Serdiati, N., & Tahya, A. M. (2021). Study of Microplastic Sediment Abundance in Palu Bay, Central Sulawesi, Indonesia. *AACL Bioflux*, 14 ( 5 ) , 2 8 5 7 – 2 8 6 5 . <http://www.bioflux.com.ro/docs/2021.2857-2865.pdf>
- Yang, D., Shi, H., Li, L., Li, J., Jabeen, K., & K o l a n d h a s a m y , P . ( 2 0 1 5 ) . Microplastic Pollution in Table Salts from China. *Environmental Science and Technology*, 49(22), 13622–13627. <https://doi.org/10.1021/acs.est.5b03163>
- Yona, D., Zahran, M. F., Fuad, M. A. Z., & Prananto, Y. P. (2021). *Mikroplastik di Perairan: Jenis, Metode Sampling, dan Analisis Laboratorium*. Malang: UB Press.