



PFAS DALAM BEBERAPA PRODUK DI INDONESIA

Mei 2023



Ucapan Terima Kasih

Pada kesempatan ini kami ucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah berperan penting dalam menyusun dan membentuk penelitian ini.

Laporan ini menyajikan data baru kandungan PFAS yang ditemukan pada produk di Indonesia. Laporan ini juga merekomendasikan tindakan yang harus diambil oleh berbagai pemangku kepentingan untuk melindungi masyarakat dari paparan PFAS.



Nexus for Environmental, Health and Development Foundation atau Nexus3 Foundation (sebelumnya dikenal sebagai BaliFokus Foundation), bekerja untuk melindungi masyarakat, terutama populasi yang rentan, dari dampak pembangunan terhadap kesehatan dan lingkungan mereka, untuk mewujudkan masyarakat yang berkeadilan, bebas racun, dan masa depan yang berkelanjutan.

www.nexus3foundation.org



IPEN adalah jaringan LSM internasional organisasi kesehatan dan lingkungan dari seluruh wilayah di dunia di mana Nexus3 berpartisipasi. IPEN adalah organisasi global terkemuka yang bekerja untuk menetapkan dan menerapkan kebijakan dan penanganan kimia yang aman untuk melindungi kesehatan manusia dan lingkungan. Misinya adalah masa depan bebas racun untuk semua. IPEN membantu membangun kapasitas organisasi anggotanya untuk melaksanakan kegiatan di lapangan, belajar dari kegiatan satu sama lain, dan bekerja di tingkat internasional untuk mendorong serta mewujudkan prioritas dan mencapai kebijakan baru.

www.ipen.org

Nexus3 dan IPEN mengucapkan terima kasih atas dukungan keuangan yang diberikan oleh Pemerintah Jerman, Pemerintah Swedia, dan donor lain yang memungkinkan penerbitan laporan ini. Pandangan dan interpretasi yang diungkapkan dalam laporan ini tidak mencerminkan pendapat resmi dari lembaga mana pun yang memberikan dukungan keuangan. Tanggung jawab atas konten sepenuhnya berada pada Nexus3 dan IPEN.

Laporan ini disusun oleh:

Yuyun Ismawati
Joseph DiGangi
Anantika Anissa
Mochamad Adi Septiono
Jitka Straková

Dengan kontribusi dari:

Sara Brosché
Krishna Zaki

Daftar Singkatan

AFFF	Aqueous Film Forming Foam	PFHxA	Perfluorohexanoic acid
BPOM	Badan Pengawas Obat dan Makanan	PFNA	Perfluorononanoic acid
BPPT	Badan Pengembangan dan Pengkajian Teknologi	PFOA	Perfluorooctanoic acid
BSN	Badan Standardisasi Nasional	PFuDA	Perfluoroundecanoic acid
EC	<i>European Commission</i>	PFOS	Perfluorooctane sulfonate
EU	<i>European Union</i>	PFPeA	Perfluoropentanoic acid
HA	<i>Health Advisory</i>	PFTeDA	Perfluorotetradecanoic acid
KLHK	Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan	PFTrDA	Perfluorotridecanoic acid
LOQ	<i>Limit of Quantitation</i> adalah istilah yang digunakan untuk menggambarkan konsentrasi hasil pengukuran yang dapat diabaikan yang mampu diukur secara handal lewat prosedur analitik	6:2 FTOH	6:2 Fluorotelomer alcohol
PFASs	Per- and polyfluoroalkyl substances	8:2 FTOH	8:2 Fluorotelomer alcohol
PFBA	Perfluorobutanoic acid	6:2 diPAP	6:2/6:2 Fluorotelomer phosphate diester
PFDA	Perfluorodecanoic acid	6:2 8:2 diPAP	6:2/8:2 Fluorotelomer phosphate diester
PFDoA	Perfluorododecanoic acid	POPs	<i>Persistent Organic Pollutants</i>
PFHpA	Perfluoroheptanoic acid	US EPA	<i>United States Environmental Protection Agency</i>



Daftar Isi

1.	Latar belakang	8
1.1.	Latar belakang PFAS atau “Forever Chemicals”	8
1.2.	Dampak Kesehatan akibat paparan PFAS	8
1.3.	Penggunaan PFAS dalam produk	11
1.3.1.	Paparan kepada manusia selama penggunaan produk yang mengandung PFAS.....	11
1.3.2.	Bahan kontak makanan melepaskan PFAS ke dalam makanan.....	12
1.3.3.	Tekstil melepaskan PFAS ke lingkungan	12
1.3.4.	Akhir masa pakai produk yang mengandung PFAS: ancaman bagi masyarakat dan lingkungan.....	13
1.4.	Kerangka regulasi	14
1.4.1.	Perjanjian internasional mencakup beberapa PFAS	14
1.4.2.	Kerangka regulasi di Uni Eropa	14
1.4.3.	Kerangka regulasi di Amerika Serikat	15
1.4.4.	Kerangka regulasi di Indonesia.....	15
2.	Metodologi	18
2.1.	Pengumpulan sampel	18
2.2.	Metode Analisis	20
3.	Hasil	21
3.1.	Temuan PFAS pada sampel dari Indonesia	22
3.1.1.	Sampel kertas dari Indonesia	23
3.1.2.	Sampel tekstil dari Indonesia	25
3.2.	PFAS pada kantong popcorn microwaves di Indonesia dan Amerika Serikat	26
3.3.	Kesimpulan	30
3.3.1.	Temuan keseluruhan	30
3.3.2.	Senyawa PFAS yang teridentifikasi.....	30
3.3.3.	Temuan PFAS dalam sampel dari Indonesia	30
4.	Pembahasan	32
4.1.	PFAS pada kantong popcorn microwave dan kemasan kertas	32
4.1.1.	DiPAPs, 6:2 FTOHs, dan PFCAs dalam kantong popcorn.....	32
4.1.2.	Perbandingan temuan DiPAP, 6:2 FTOH dan PFCA dengan studi lainnya	33
4.1.3.	<i>Jolly Time</i> menyesatkan konsumen.....	33
4.1.4.	Ketersediaan alternatif dan perusahaan tanpa PFAS.....	34
4.2.	PFAS dalam produk tekstil	35
4.2.1.	Prekursor PFOA dan PFOA yang dilarang secara global ditemukan dalam produk tekstil dari Indonesia	36
4.2.2.	PFAS teridentifikasi di baju anak dan perempuan	36
4.2.3.	Kandungan PFAS dalam pakaian dari penelitian lain.....	37
4.2.4.	Tersedianya alternatif untuk tekstil tahan air tanpa PFAS	38
4.3.	PFAS dalam karet remah	38
4.3.1.	PFAS dari rumput sintetis dapat berdampak pada kesehatan anak-anak	38
4.3.2.	Produksi karet remah dapat meningkatkan paparan PFAS ke lingkungan	39
4.4.	Mengatur PFAS sebagai kelas	39
5.	Kesimpulan dan Rekomendasi	41
	Lampiran A: Batas kuantitasi atau LOQ PFAS yang dianalisis	44
	Lampiran B: Daftar sampel	47
	Lampiran C: Konsentrasi PFAS dalam sampel yang diuji	55
	Lampiran D: PFAS konsentrasi area (densitas)	58
	Referensi	61



Ringkasan Eksekutif

PFAS (zat Per- dan polifluoroalkil) atau “*Forever Chemicals*” menjadi masalah lingkungan dan kesehatan karena sangat persisten dan berdampak negatif pada kesehatan manusia. Bahan kimia PFAS banyak digunakan sebagai aditif tahan air dan minyak dalam berbagai produk. Manusia terpajan PFAS melalui makanan, air minum, produk perawatan pribadi dan berbagai produk yang dikonsumsi.

PFAS bertahan di dalam tubuh, terutama terdeteksi di darah, hati, ASI, dan ginjal. Penelitian pada hewan menemukan bahwa jenis PFAS tertentu dapat menyebabkan gangguan reproduksi dan perkembangan; hati dan ginjal, dan efek imunologi; efek pada berat lahir, pertumbuhan, pembelajaran, perilaku, dan kehamilan; serta efek pada sistem endokrin, seperti peningkatan kolesterol, dan perubahan fungsi tiroid. Salah satu studi menunjukkan hubungan positif dengan kanker ginjal dan testis pada populasi yang tinggal di dekat pabrik kimia yang melepas bahan kimia PFAS, terutama Asam perfluorooctanoic (PFOA).

Kantong popcorn microwave yang mengandung PFAS telah terbukti menjadi sumber PFAS dalam tubuh. PFAS yang terkandung di bagian dalam kantong popcorn microwave bermigrasi ke dalam minyak atau lemak, membuatnya tersedia dan mudah untuk dicerna. Sebuah studi tahun 2019 tentang pajanan PFAS pada manusia menemukan bahwa konsumsi popcorn microwave dikaitkan dengan tingkat PFAS yang jauh lebih tinggi dalam darah. Studi ini juga menunjukkan bahwa PFAS dalam pakaian dan tekstil lainnya dilepaskan ke lingkungan selama penggunaan dan pencucian.

Alternatif yang lebih aman telah tersedia di pasar untuk pengganti PFAS dalam produk tekstil dan kemasan kertas. Bahan kimia berbasis parafin dan silikon adalah pengganti PFAS yang memberikan daya tolak air. Alternatif non-kimia untuk tekstil termasuk kain tenun yang rapat dan terbuat dari bahan nabati. Untuk kemasan kertas, kertas berkepadatan tinggi menjadi alternatif bebas florida, yang dapat mencegah perembesan minyak dalam kemasan makanan.

Studi PFAS ini dilakukan dari tahun 2019 hingga 2022 dan merupakan tindak lanjut dari Laporan *PFAS Country Situation Report of Indonesia (2019)*¹ yang mendokumentasikan penggunaan, pembuangan, serta potensi dampak PFAS di Indonesia. Untuk studi ini kami menganalisis 48 produk, menguji setiap produk untuk PFAS *congeners* di laboratorium terakreditasi di Republik Ceko hingga 56 PFAS *congeners*.

Dalam laporan ini, tiga puluh tujuh produk dibeli di Indonesia, termasuk:

- Tiga belas sampel pakaian dan produk tekstil umum,
- Delapan belas sampel kantong popcorn microwave,

- Empat sampel kemasan makanan berbasis kertas,
- Satu sampel kertas termal, dan
- Satu sampel karet remah.

Sebagai perbandingan, sebelas kantong popcorn microwave merek AS yang beredar di pasar Indonesia juga dibeli di AS dan diikutsertakan dalam survei. Data PFAS dalam kantong popcorn microwave dari Indonesia dan AS telah dipublikasikan dalam laporan Nexus3-IPEN “Bahaya Beracun dalam Popcorn Microwave”² pada Maret 2023.

Kami menemukan bukti penggunaan PFAS dalam sebagian besar produk yang dianalisis. Secara keseluruhan, dari 48 produk, 45 sampel atau 93,75%, dinyatakan positif mengandung satu atau lebih jenis PFAS. PFAS yang diidentifikasi dalam produk dikaitkan dengan risiko kesehatan yang parah. Mereka termasuk PFOA, yang telah terdaftar untuk eliminasi global berdasarkan Konvensi Stockholm.

TEMUAN UTAMA STUDI INI

- 34 dari 37 (**91%**) sampel yang dibeli di pasar Indonesia dinyatakan positif mengandung PFAS, termasuk:
 - 11 dari 13 (**84,6%**) sampel tekstil,
 - 22 dari 23 (**95,6%**) sampel kertas, termasuk 18 kantong popcorn microwave, dan
 - Satu sampel karet remah.
- Mayoritas sampel dari Indonesia, 23 dari 37 (62%) melebihi batas yang diusulkan yaitu 25 ppb untuk setiap jenis PFAS di Uni Eropa (UE).
- Semua kantong popcorn microwave (Jolly Time, Preferred dan ACT II) yang dibeli di pasar Indonesia dinyatakan positif mengandung PFAS pada konsentrasi yang melebihi batas yang diusulkan di UE.
- Semua kantong popcorn microwave (Jolly Time, Preferred, dan Cousin Willie’s) yang dibeli di pasar AS dinyatakan positif mengandung PFAS pada konsentrasi yang melebihi batas yang diusulkan di UE.
- Sampel awal yang dibeli dianalisis untuk 30 jenis PFAS, sedangkan sampel yang dibeli dan diuji kemudian dianalisis hingga 56 jenis PFAS.
- 22 jenis PFAS (**PFBA, PFPeA, PFHxA, PFHpA, PFOA, PFNA, PFDA, PFUdA, PFDoA, PFTrDA, PFTeDA, PFHxDA, PFOA, 6:2 FTOH (FHET), 8:2 FTOH, 12:2 FTOH, 6:2 diPAP, 8:2 diPAP, 6:2 8:2 diPAP, 6:2 FTS, 6:2 monoPAP dan 8:2 monoPAP**) diidentifikasi dalam produk yang dianalisis.
- Konsentrasi PFAS tertinggi (**6:2 diPAP dengan 30.178 ng/g**) ditemukan pada produk tekstil berupa hijab tahan air yang dibeli di Indonesia.
- Konsentrasi PFAS tertinggi (**6:2 diPAP dengan 2.043 ng/g**) ditemukan pada produk kertas kemasan makanan berupa kantong popcorn microwave yang diimpor dari AS.
- Sampel kantong popcorn microwave dari pasar Indonesia dan AS mengandung **6:2 FTOH, PFHxA, dan PFBA**.
- Jenis PFAS yang paling sering terdeteksi adalah **6:2 FTOH, PFHxA, PFBA, PFHpA, 6:2 diPAP, dan PFOA**.

REKOMENDASI

Penggunaan PFAS dalam kemasan makanan sekali pakai dan pakaian merupakan sumber pencemaran lingkungan yang tidak diinginkan dan paparan racun yang berulang kepada konsumen. Untuk mengatasi masalah PFAS, Nexus3 Foundation dan IPEN mengajukan rekomendasi sebagai berikut:

Untuk Pemerintah Indonesia sebagai Pihak Konvensi Stockholm dan Basel:

- Bekerja untuk pendekatan berbasis kelas untuk mendaftarkan semua PFAS untuk penghapusan global di bawah Konvensi Stockholm.
- Definisikan semua limbah yang terkontaminasi PFAS sebagai limbah berbahaya berdasarkan karakteristik H11 (toksisitas tertunda atau kronis).
- Bekerja untuk batas limbah PFAS (“tingkat kandungan POP rendah”) tidak lebih dari 0,025 mg/kg untuk PFOS, PFOA atau PFHxS dan garamnya, serta 10 mg/kg untuk total PFOS, PFOA, PFHxS dan senyawa terkaitnya.
- Promosikan penggantian PFAS dengan alternatif yang aman.

Untuk Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan:

- Melaksanakan amandemen Konvensi Stockholm dengan cara mencantumkan PFOA, PFOS, dan PFHxS dalam peraturan nasional dan mendukung penghapusan semua pengecualian dan tujuan yang dapat diterima.
- Melarang kelompok PFAS dan turunannya, termasuk menerapkan larangan Konvensi Stockholm untuk PFOS, PFOA, dan PFHxS.
- Memperbaharui Rencana Implementasi Nasional Konvensi Stockholm di Indonesia.
- Pantau senyawa PFAS di lingkungan.
- Menambahkan kelompok PFAS dan turunannya ke daftar bahan berbahaya dan beracun.
- Menentukan standar perlindungan kesehatan untuk kandungan PFAS dalam air minum dan lingkungan.
- Membuat rencana aksi untuk mengelola limbah yang mengandung PFAS.

Untuk Badan Pengawasan Obat dan Makanan:

- Melarang penjualan dan impor bahan kontak makanan yang diolah dengan PFAS (misal popcorn kemasan yang dapat dipanaskan dengan microwave).
- Melarang penggunaan PFAS dalam bahan dan kemasan yang bersentuhan dengan makanan di Indonesia.

Untuk Kementerian Perdagangan:

- Melarang pembuatan dan impor barang konsumsi yang mengandung PFAS, antara lain peralatan dapur, kemasan makanan, tekstil, dan produk tekstil, serta mainan.
- Produsen wajib memberikan informasi terkait PFAS pada produk yang dijual di Indonesia.

Untuk Kementerian Perindustrian:

- Melarang kelompok PFAS dan turunannya, termasuk penggunaannya dalam industri tekstil, produk tekstil, busa pemadam kebakaran (AFFF), kertas, dan elektronik.
- Produsen wajib memberikan informasi terkait PFAS pada produk yang diproduksi di Indonesia.

Untuk Kementerian Pertanian:

- Melarang kelompok PFAS dan turunannya digunakan sebagai bahan aditif aktif atau inert untuk pestisida.

Untuk Kementerian Kesehatan:

- Melakukan biomonitoring manusia terkait kesehatan kerja di sektor kertas, tekstil, pemadam kebakaran, dan industri lain yang berpotensi menggunakan PFAS dalam prosesnya.
- Menentukan standar perlindungan kesehatan untuk kandungan PFAS dalam air minum, makanan, dan biomarker manusia.

Untuk Badan Standardisasi Nasional (BSN):

- Menentukan standar perlindungan kesehatan untuk kandungan PFAS dalam produk, air minum, makanan, dan lingkungan.

Untuk Industri:

- Hentikan penggunaan PFAS pada produk baru dan informasikan PFAS pada produk yang sudah ada dengan tanda/label/ikon peringatan yang jelas pada produk.
- Perusahaan yang telah beralih ke alternatif bebas fluor harus mendapatkan sertifikasi produk mereka melalui prosedur verifikasi pihak ketiga yang independen untuk meningkatkan kemampuan pelanggan memilih produk tanpa tambahan PFAS.

Untuk kelompok kesehatan masyarakat, organisasi konsumen, dan entitas terkait lainnya:

- Mendukung penghapusan PFAS dan melakukan kegiatan untuk menginformasikan kepada publik tentang paparan PFAS.

Untuk semua pemangku kepentingan:

- Bersama-sama dan bersatu dalam menyadarkan publik tentang polusi dan bahaya tersembunyi yang ditimbulkan oleh zat PFAS dan mendukung serta menerapkan kebijakan yang kuat untuk menghapuskan PFAS di Indonesia.



Tabel 1. PFAS dalam sampel yang diuji

Kode sampel	Tipe produk	Negara Pembelian	Gelombang/ Tahun	Jenis PFAS Terdeteksi
IDN-TX-01	Hijab anti air	Indonesia	1/2019	PFBA, PFHxA, PFHpA, PFOA, PFNA, PFDA, PFDoA, PFTeDA
IDN-TX-02	Kemeja tahan air	Indonesia	1/2019	PFPeA, PFHxA, PFHpA, PFOA, PFDA, PFDoA
IDN-TX-03	Kemeja anak tahan air	Indonesia	1/2019	PFOA
IDN-TX-04	Kaos anak tahan air	Indonesia	1/2019	PFBA, PFPeA, PFHxA, PFHpA, PFOA, PFNA, PFDA, PFUdA, PFDoA, PFTrDA, PFTeDA, PFHxDA, PFODA
IDN-TX-05	Sarung tangan pemadam kebakaran	Indonesia	1/2019	PFOA
IDN-TX-06	Celana tahan air	Indonesia	1/2019	PFHxA, PFHpA, PFOA
IDN-TX-07	Baju olahraga	Indonesia	1/2019	-
IDN-TX-08	Selimut tahan api	Indonesia	1/2019	-
IDN-TX-09	Kaos dewasa	Indonesia	2/2020	FOET (8:2 FTOH)
IDN-TX-10	Sarung tangan mendaki	Indonesia	2/2020	FOET (8:2 FTOH)
IDN-TX-11	Hijab anti air	Indonesia	2/2020	FOET (8:2 FTOH), 6:2 diPAP, 6:2 8:2 diPAP
IDN-TX-12	Celana pendek	Indonesia	2/2020	FOET (8:2 FTOH)
IDN-TX-13	Sarung tangan	Indonesia	2/2020	FOET (8:2 FTOH), 12:2 FTOH
IDN-PA-01	Kertas termal	Indonesia	1/2019	-
IDN-PA-02	Kertas bungkus burger	Indonesia	1/2019	PFHxA
IDN-PA-03	Kantong popcorn	Indonesia	1/2019	PFBA, PFPeA, PFHxA, PFHpA, PFOA
IDN-PA-04	Kantong kertas makanan	Indonesia	1/2019	PFBA, PFHxA, PFHpA, PFOA
IDN-PA-05	Kotak makanan	Indonesia	1/2019	PFNA, PFDA, PFUdA, PFDoA, PFTrDA, PFTeDA
IDN-PA-06	Kantong popcorn	Indonesia	2/2020	FHET (6:2 FTOH)
IDN-PA-07	Kantong popcorn	Indonesia	2/2020	FHET (6:2 FTOH)
IDN-PA-08	Kantong popcorn	Indonesia	2/2020	FHET (6:2 FTOH)
IDN-PA-09	Kantong popcorn	Indonesia	2/2020	FHET (6:2 FTOH)
IDN-PA-10	Kantong popcorn	Indonesia	2/2020	FHET (6:2 FTOH)
IDN-PA-11	Kantong popcorn	Indonesia	2/2020	PFBA, PFPeA, PFHxA, FHET (6:2 FTOH)
IDN-PA-12	Kantong popcorn	Indonesia	2/2020	PFHxA, FHET (6:2 FTOH)
IDN-PA-13	Kantong popcorn	Indonesia	2/2020	PFHxA, FHET (6:2 FTOH)
IDN-PA-14	Kantong popcorn	Indonesia	2/2020	PFHxA, FHET (6:2 FTOH)

IDN-PA-15	Kantong popcorn	Indonesia	2/2020	PFHxA, 6:2 FTOH, 6:2 diPAP, 6:2 8:2 diPAP
IDN-PA-16	Mie instan gelas	Indonesia	2/2020	FHET (6:2 FTOH)
IDN-PA-17	Kantong popcorn	Indonesia	3/2022	PFBA, PFHxA, FHET, 6:2 FTS, 6:2 monoPAP, 8:2 monoPAP, 6:2 diPAP, 6:2 8:2 diPAP, 8:2 diPAP
IDN-PA-18	Kantong popcorn	Indonesia	3/2022	PFBA, PFHxA, FHET, 6:2 monoPAP, 8:2 monoPAP, 6:2 diPAP, 6:2 8:2 diPAP, 8:2 diPAP
IDN-PA-19	Kantong popcorn	Indonesia	3/2022	PFBA, PFHxA, PFHpA, FHET, 6:2 monoPAP, 8:2 monoPAP, 6:2 diPAP, 6:2 8:2 diPAP, 8:2 diPAP
IDN-PA-20	Kantong popcorn	Indonesia	3/2022	PFBA, PFHxA, FHET, 8:2 monoPAP, 6:2 diPAP, 6:2 8:2 diPAP
IDN-PA-21	Kantong popcorn	Indonesia	3/2022	PFBA, 6:2 diPAP
IDN-PA-22	Kantong popcorn	Indonesia	3/2022	PFBA, PFHxA, PFHpA, FHET
IDN-PA-23	Kantong popcorn	Indonesia	3/2022	PFBA, PFHxA, PFHpA, FHET, 6:2 diPAP
IDN-RB-01	Karet remah	Indonesia	1/2019	PFHxA
USA-PA-01	Kantong popcorn	AS	2/2020	FHET (6:2 FTOH)
USA-PA-02	Kantong popcorn	AS	2/2020	PFBA, PFHxA, FHET (6:2 FTOH)
USA-PA-03	Kantong popcorn	AS	2/2020	FHET (6:2 FTOH)
USA-PA-04	Kantong popcorn	AS	2/2020	FHET (6:2 FTOH)
USA-PA-05	Kantong popcorn	AS	2/2020	FHET (6:2 FTOH)
USA-PA-06	Kantong popcorn	AS	2/2020	FHET (6:2 FTOH)
USA-PA-07	Kantong popcorn	AS	2/2020	FHET (6:2 FTOH)
USA-PA-08	Kantong popcorn	AS	2/2020	FHET (6:2 FTOH)
USA-PA-09	Kantong popcorn	AS	2/2020	FHET (6:2 FTOH)
USA-PA-10	Kantong popcorn	AS	2/2020	FHET (6:2 FTOH)
USA-PA-11	Kantong popcorn	AS	3/2022	PFBA, PFHxA, FHET

PFAS pada Produk di Indonesia

1. Latar belakang

1.1. Latar belakang PFAS atau “*Forever Chemicals*”

Zat per- dan polifluoroalkil (PFAS) adalah kelas besar zat sintetis yang mencakup PFAS non-polimer (yaitu, asam perfluoroalkil karboksilat, perfluorokarbon, asam sulfonat perfluoroalkana, dan zat tersubstitusi trifluorometil) serta PFAS polimer (fluoropolimer, perfluoropolieter, dan rantai polimer berfluorinasi).

PFAS tersebar luas di lingkungan global karena kelarutannya yang tinggi dalam air dan penyerapan rendah tetapi kelarutannya ke tanah dan sedimen sedang, serta memiliki karakteristik ketahanan tinggi terhadap degradasi biologis dan kimia. Sifat-sifat PFAS membuatnya digunakan secara luas sebagai surfaktan tahan air dan minyak serta bahan aktif permukaan dalam produk.³ Selain penggunaan PFAS yang terkenal, seperti impregnasi tekstil, pengemasan makanan, peralatan masak anti lengket, busa pemadam kebakaran, dan pelapisan listrik, PFAS juga digunakan dalam amunisi, tali panjang, senar gitar, rumput buatan, dan untuk remediasi tanah.⁴

Semua PFAS mengandung ikatan kimia yang sangat kuat antara atom karbon (C) dan fluor (F). Ikatan ini memberikan stabilitas tinggi pada molekul PFAS yang membuat mereka terkenal dengan nama metafora ‘*Forever Chemical*’ atau ‘Bahan Kimia Abadi’. Tiga anggota kelas ini yang banyak digunakan adalah perfluorooctane sulfonate (PFOS), perfluorooctanoic acid (PFOA), dan perfluorohexanesulfonic acid (PFHxS). Karena ketiga zat ini disoroti berbagai tekanan regulasi, industri telah beralih ke bahan kimia PFAS lainnya dengan sifat serupa.

Sebaliknya, kelompok PFAS non-polimer (yaitu, PFOS, PFOA, PFHxA, PFHxS, GenX), fluoropolimer (seperti misalnya PTFE yang diperdagangkan sebagai “Teflon”) dipahami sebagai polimer dengan perhatian rendah hingga saat ini. Kesimpulan tersebut berasal dari karakteristik yang tidak lengkap, yang tidak mencakup masalah yang terjadi selama semua fase produksi fluoropolimer dan pembuangan produk mengandung kimia ini pada akhir masa pakainya. Penilaian siklus hidup yang lengkap mencakup fase produksi, penggunaan, dan pembuangan fluoropolimer dengan emisi PFAS non-polimerik yang serius serta paparan terhadap manusia.⁵ Pendekatan kelas untuk menghentikan semua penggunaan PFAS yang tidak penting adalah satu-satunya aksi yang memadai untuk mencegah pencemaran dan dampak buruk PFAS lebih lanjut pada kesehatan manusia dan lingkungan.

1.2. Dampak Kesehatan akibat paparan PFAS

Sumber umum paparan manusia terhadap PFAS adalah makanan, air, udara, dan debu. Zat ini mengikat protein –bukan lemak– dan bertahan di dalam tubuh, terutama terdeteksi dalam

darah, hati, ASI, dan ginjal.^{6,7,8,9} Evaluasi yang dilakukan oleh Komite Peninjau POPs Konvensi Stockholm menunjukkan bahwa PFOA dan PFOS dapat menyebabkan gangguan reproduksi dan perkembangan, hati dan ginjal, serta efek imunologis pada hewan laboratorium. Kedua bahan kimia tersebut menyebabkan tumor pada hewan yang diteliti bersamaan dengan berbagai efek lain pada berat badan lahir bayi, pertumbuhan, kemampuan belajar, perilaku bayi, kehamilan, sistem endokrin, peningkatan kolesterol, dan fungsi tiroid.¹⁰ Pada 2017, Komite Peninjau POPs Konvensi Stockholm (POPRC) mencatat keterkaitan¹¹ antara PFOA dan penyakit serius pada manusia, termasuk kolesterol tinggi yang didiagnosis, kolitis ulserativa, penyakit tiroid, kanker testis, kanker ginjal, dan hipertensi akibat kehamilan.

Berbagai penelitian telah menunjukkan bukti yang relatif konsisten dari hubungan positif PFAS dengan profil lipid (yaitu, kolesterol dan trigliserida) dan kurang cocok dengan penyakit metabolik (yaitu, diabetes, obesitas, penyakit jantung).¹² Sebuah penelitian terhadap anak-anak berusia 5 dan 7 tahun dari Kepulauan Faroe di Atlantik menunjukkan bahwa paparan umum terhadap PFOS, PFOA, PFHxS, PFNA,¹³ dan PFDA yang diukur dalam serum darah dikaitkan dengan respons antibodi yang lebih rendah terhadap imunisasi masa anak-anak (vaksinasi) dan peningkatan risiko konsentrasi antibodi di bawah batas yang diperlukan untuk memberikan perlindungan jangka panjang terhadap difteri dan tetanus.¹⁴

Studi lain menemukan bahwa peningkatan konsentrasi PFOA, PFNA, PFHxS, dan PFOS dalam darah ibu terkait dengan penurunan kadar antibodi terhadap vaksin rubella pada anak-anak pada usia tiga tahun. Selain itu, peningkatan kadar PFOA dan PFHxS dikaitkan dengan peningkatan jumlah episode flu biasa dan gastroenteritis.¹⁵

Studi Rosenmai et.al pada tahun 2016 mengungkapkan bahwa, secara *in vitro*, PFAS memiliki aktivitas estrogenik dan campuran teknis tersebut menunjukkan aktivitas estrogenik, tetapi tidak berlaku pada PFCA rantai pendek.¹⁶ Penelitian lain menunjukkan bahwa masyarakat yang terpapar PFOA dari pabrik kimia terdekat berkorelasi dengan kejadian kanker, terutama yang berhubungan positif dengan kanker ginjal dan testis.¹⁷

Studi terbaru telah mengaitkan berbagai zat PFAS dengan berbagai efek terhadap kesehatan manusia: penyakit kardiovaskular,¹⁸ gejala asma¹⁹ merusak kualitas sperma,²⁰ ketidakcukupan fungsi ovarium,²¹ perubahan metabolisme glukosa,²² kadar testosteron yang lebih rendah pada remaja laki-laki,²³ hubungan dengan panjang lahir lebih pendek pada anak perempuan,²⁴ tekanan darah tinggi,²⁵ menstruasi yang tidak normal,²⁶ berat badan lahir rendah pada bayi,²⁷ kemungkinan peningkatan risiko infertilitas perempuan karena endometriosis,²⁸ dan penurunan fungsi paru-paru pada anak penderita asma.²⁹ Studi Pemerintah AS lainnya menunjukkan bahwa “PFOA adalah bahan kimia yang bersifat imunotoksin akibat pajanan terhadap kulit”.³⁰

Paparan PFAS menimbulkan risiko kesehatan tidak hanya untuk manusia, tetapi juga untuk satwa liar. PFAS telah terdeteksi pada biota perairan di seluruh dunia termasuk di Arktik.^{31,32} Keberadaan PFAS di mana-mana berpotensi memperburuk efek dari dampak antropogenik lainnya seperti perubahan iklim dan hilangnya habitat yang dialami oleh spesies satwa liar serta berpotensi memicu krisis keanekaragaman hayati.^{33,34} Efek toksik dari bahan kimia PFAS dirangkum dalam Tabel 1.

Tabel 1. Efek toksik dari senyawa PFAS

Senyawa	Properti
PFOA (Perfluorooctanoic Acid)	Pada tahun 2017, Komite Peninjau POPs Konvensi Stockholm mencatat hubungan antara PFOA dan penyakit serius pada manusia, termasuk kolesterol tinggi, kolitis ulserativa, penyakit tiroid, kanker testis, kanker ginjal, dan hipertensi yang diinduksi kehamilan. PFOA juga dikaitkan dengan respons vaksin yang dilemahkan pada anak-anak.
PFDoA (Perfluorododecanoic Acid)	PFDoA dikaitkan dengan berat badan lahir rendah pada bayi dan berdampak pada fungsi tiroid. Paparan prenatal meningkatkan risiko dermatitis atopik pada anak perempuan. PFDoA juga dikaitkan dengan peningkatan risiko infertilitas terkait sindrom polistik ovarium (<i>Polycystic Ovarium Syndrome/POS</i>). Dalam penelitian pada hewan, PFDoA berdampak pada sistem reproduksi jantan pada tikus dan dikaitkan dengan kerusakan oksidatif pada burung laut Arktik dan neurotoksisitas perkembangan pada ikan zebra.
PFHxA (Perfluorohexanoic Acid)	Studi menunjukkan bahwa PFHxA menampilkan toksisitas yang sama pada hati sebagaimana PFOA dikaitkan dengan kerusakan pada sistem reproduksi pria. PFHxA ditemukan dalam cairan ketuban, berhubungan negatif dengan kadar testosteron pada remaja dan memodulasi respon imun dalam penelitian laboratorium.
PFTeDA (Perfluorotetradecanoic Acid)	PFTeDA mengikat protein transportasi hormon tiroid, meningkatkan kadar kolesterol pada anak-anak, dan biokonsentrat dalam ikan mas.
PFDA (Perfluorodecanoic Acid)	PFDA dikaitkan dengan kadar hormon steroid yang lebih rendah pada bayi perempuan; menurunkan berat badan lahir bayi, peningkatan risiko masalah perkembangan dengan keterampilan sosial pada anak-anak; dan peningkatan kadar lipid dan lipoprotein terkait dengan peningkatan risiko kardiovaskular.
PBFA (Perfluorobutanoic Acid)	Studi menunjukkan bahwa PBFA menampilkan toksisitas yang sama pada hati sebagaimana PFOA dikaitkan dengan kerusakan pada sistem reproduksi pria.
PFPeA (Perfluoropentanoic Acid)	PFPeA telah ditemukan sebagai kontributor dominan PFAS di PM10. PFPeA mudah diserap oleh padi dan tanaman lahan basah seperti <i>Juncus effuses</i> . PFPeA juga ditemukan pada sayuran yang ditanam di daerah dengan kontaminasi PFAS air tanah dan lumpur limbah yang terkontaminasi industri. PFPeA dikaitkan dengan perubahan hormon tiroid dan penelitian laboratorium dengan sel darah merah manusia menunjukkan bahwa PFPeA menyebabkan pergantian yang menyebabkan peroksidasi lipid dan cedera oksidatif. PFPeA ditemukan dalam ASI dan pada anak-anak.
FTOHs	Efek toksikologi FTOH dan metabolitnya berhubungan dengan hepatotoksitas, perkembangan kanker kelenjar susu, dan mempengaruhi sistem reproduksi dan gangguan perkembangan.
6:2 FTS	Toksisitas 6:2 FTS telah dikaitkan dengan efek buruk pada hati dan ginjal dan iritasi kulit.
diPAPs	diPAPs menyebabkan efek kerusakan endokrin, termasuk efek antiandrogenik dan estrogenik, yang mempengaruhi sistem reproduksi.

Skandal tumpahan polusi PFAS yang paling terkenal mengacu pada pabrik DuPont di Parkersburg, Virginia Barat, AS, yang telah mencemari pasokan air lokal dengan asam perfluorooctanoic (PFOA) yang digunakan dalam produksi Teflon. Kontaminasi itu terkait dengan berbagai penyakit yang diderita penduduk setempat, termasuk kanker ginjal dan testis.³⁵ Baik DuPont dan pemasok PFAS (PFOA) 3M telah mengetahui sejak beberapa dekade yang lalu bahwa zat itu berbahaya, tetapi mereka tetap memproduksi dan memasarkannya.³⁶ Pada tahun 2023, 3M bereaksi atas meningkatnya tekanan hukum akibat kerusakan dan pencemaran yang disebabkan oleh PFAS serta mengupayakan mencapai batas waktu 2025 untuk berhenti membuat "Bahan Kimia Abadi atau *Forever Chemicals*".³⁷

1.3. Penggunaan PFAS dalam produk

PFAS digunakan oleh banyak industri, termasuk penerbangan, konstruksi, otomotif, tekstil, kertas dan pulp dan elektronik, karena kemampuannya untuk mengurangi gesekan pada permukaan dan memberikan ketahanan terhadap minyak dan air. Produk yang mengandung PFAS termasuk beberapa pakaian dan furnitur tahan noda dan tahan air; poles lantai; perekat; busa pemadam kebakaran; isolasi untuk kabel listrik; kertas; produk untuk kemasan makanan, seperti kotak pizza, kantong popcorn microwave, dan pembungkus makanan cepat saji; produk perawatan pribadi, seperti sampo dan benang gigi; serta pelapis tahan panas dan anti lengket pada peralatan masak.^{38,39}

Salah satu penggunaan PFAS yang terkenal adalah dalam busa pemadam kebakaran, yang dikenal sebagai *Aqueous Film-Forming Foams* (AFFFs). Karena AFFF terlepas langsung ke lingkungan, penggunaan AFFF berfluorinasi telah menyebabkan kontaminasi luas tanah, air tanah, air permukaan dan air minum, yang sangat mahal untuk diperbaiki.^{40,41,42} Busa pemadam kebakaran bebas fluor adalah alternatif yang hemat biaya, tersedia di pasar, layak dipakai, dan tidak mengandung zat PFAS.⁴³

Di Indonesia, penggunaan PFAS dalam berbagai produk, termasuk alat pemadam kebakaran⁴⁴ juga digunakan dalam berbagai produk di rumah tangga (PFOS dan PFOA), dalam berbagai jenis sepatu sepak bola⁴⁵ (PFOA and PFBS), pakaian anak-anak,⁴⁶ dan mantel yang mengandung berbagai PFAS.⁴⁷

1.3.1. Paparan kepada manusia selama penggunaan produk yang mengandung PFAS

Kehadiran berbagai produk yang mengandung PFAS di rumah berkontribusi terhadap paparan kepada manusia melalui debu rumah yang dihirup atau kontak kulit dengan produk tersebut. PFAS dari berbagai sumber berakhir di kulit, termasuk tangan. Studi menunjukkan bahwa konsentrasi PFAS pada kulit berkorelasi dengan konsentrasi debu PFAS dalam rumah dan prekursor PFAS di udara dalam ruangan.⁴⁸

Beberapa penelitian mengungkapkan bahwa PFOA dapat menembus kulit manusia dan tikus.^{49,50} Para peneliti menyatakan keprihatinan tentang potensi pajanan PFOA di tempat kerja atau pajanan okupasi pada individu maupun populasi umum.

1.3.2. Bahan kontak makanan melepaskan PFAS ke dalam makanan

PFAS digunakan dalam memproduksi kemasan makanan sekali pakai dan tahan air serta barang-barang peralatan makan. PFAS dapat ditambahkan ke dalam pulp atau diaplikasikan sebagai pelapis pada permukaan kertas atau kardus. Nilai tambah PFAS dalam kemasan adalah fakta bahwa mereka menciptakan penghalang kimia pada permukaan bahan pembungkus, mencegah minyak yang berasal dari makanan merembes keluar kemasan.

Kehadiran PFAS dalam kemasan makanan menimbulkan kekhawatiran karena migrasi PFAS dari bahan kontak makanan ke dalam makanan juga dapat berkontribusi sebagai rute utama pajanan PFAS melalui pola makan.⁵¹

Migrasi PFAS meningkat saat temperature dalam bahan kontak pangan, bersama dengan waktu kontak yang lebih lama, dan adanya zat pengemulsi.⁵² Selain itu, menyimpan makanan kering dalam bahan kemasan dengan konsentrasi PFAS tinggi juga kemungkinan berisiko, terutama jika bersentuhan dengan makanan berlemak.⁵³

PFAS dapat dengan mudah diserap oleh usus dan memasuki sistem peredaran darah atau menumpuk langsung di lokasi usus, yang dapat berinteraksi dengan usus dan menyebabkan kerusakan pada *barrier* usus.⁵⁴

Bahan kimia PFAS juga telah ditemukan dalam berbagai makanan termasuk ikan, makanan laut, daging dan produk daging, atau popcorn microwave.^{55,56,57}

1.3.3. Tekstil melepaskan PFAS ke lingkungan

Bahan kimia PFAS digunakan dalam tekstil sebagai agen *finishing* untuk mencapai ketahanan air, minyak, dan mengusir kotoran dari bahan, sementara pada saat yang sama menjaga *breathability* dari kain. Sekitar 50% PFAS yang diproduksi di seluruh dunia digunakan dalam industri tekstil. PFAS dalam tekstil tidak terikat dan dapat terlepas ke lingkungan dalam bentuk debu selama penggunaan atau masuk ke dalam saat pencucian.

Suatu percobaan di laboratorium tekstil yang menggunakan bahan mengandung PFAS meniru masa pakai pakaian *outdoor* menghasilkan lepasan dan konversi yang signifikan dari beberapa PFAS *congeners*.⁵⁸ Bahkan, sampel yang awalnya memenuhi standar peraturan untuk PFOA, setelah pelapukan konsentrasinya melebihi batas akibat peningkatan pembentukan PFOA dari prekursor yang ada dalam produk.⁵⁹

Studi lain menemukan konversi yang signifikan dari prekursor PFAS ke PFOA dan PFDA dalam jaket yang disimpan dalam kantong tertutup di ruang gelap selama 3,5 tahun.⁶⁰

Pelepasan saat mencuci dengan air dapat mengakibatkan kontaminasi langsung pada saluran air serta mencemari instalasi pengolahan air limbah yang melepaskan PFAS ke saluran air. Orang dapat terpapar PFAS ketika air limbah mencemari air minum atau makanan. Jumlah PFCA yang dilepaskan ke dalam air cucian mewakili rata-rata 12,2% dari kandungan bahan.⁶¹ Sebuah studi di Thailand menemukan bahwa sekitar 30% dari PFOS dan 99% dari PFOA dilepaskan setelah dicuci, menunjukkan bahwa tekstil “bisa menjadi sumber langsung dan tidak langsung yang signifikan dari paparan PFOS dan PFOA untuk manusia dan lingkungan”.⁶²

1.3.4. Akhir masa pakai produk yang mengandung PFAS: ancaman bagi masyarakat dan lingkungan

Banyak produk yang mengandung PFAS berakhir di tempat pembuangan sampah atau dibakar. Pembuangan produk pada akhir masa pakai di insinerator kota menyebabkan emisi PFAS, gas rumah kaca berfluorinasi, dan produk pembakaran tidak sempurna lainnya ke lingkungan sekitarnya.^{63,64,65} Beberapa PFAS tetap terdeteksi dalam abu terbang setelah pembakaran,⁶⁶ dan selanjutnya berkontribusi pada paparan lingkungan lebih lanjut ketika abu terbang ditimbun atau digunakan dalam bahan konstruksi.⁶⁷

Daur ulang produk konsumen yang mengandung PFAS tidak hanya mengarah pada paparan langsung pada konsumen, tetapi juga pada pekerja dan masyarakat yang tinggal di dekat pabrik daur ulang. Pekerja dapat terpajan PFAS ketika limbah dicincang dan digiling, sementara itu masyarakat sekitar terpapar ketika PFAS dilepaskan ke dalam air.^{68,69}

Selain itu, kemasan makanan sekali pakai yang dijual sebagai kompos dapat menyebabkan kompos terkontaminasi PFAS, dan menyebabkan akumulasi PFAS pada tanaman yang ditanam dengan media kompos.

1.4. Kerangka regulasi

1.4.1. Perjanjian internasional mencakup beberapa PFAS

PFOS⁷⁰, PFOA⁷¹ dan PFHxS⁷² tercantum dalam Konvensi Stockholm untuk pembatasan dan penghapusan global. Indonesia menjadi Pihak⁷³ dalam Konvensi Stockholm pada tahun 2009 dan perjanjian itu menambahkan PFOS⁷⁴ ke daftar pembatasan globalnya pada tahun yang sama. Amandemen ini mulai berlaku secara hukum di Indonesia pada tahun 2010. Pada tahun 2019 dan 2022, Para Pihak menambahkan PFOA dan PFHxS, ke Konvensi Stockholm untuk eliminasi global. Amandemen PFOA mulai berlaku untuk Indonesia dan sebagian besar negara pada 3 Desember 2020.⁷⁵ Amandemen PFHxS⁷⁶ akan mulmeai berlaku untuk Indonesia dan sebagian besar negara lain pada November 2024.

Pada tahun 2009, ketika PFOS terdaftar dalam Konvensi Stockholm, banyak celah menyertai daftarnya yang memungkinkan kelanjutan produksi dan penggunaannya. Namun, pada tahun 2019 di COP9, pemerintah mengakhiri celah tersebut untuk PFOS karena ketersediaan alternatif yang layak secara teknis telah ada di pasar, seperti misalnya untuk pencitraan foto; lapisan tahan foto dan anti-reflektif untuk semikonduktor; agen etsa untuk semikonduktor majemuk dan filter keramik; cairan hidrolik penerbangan; perangkat medis tertentu; masker foto di industri semikonduktor dan LCD; pelapisan logam keras; pelapisan logam dekoratif; komponen listrik dan elektronik untuk beberapa printer berwarna dan mesin fotokopi berwarna; insektisida untuk mengendalikan semut api dan rayap impor merah; dan produksi minyak yang digerakkan secara kimia. Beberapa pengecualian untuk PFOS masih tetap ada, tetapi tidak untuk produk apa pun yang dianalisis dalam laporan ini.

Konvensi Stockholm memungkinkan pengecualian PFOA selama lima tahun untuk penggunaannya dalam tekstil, tetapi hanya untuk "perlindungan pekerja dari cairan berbahaya yang berisiko terhadap kesehatan dan keselamatan mereka". **Hal ini menunjukkan bahwa produksi dan penjualan baru untuk kemasan makanan, produk tekstil konsumen, dan pakaian yang mengandung PFOA tidak diizinkan lagi karena amandemen Konvensi Stockholm telah berlaku pada 3 Desember 2020.**⁷⁷

PFHxS terdaftar dalam Konvensi Stockholm tanpa pengecualian. Ketika amandemen mulai berlaku pada November 2024, tidak ada lagi produksi atau penjualan produk baru yang mengandung zat ini yang diizinkan di seluruh dunia.

1.4.2. Kerangka regulasi di Uni Eropa

Peraturan EU POPs 2019/1021 menetapkan konsentrasi maksimum 0,025 mg/kg (25 ng/g atau ppm) untuk PFOA dan garamnya, dan konsentrasi maksimum 1 mg/kg untuk senyawa terkait PFOA, jika mereka ditemukan atau digunakan dalam artikel produk. PFOS dan turunannya tidak boleh digunakan dalam konsentrasi di atas **10 mg/kg**. Baik PFOS dan PFOA tidak boleh digunakan dalam jumlah lebih dari **1 µg/m²** dari permukaan bahan yang diolah.⁷⁸

Sejak 2020, pemerintah Denmark, Swedia, Jerman, dan Belanda telah mulai mengembangkan pembatasan di seluruh Uni Eropa untuk semua penggunaan PFAS yang tidak penting dengan dukungan Badan Kimia Eropa atau *European Chemical Agency* (ECHA). Proposal pembatasan PFAS diterbitkan oleh ECHA pada Februari 2023.⁷⁹ Hal ini didasarkan pada pembatasan berikut ini:

- 1) 25 ppb untuk PFAS jenis apa pun (kecuali PFAS polimer; diukur dengan analisis PFAS tertentu yang ditargetkan),
- 2) 250 ppb untuk jumlah PFAS, opsional dengan degradasi prekursor sebelumnya (diukur, misalnya, dengan uji *Total Oxidisable Precursor/TOP*), dan
- 3) 50 ppm untuk PFAS, termasuk PFAS polimer (diukur sebagai *Total Organic Fluor/TOF*). Beberapa PFAS diidentifikasi sebagai zat yang termasuk dalam perhatian sangat tinggi (*Substances of Very High Concern/SVHC*) di bawah undang-undang EU REACH (misalnya, GenX, PFBS), dan yang lainnya diusulkan untuk pembatasan atau baru-baru ini dibatasi (yaitu C9-C14 PFCAs, PFHxA, atau PFHxS).

1.4.3. Kerangka regulasi di Amerika Serikat

Meskipun, Amerika Serikat tidak memiliki undang-undang federal tentang PFAS, beberapa negara bagian telah mengadopsi beberapa peraturan tentang PFAS, termasuk persyaratan label dan melarang PFAS dalam kelompok produk tertentu termasuk kemasan makanan, busa pemadam kebakaran, dan produk perawatan pribadi. Misalnya, sebelas negara bagian telah memberlakukan penghapusan PFAS dalam kemasan makanan.⁸⁰ Maine telah melarang PFAS dalam perawatan kain, karpet, dan karpet mulai 1 Januari 2023 dan dalam semua produk baru pada tahun 2030. Pada Maret 2023, Badan Perlindungan Lingkungan AS atau *Environmental Protection Agency* (US EPA) mengusulkan penetapan tingkat yang dapat ditegakkan secara hukum untuk enam jenis PFAS dalam air minum.⁸¹

1.4.4. Kerangka regulasi di Indonesia

Pada tahun 2014, Indonesia memperbarui Rencana Implementasi Nasional atau *National Implementation Plan* (NIP) Konvensi Stockholm dan mencatat bahwa PFOS dan zat terkait tidak diatur di Indonesia.⁸² NIP (2014) juga mencatat bahwa "informasi data kuantitatif POPs, *stockpile*, dan tanah terkontaminasi di Indonesia masih terbatas." Penilaian awal sektor prioritas PFAS termasuk industri kertas khusus, busa pemadam kebakaran, tekstil/pakaian, karpet sintetis dan produsen karpet sintetis. NIP mengakui bahwa busa pemadam kebakaran yang mengandung PFOS ada di Indonesia, tetapi volume totalnya tidak diketahui.

Sebagai salah satu Pihak dalam Konvensi Stockholm, Indonesia telah meratifikasi perjanjian internasional dan mengadopsi UU No. 19/2009 sebagai payung kebijakan regulasi POPs. Selain itu, peraturan lain dapat berfungsi sebagai *proxy* untuk mengatur POPs sebagai bahan kimia berbahaya dan pengelolaan limbah. Pada kenyataannya, Peraturan Pemerintah No.

74/2001 mengatur pengelolaan bahan kimia berbahaya, sedangkan Peraturan Pemerintah No. 22/2021 mengatur pengelolaan limbah bahan berbahaya.

Peraturan Pemerintah No. 74 Tahun 2001⁸³ tentang Pengelolaan Bahan Berbahaya dan Beracun mewajibkan importir atau produsen bahan kimia berbahaya (B3) untuk mendaftar, terutama untuk bahan kimia B3 yang diimpor untuk pertama kali. Pendaftaran tersebut dilakukan dalam kerangka *Indonesia National Single Window* (INSW) di Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, yang diberlakukan pada tahun 2010.⁸⁴

Sistem INSW memungkinkan pengiriman data dan informasi tunggal serta pengambilan keputusan tunggal untuk pelepasan khusus dan izin kargo. Selanjutnya, sistem registrasi elektronik B3 bertujuan untuk menangani dokumen kepabeanan yang berkaitan dengan izin dan/atau impor dan/atau ekspor B3 dalam kerangka INSW. Namun, tidak ada kewajiban bagi pemilik untuk mendaftar.⁸⁵ Peraturan Pemerintah No. 74/2001 tidak dirancang untuk mempertimbangkan penghapusan POPs atau bahan kimia berbahaya baru lainnya. Selain itu, sistem B3-INSW di masa depan cukup terkait dengan daftar POPs yang dilarang - kemungkinan hanya akan menangkap bahan kimia yang diimpor sebagai 'zat' atau 'campuran' tetapi bukan bahan kimia yang ada di dalam peralatan atau barang atau produk.⁸⁶

Selanjutnya, revisi Peraturan Pemerintah No. 74/2001 yang akan datang akan mengakui perdagangan PFOA dalam Kode HS 2915.90.90.⁸⁷ Peraturan tingkat kementerian mengontrol beberapa PFAS untuk mendukung mekanisme pasar, khususnya untuk bahan pestisida, produk tekstil, dan proses produksi. Kementerian Pertanian melarang PFOS digunakan dalam bahan aktif dan aditif pestisida dengan memasukkan PFOS dalam daftar Lampiran I dalam Peraturan Menteri Pertanian Nomor 43 tahun 2019.⁸⁸

Kementerian Perindustrian mencakup kewajiban untuk mengakui konsentrasi PFOS dalam proses produksi tekstil (yaitu, pencelupan, pencetakan, dan penyelesaian) bagi perusahaan yang mencari sertifikasi sebagai tekstil hijau mengikuti standar industri.⁸⁹ Pengungkapan konsentrasi PFOS diberlakukan ketika konsentrasi nol-desimal PFOS dan/atau PFOA terdeteksi, yaitu 1s dalam $\mu\text{g/g}$ (atau ppm) dinyatakan dalam konsentrasi atau 1s dalam $\mu\text{g/m}^2$ (1, 2, 3, dan seterusnya - tidak setiap 1,1 atau 2,6 misalnya, dan tidak di bawah $1 \mu\text{g/g}$ atau $1 \mu\text{g/m}^2$) dinyatakan dalam kepadatan area atau densitas. Baru-baru ini, Badan Standardisasi Nasional (BSN) telah menetapkan standar pemantauan PFOS dan PFOA dalam produk tekstil.⁹⁰

Tabel 2. Kerangka regulasi tentang PFAS di Indonesia

Pemangku Kebijakan	Detail dalam Regulasi
Kementerian Pertanian	Peraturan Menteri Pertanian No. 43 tahun 2019 tentang Pendaftaran Pestisida, Lampiran I bahan aktif dan aditif yang dilarang untuk pestisida: - Perfluorooctane sulfonic acid (PFOS) dan garamnya.
Kementerian Perindustrian	Peraturan Menteri Perindustrian No. 13/2019 tentang Standar Industri Hijau untuk Industri Tekstil Pencelupan, Pencapan, dan Penyempurnaan Untuk produk, industri tekstil harus melakukan verifikasi informasi kadar PFOS dengan menyediakan: - <i>Safety Data Sheet</i> (SDS). - Hasil pengujian produk dari laboratorium/institusi terakreditasi yang memenuhi ISO/IEC 17025 - Metode pengujian berdasarkan SNI 7334:2009 untuk pengujian kadar logam terekstrak atau prosedur pengujian standar yang telah diakui secara internasional
Badan Standarisasi Nasional (BSN)	Peraturan Kepala BSN No. 84/KEP/BSN/3/2017 terkait Standar Nasional 8360:2017: - Pengujian standar tekstil terhadap PFOS dan PFOA.
Kementerian Perdagangan	Peraturan Menteri Perdagangan No. 18 Tahun 2019 tentang Metode Pengujian, Tata Cara Pendaftaran, Pengawasan, Penghentian Kegiatan Perdagangan, dan Penarikan Barang terkait dengan keamanan, keselamatan, kesehatan dan lingkungan hidup o Standar terkait PFOS dan PFOA pada tekstil, <i>bedcovers</i> , dan selimut tahan api.

Sejauh ini, hanya beberapa Peraturan Menteri yang memasukkan pemantauan PFAS di lingkungan atau produk dan limbah di Indonesia dan belum ada peraturan lingkungan. Saat melakukan studi ini, tidak ada lembaga nasional di Indonesia yang memiliki program pemantauan lingkungan, pemantauan terhadap manusia (*human biomonitoring*), atau pemantauan pada produk terhadap senyawa PFOS. Alasan yang memungkinkan hal ini terjadi adalah:

- Minimnya regulasi;
- Kapasitas laboratorium dan sumber daya manusia yang belum memadai; dan
- Tingginya harga analisis laboratorium dan pengambilan sampel;

Namun demikian, keberadaan senyawa PFOS pada manusia dan biota di Indonesia telah menjadi perhatian beberapa peneliti mancanegara yang berkolaborasi dengan peneliti Indonesia.⁹¹

2. Metodologi

2.1. Pengumpulan sampel

Nexus3 dan IPEN mengumpulkan 48 sampel dari Indonesia dan Amerika Serikat yang memiliki potensi kontaminasi akibat penambahan dengan sengaja atau penggunaan PFAS pada produk, termasuk pakaian, kemasan popcorn microwave, pembungkus makanan kertas, kertas termal dan satu sampel dari karet remah (lihat Tabel 3).

Karet remah pada penelitian ini dibeli dari platform *e-commerce*. Produk ini dideskripsikan sebagai *styrene-butadiene rubber (SBR)* dengan ukuran partikel 20-80 mesh.

Metode pengumpulan sampel pakaian, kemasan popcorn microwave, pembungkus makanan kertas, dan kertas termal melalui pengambilan acak dari produk-produk yang ditemukan di pasaran, seperti platform *e-commerce* Indonesia atau pasar tradisional. Pakaian dan produk kertas yang setidaknya memiliki satu karakteristik dengan kata kunci '*waterproof*', '*water-resistant*', atau '*non-stick*', dipilih sebagai sampel uji.



Gambar 1. Produk untuk pengujian PFAS di Indonesia

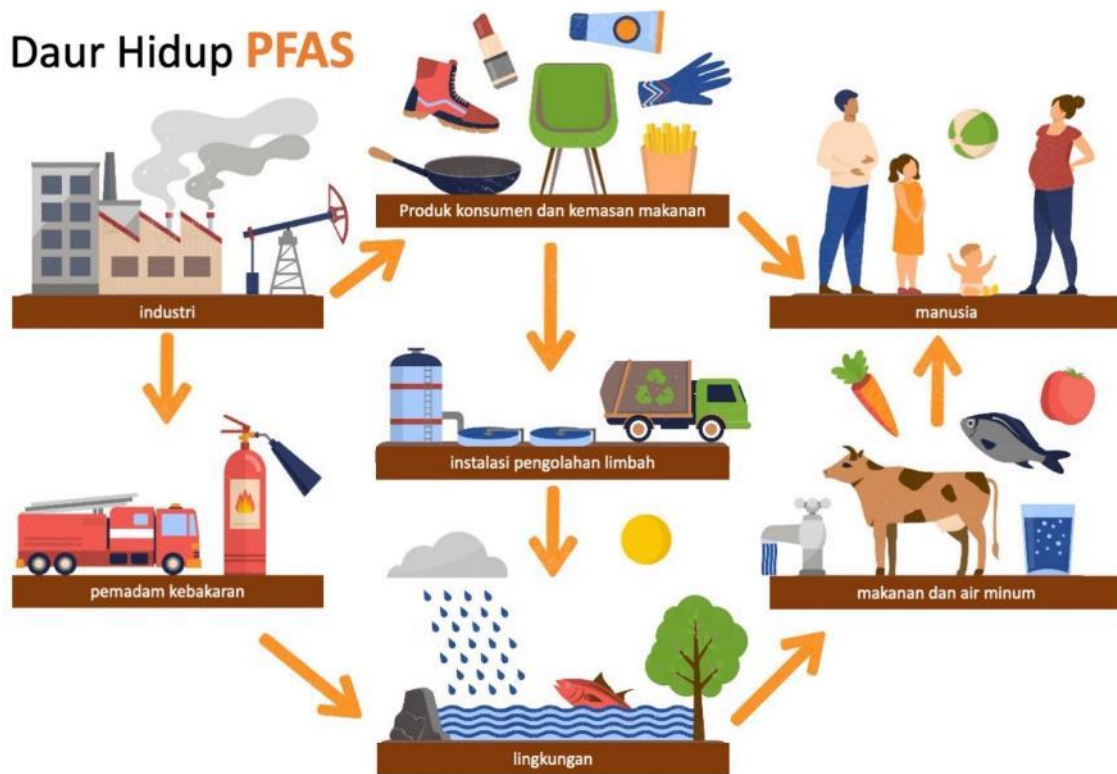
Sampel-sampel dari Indonesia dikumpulkan dan dibeli dalam tiga gelombang di empat provinsi, yakni di Provinsi DKI Jakarta, Jawa Barat (Bekasi, Bandung), Jawa Timur (Surabaya, Malang), dan Banten (Tangerang) pada periode Oktober-November 2019, Mei-November 2020, dan Juni 2022.

Karena pada sampel dari Indonesia terdapat kemasan popcorn microwave yang dibuat di Amerika Serikat, tim Nexus3-IPEN memutuskan untuk membeli 11 sampel kantong popcorn microwave di Amerika Serikat dari merek yang sama sebagai pembandingan. Sampel-sampel ini dikumpulkan pada bulan Mei hingga November 2020 (masuk ke gelombang 2) dan pada April 2022 (masuk ke gelombang 3). Sampel dari Amerika Serikat dibeli secara daring dan dari pasar tradisional di Indiana dan California.

Deskripsi detail sampel dapat dilihat pada Lampiran A.

Tabel 3. Jumlah sampel yang dikumpulkan dalam survei ini dan waktu pembelian

Sampel yang dibeli	Karet remah daur ulang	Tekstil/ Pakaian	Bahan Kontak Makanan		Kertas Termal
			Kantong Popcorn Kertas	Bahan Kontak Makanan berbasis Kertas	
Gelombang 1, 2019	1	8	1	3	1
Gelombang 2, 2020	-	5	10 Indonesia 10 AS	1	-
Gelombang 3, 2022	-	-	7 Indonesia 1 AS	-	-



Gambar 2. Sumber PFAS dan Siklus PFAS
Kredit: Arnika-IPEN

2.2. Metode Analisis

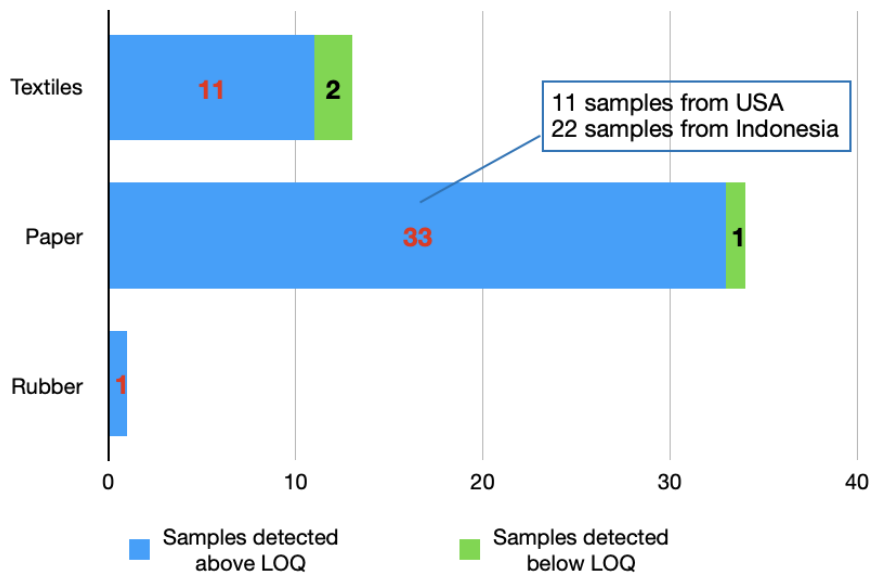
Pada analisis gelombang kesatu (2019), 30 senyawa PFAS dianalisis, dan pada gelombang kedua (2020) dan gelombang ketiga (2022) jumlah *congeners* PFAS yang dianalisis meningkat menjadi 55 dan 56 secara berturut-turut. Senyawa PFAS yang dianalisis pada setiap gelombang disajikan pada Lampiran A.

Semua sampel dianalisis di *University of Chemistry and Technology*⁹² di Praha, Republik Ceko menggunakan *ultra-high performance liquid chromatography interfaced* yang dilengkapi dengan *mass spectrometry* dengan *electrospray ionization* pada mode negatif (UHPLC-MS/MS-ESI-). Isolasi senyawa PFAS menggunakan *ultrasound-assisted extraction* dengan campuran metanol:etil asetat (1:1, v/v).

Expanded uncertainty dihitung menggunakan *coverage factor* $k=2$, koresponden dengan probabilitas cakupan (*coverage probability*) sekitar 95%. Laboratorium di Republik Ceko mengikuti EA-4/16 dan manual Kvalimetric 11 (yang dikeluarkan oleh EURACHEM CZ) untuk menghitung dan menentukan ketidakpastian (*uncertainty*). *Uncertainty* pengambilan sampel tidak tercakup dalam analisa di laboratorium. Kepatuhan dievaluasi sehubungan dengan *uncertainty* hasil pengujian menurut Panduan yang dikeluarkan oleh *International Laboratory Accreditation Cooperation* (ILAC-G8).

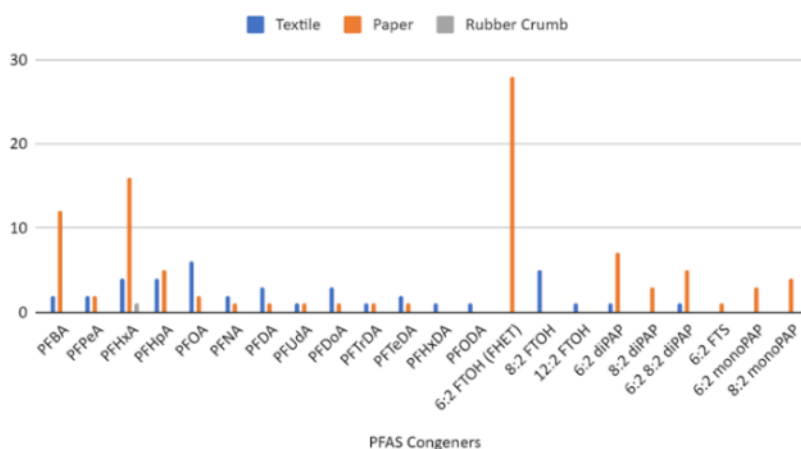
3. Hasil

Hampir seluruh sampel uji (93.7%) mengandung kadar PFAS yang dapat terdeteksi (di atas batas kuantitasi atau LOQ). Pada sampel tekstil/pakaian, 84% sampel mengandung PFAS, dan pada sampel kertas, 97% mengandung PFAS. Sampel karet remah (*rubber crumbs*) juga mengandung PFAS (lihat Gambar 3). 34 dari 48 (71%) sampel yang uji melebihi ambang batas PFAS sebesar 25 ppb yang ditetapkan di Uni Eropa.



Gambar 3. Sampel dengan PFAS yang dianalisis di atas batas kuantifikasi (LOQ)

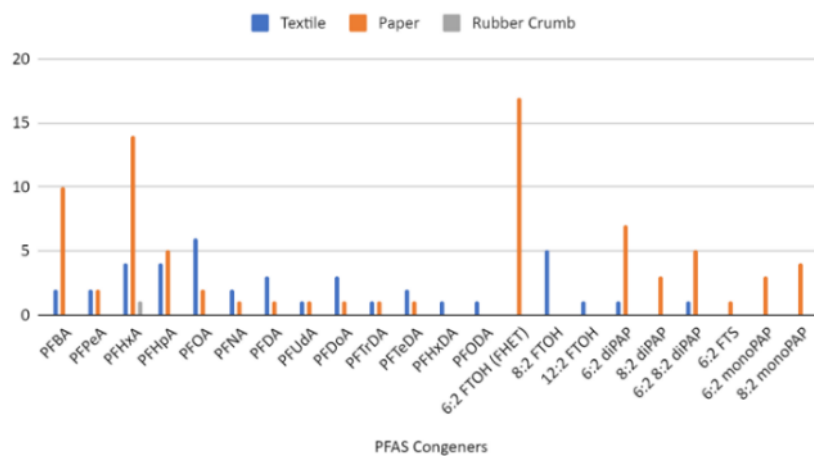
Gambar 4 menunjukkan senyawa PFAS yang terdeteksi pada sampel uji dari grup berbeda (tekstil, kertas, karet remah). PFOA yang telah dilarang secara global serta prekursor PFOA, 8:2 FTOH (senyawa asal yang memetabolisme PFOA), lazim ditemukan dalam produk tekstil daripada dalam sampel kertas.



Gambar 4. Frekuensi sampel PFAS pada kelompok sampel berbeda

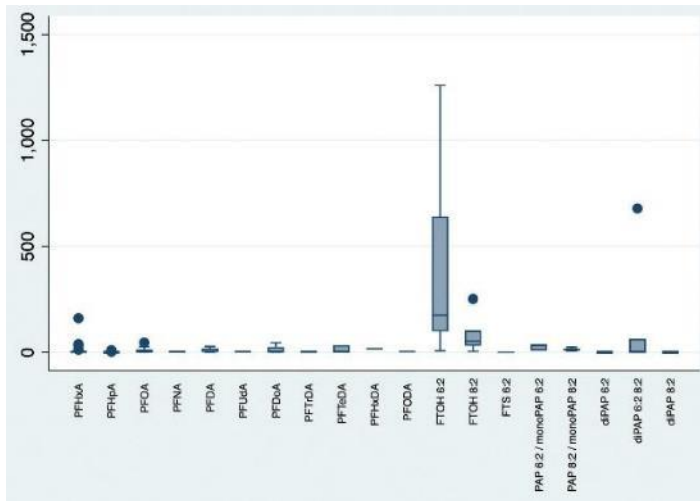
3.1. Temuan PFAS pada sampel dari Indonesia

Tiga puluh empat dari tiga puluh tujuh (91%) sampel dari Indonesia yang diuji mengandung PFAS. Mayoritas sampel dari Indonesia, dua puluh tiga dari tiga puluh tujuh atau 62%, melebihi ambang batas yang ditentukan Uni Eropa untuk PFAS, yaitu 25 ppb. PFAS yang teridentifikasi yaitu asam perfluorokarbositat (PFCAs), yaitu PFBA, PFPeA, PFHxA, PFHpA, PFOA, PFNA, PFDA, PFUdA, PFDoA, PFTTrDA, PFTeDA, dan PFHxDA; alkohol fluorotelomer (FTOH), yaitu 6:2 FTOH (atau dikenal dengan FHET), 8:2 FTOH (atau dikenal dengan FOET), dan 12:2 FTOH; fluorotelomer phosphate diesters, yaitu, 6:2 diPAP, 8:2 diPAP; dan 6:2 8:2 diPAP; asam fluorotelomer sulfonic 6:2 FTS; dan polyfluoroalkyl monoesters asam fosfat, namely, 6:2 monoPAP dan 8:2 monoPAP (Gambar 5). Konsentrasi PFAS tertinggi yaitu **6:2 diPAP** di **30.178 ng/g** terdapat pada sampel hijab (IDN-TX-11).



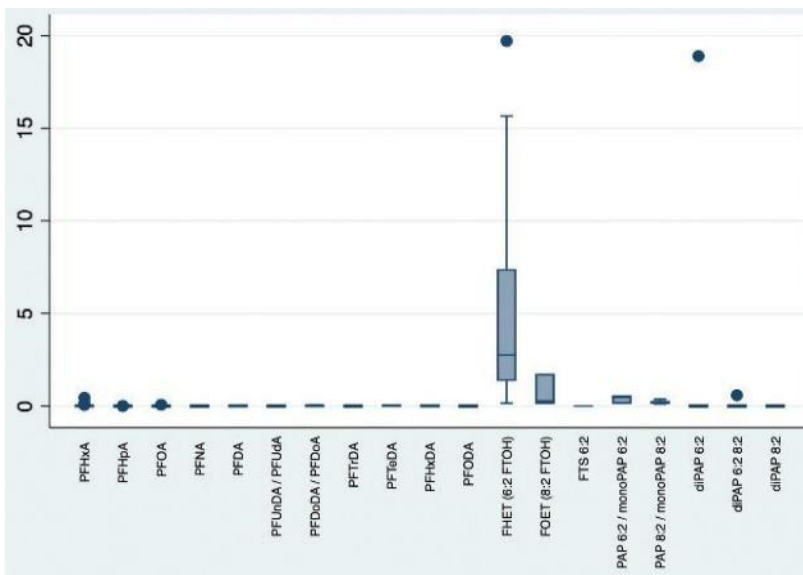
Gambar 5. Frekuensi PFAS yang teridentifikasi pada sampel dari Indonesia





Gambar 6. Konsentrasi PFAS pada seluruh sampel dari Indonesia (kertas, tekstil, dan karet remah) dalam ng/g.

IDN-TX-13/2020 mengandung 6:2 diPAP (30.178 ng/g) dan IDN-PA-15/2020 mengandung 6:2 diPAP (2.043 ng/g) berada di luar grafik karena memiliki nilai yang sangat tinggi (outlier).

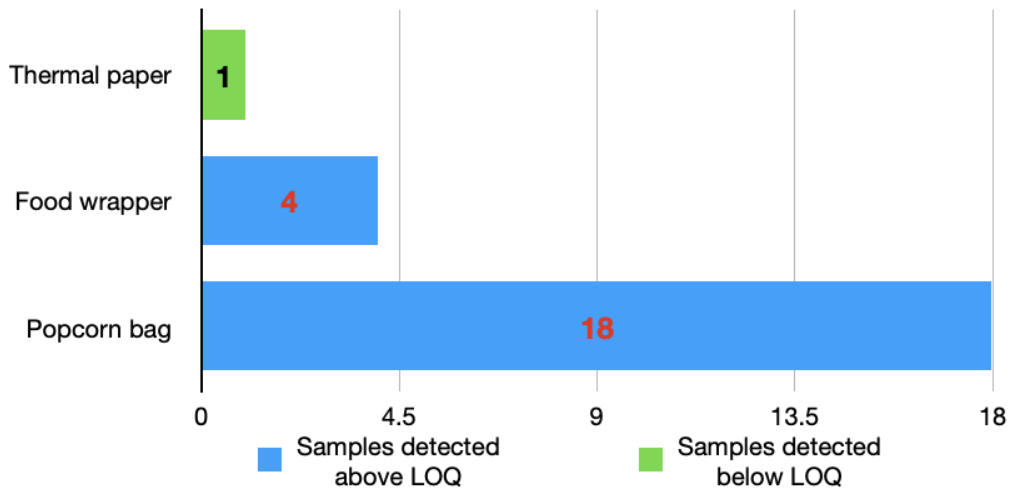


Gambar 7. Densitas PFAS seluruh sampel dari Indonesia (kertas, tekstil, dan karet remah) dalam ng/cm².

IDN-TX-11/2020 dan IDN-TX-13/2020 berada di luar grafik karena memiliki nilai yang sangat tinggi (outliers).

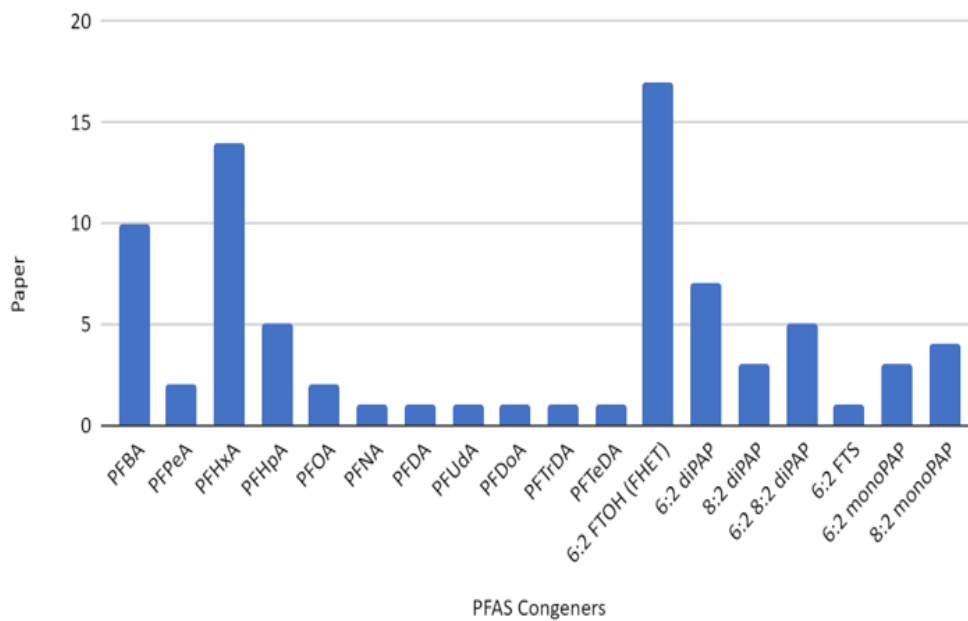
3.1.1. Sampel kertas dari Indonesia

Gambar 8 menyajikan data bahwa **22 dari 23 (95.6%) sampel kertas yang dijual di Indonesia mengandung PFAS**. 74% (17 dari 23) sampel melebihi ambang batas PFAS yang ditentukan EU yaitu 25 ppb. PFAS yang teridentifikasi diantaranya asam perfluorocarbon (PFCA): PFBA, PFPeA, PFHxA, PFHpA, dan PFOA, kemudian alkohol fluorotelomer (FTOH), yaitu 6:2 FTOH, dan 6:2 diPAP. Konsentrasi PFAS tertinggi, yaitu **diPAP** dengan konsentrasi **2.043 ng/g** ditemukan dalam sampel yang diuji pada kantong *popcorn microwave* merek *Preferred Kettle Corn* (IDN-PA-15).



Gambar 8. Sampel kertas yang terindikasi mengandung PFAS

Gambar 9 menunjukkan bahwa 6:2 FTOH dan PFHxA adalah dua jenis PFAS yang paling banyak ditemukan pada sampel kertas dari Indonesia.



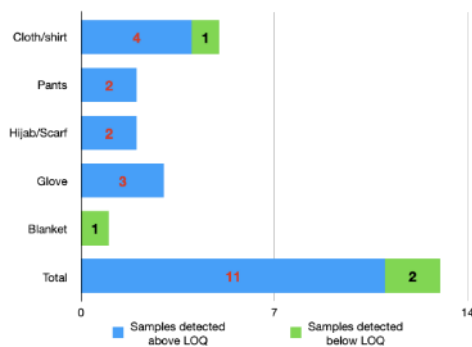
Gambar 9. Frekuensi PFAS yang teridentifikasi pada sampel kertas dari Indonesia

3.1.2. Sampel tekstil dari Indonesia

Sebelas dari tiga belas sampel tekstil yang uji (85%) ditemukan kandungan PFAS di atas ambang batas yang ditentukan (Gambar 10). Hampir setengah dari total sampel yang diuji, enam dari tiga belas atau 46%, melebihi ambang batas PFAS yang ditentukan Uni Eropa, yaitu 25 ppb. PFAS yang teridentifikasi dalam produk tekstil yang dibeli di Indonesia, yaitu: asam perfluorocarboxylic, PFCAs (PFBA, PFPeA, PFHxA, PFHpA, PFOA, PFNA, PFDA, PFUdA, PFDaA, PFTrDA, PFTeDA, PFHxDA, PFOdA), alkohol fluorotelomer, FTOH (8:2 FTOH, dan 12:2 FTOH), dan fluorotelomer phosphate diesters (6:2 diPAP, and 6:2 8:2 diPAP).

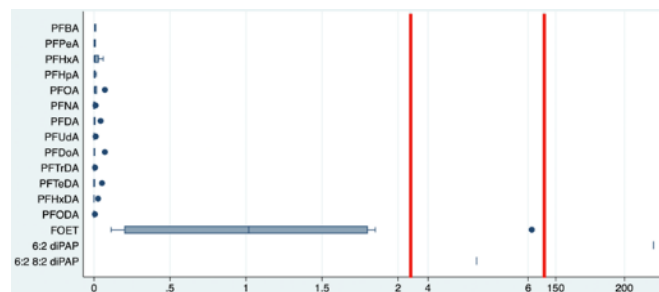
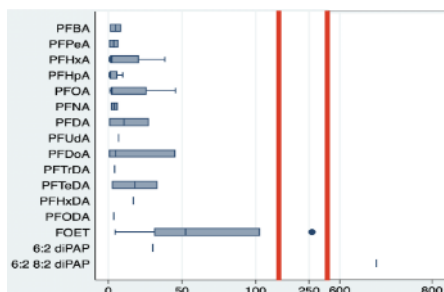
PFOA dan 8:2 FTOH merupakan PFAS yang paling banyak teridentifikasi pada sampel tekstil (Gambar 11). Pengujian PFAS pada sampel tekstil diidentifikasi pada hijab anti-air dengan konsentrasi paling tinggi yaitu **6:2 diPAP** (IDN-TX-11) pada **30.178 ng/g atau ppb**.

Distribusi konsentrasi PFAS yang terdeteksi dalam semua sampel tekstil dapat dilihat pada Gambar 12. Konsentrasi pada 8:2 FTOH hanya diuji pada sampel dari gelombang kedua (tahun 2020), namun tidak dilakukan pada gelombang berikutnya.



Gambar 10. Sampel tekstil dari Indonesia yang mengandung PFAS

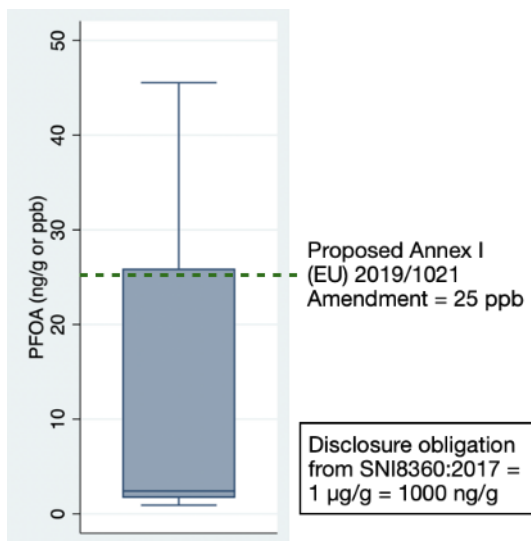
Gambar 11. Frekuensi PFAS pada sampel tekstil dari Indonesia



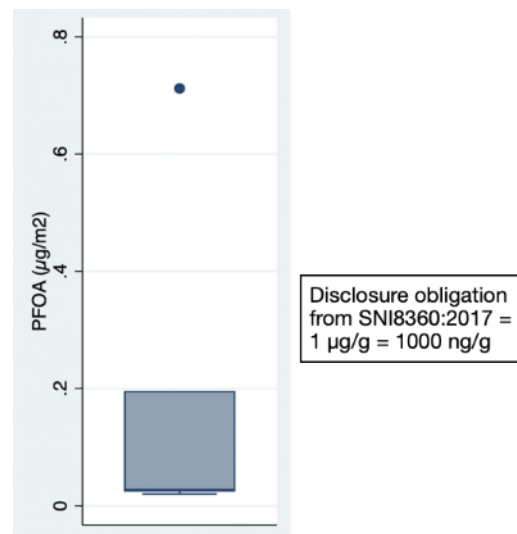
Gambar 12. Distribusi konsentrasi PFAS pada sampel tekstil Indonesia (ng/g atau ppb)

Gambar 13. Distribusi densitas PFAS pada sampel tekstil (µg/cm²)

Peraturan di Indonesia yang termuat dalam SNI 8360:2017 menetapkan ambang batas yang lemah untuk produk yang mengandung PFOS dan PFOA, yang membuat konsentrasi dari kedua unsur kimia pada sampel tekstil berada di bawah ambang batas yang ditentukan dalam standar nasional Indonesia. Namun demikian, sampel hijab dan kaos anak (IDN-TX-01 and IDN-TX-04) menunjukkan adanya unsur kimia tersebut namun lemah karena regulasi POPs (Uni Eropa) 2019/1021 menetapkan ambang batas 25 ppm untuk PFOA. Saat ini, Uni Eropa menetapkan ambang batas 25 ppb untuk setiap *congener* PFAS.



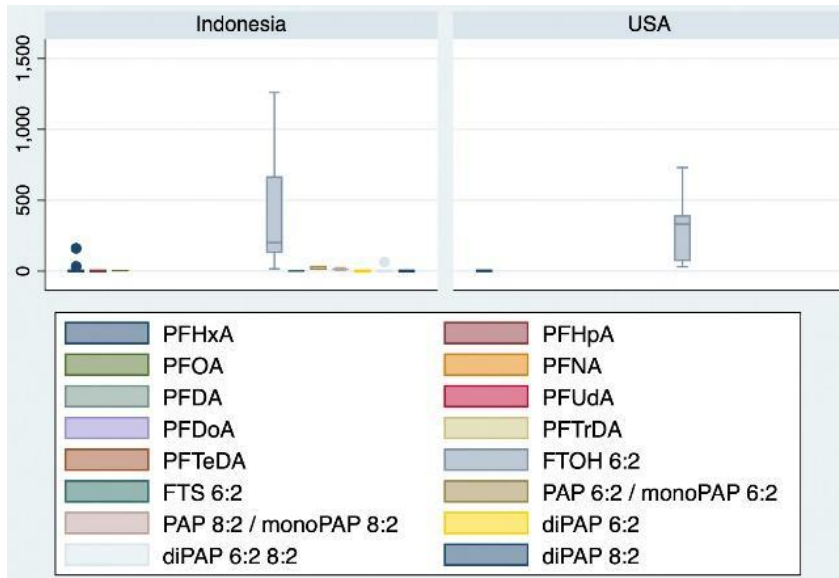
Gambar 14. Nilai referensi konsentrasi vs konsentrasi PFOA yang ditemukan dalam penelitian (SNI 1000 ng/g=1000 ppb)



Gambar 15. Nilai referensi densitas vs densitas PFOA yang ditemukan dalam penelitian

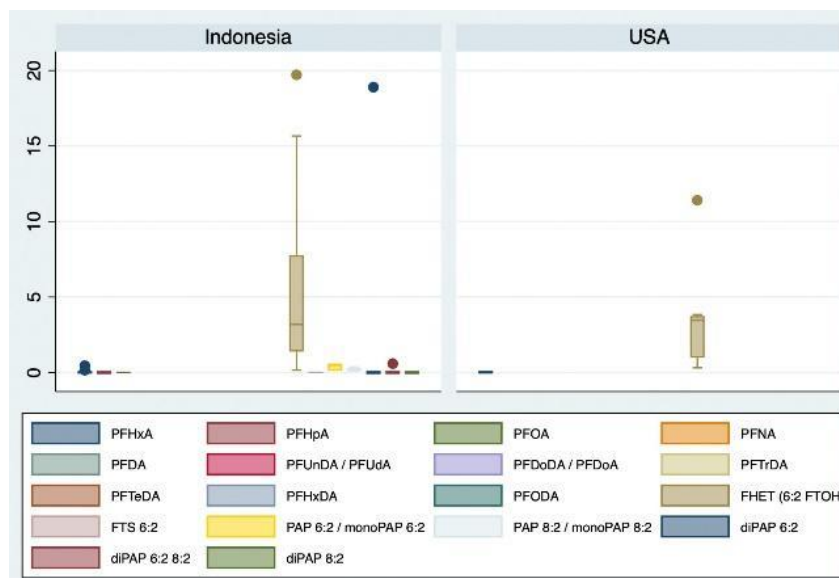
3.2. PFAS pada kantong popcorn microwaves di Indonesia dan Amerika Serikat

Senyawa PFAS telah ditemukan di semua kantong popcorn yang dimasak menggunakan microwave, melebihi ambang batas 25 ppb berdasarkan peraturan Uni Eropa. Di Indonesia, konsentrasi senyawa PFAS tertinggi yang dianalisis adalah kantong popcorn “*Preferred Kettle Corn*” (IDN-PA-15) dengan **6:2 diPAP sebesar 2.043 ng/g**. Selain senyawa 6:2 diPAP, senyawa PFAS lainnya yang ditemukan adalah 6:2 8:2 diPAP dan 6:2 FTOH. Di Amerika Serikat, senyawa PFAS tertinggi ditemukan dalam kantong popcorn *Jolly Time Blast O Butter* (USA-PA-11), yang mempunyai kandungan **6:2 FTOH sebesar 730 ng/g**. Selain 6:2 FTOH, senyawa PFAS yang teridentifikasi lainnya adalah **PFBA dan PFHxA**.



Gambar 16. Distribusi PFAS pada sampel kantong popcorn di Indonesia dan Amerika Serikat dalam ng/g.

Konsentrasi 6:2 diPAP pada IDN-PA-15/2020 sebesar 2.043 ng/g tidak dimasukkan dalam gambar ini karena nilainya terlalu tinggi (outlier).

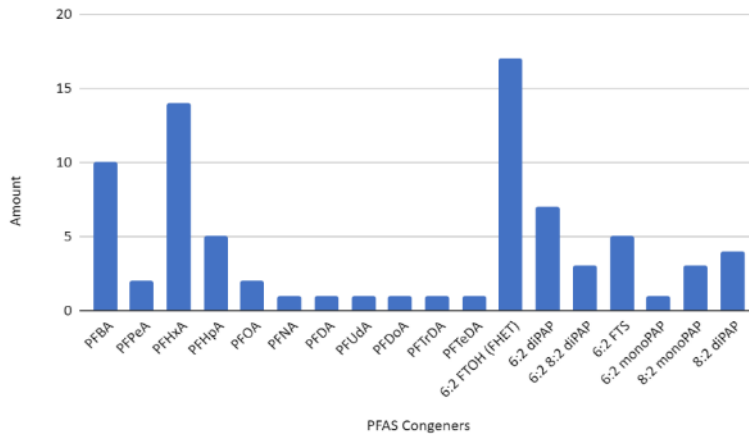


Gambar 17. Distribusi densitas PFAS pada sample kantong popcorn dari Indonesia dan Amerika Serikat dalam ng/cm².

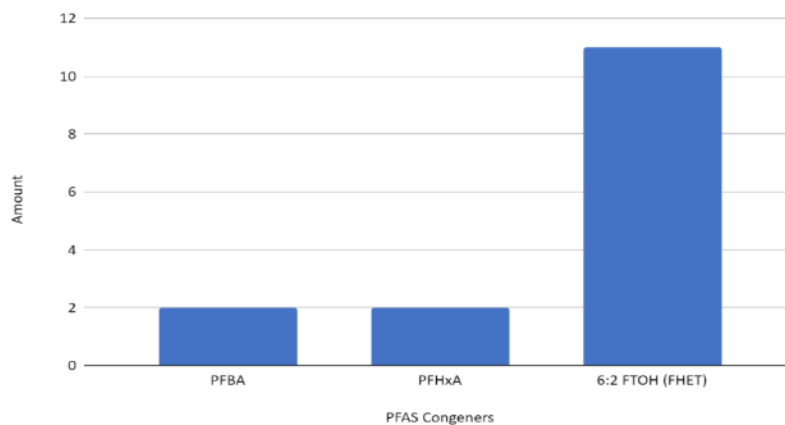
Densitas 6:2 diPAP pada IDN-PA-15/2020 tidak dimasukkan dalam gambar ini karena nilainya terlalu tinggi.

Gambar 18 dan 19 berikut menunjukkan senyawa **6:2 FTOH** dan **PFHxA** merupakan dua *congeners* PFAS yang paling sering ditemukan dalam kantong popcorn microwave dari Indonesia dan Amerika Serikat.





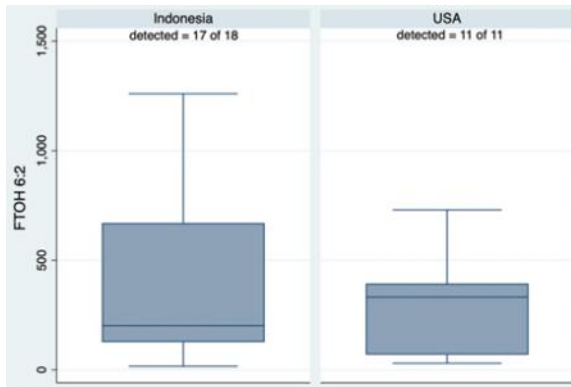
Gambar 18.
Frekuensi PFAS yang ditemukan dalam kantong popcorn microwave dari Indonesia.



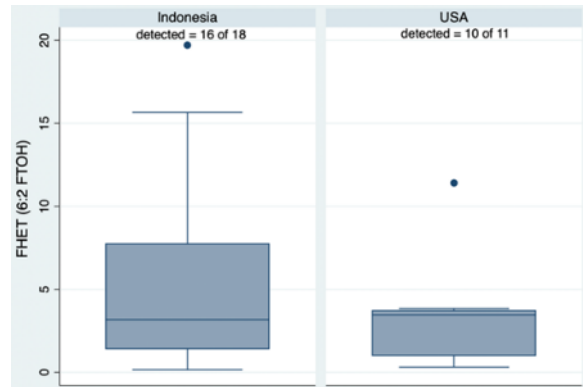
Gambar 19.
Frekuensi PFAS yang ditemukan dalam kantong popcorn microwave dari Amerika Serikat.

Gambar 20 menunjukkan distribusi konsentrasi 6:2 FTOH pada kantong popcorn yang dianalisis dari Indonesia dan Amerika Serikat. Nilai tengah dari konsentrasi senyawa ini pada sampel yang diambil dari Indonesia adalah sebesar 175,17 ng/g pada *Jolly Time Blast O Butter* (IDN-PA-20) lebih rendah dibandingkan dari Amerika Serikat dengan nilai 332 ng/g pada *Cousin Willie Real Butter* (USA-PA-06). Namun, konsentrasi tertinggi untuk senyawa 6:2 FTOH ditemukan pada popcorn yang dijual di Indonesia dengan nilai sebesar 1.260,05 ng/g pada *Preferred Extra Butter* (IDN-PA-22).

Serupa dengan konsentrasi total, nilai tengah konsentrasi senyawa 6:2 FTOH lebih rendah dari sampel yang diambil di Indonesia ($2,75 \text{ ng/cm}^2$) dibandingkan dengan sampel dari Amerika Serikat ($3,445 \text{ ng/cm}^2$) (lihat Gambar 21). Namun demikian, kandungan 6:2 FTOH tertinggi baik dari segi konsentrasi maupun densitas ditemukan pada kantong popcorn yang dijual dari Indonesia sebanyak $19,714 \text{ ng/cm}^2$ untuk *Preferred Extra Butter* (IDN-PA-22). **Berdasarkan temuan ini, tidak ada perbedaan yang mencolok pada kandungan PFAS antara kemasan popcorn yang dijual di Indonesia dan di Amerika Serikat.**

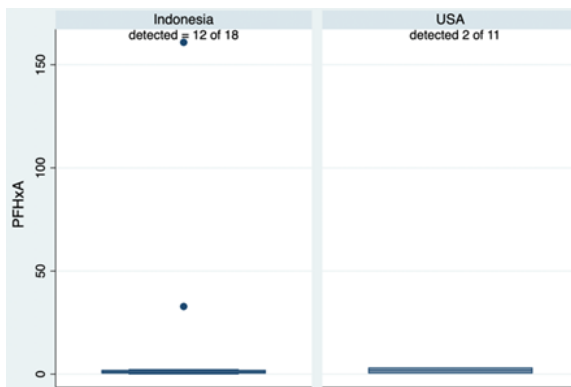


Gambar 20. Distribusi konsentrasi 6:2 FTOH pada kantong popcorn microwave (ng/g atau ppb).

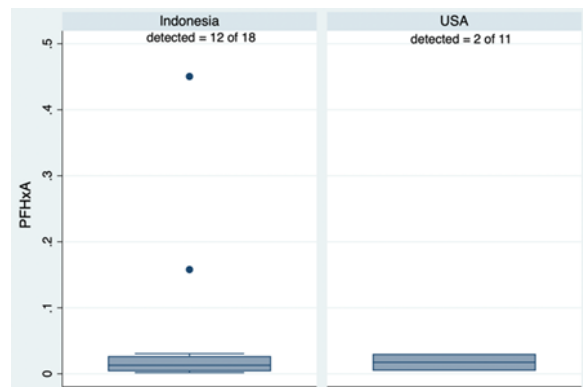


Gambar 21. Distribusi densitas 6:2 FTOH pada kantong popcorn microwave (ng/cm²).

Merujuk pada konsentrasi PFHxA hasil penelitian ini (lihat Gambar 22), nilai tengah pada sampel *Jolly Time Blast O Butter* (IDN-PA-3) adalah sebesar 1,895 ng/g, sedangkan konsentrasi yang terdeteksi maksimum adalah sebesar 160,85 ng/g. Kedua nilai tersebut didapatkan pada sampel kantong popcorn microwaves. Konsentrasi PFHxA pada sampel kantong popcorn microwaves yang dibeli dari Amerika Serikat, hanya ditemukan pada *Jolly Time Mallow Magic* (USA-PA-2) dengan konsentrasi 3,25 ng/g dan pada *Jolly Time Blast O Butter* (USA-PA-11) dengan konsentrasi 0,303 ng/g. Nilai tengah dari densitas PFHxA dari sampel yang dibeli di Indonesia bernilai 0,0074 ng/cm², sedangkan nilai maksimum yang dideteksi adalah 0,45 ng/cm² pada *Jolly Time Blast O Butter* (IDN-PA-11). Nilai densitas PFAS pada sampel yang dibeli dari Amerika Serikat adalah 0,03 ng/cm² untuk *Jolly Time Magic Mallow* (USA-PA-2) dan 0,0047 ng/cm² pada *Jolly Time Blast O Butter* (USA-PA-11) (lihat Gambar 23).



Gambar 22. Distribusi konsentrasi PFHxA pada kantong popcorn microwave (ng/g atau ppb)



Gambar 23. Distribusi densitas PFHxA pada kantong popcorn microwave (ng/cm²)

3.3. Kesimpulan

3.3.1. Temuan keseluruhan

- 45 dari 48 (**94%**) sampel mengandung PFAS pada nilai yang melebihi ambang batas atau *Limit of Quantitation (LOQ)*.
- 34 dari 48 (**71%**) sampel melebihi nilai ambang batas yang ditetapkan oleh Uni Eropa sebesar 25 ppb.
- 34 dari 37 (**91%**) sampel yang dibeli di pasar Indonesia dinyatakan positif mengandung PFAS, terdiri dari:
 - 11 dari 13 (**84,6%**) sampel tekstil,
 - 22 dari 23 (**95,6%**) sampel kertas, termasuk 18 kantong popcorn microwave,
 - satu sampel karet remah (**100%**)
- Semua kantong popcorn (*Jolly Time, Preferred dan ACT II*) yang dibeli dari Indonesia telah terkonfirmasi positif mengandung senyawa PFAS pada konsentrasi melebihi LOQ. Nilai tersebut melebihi ambang batas yang ditetapkan oleh Uni Eropa untuk total semua jenis senyawa PFAS.
- Semua kantong popcorn (*Jolly Time, Preferred dan Cousin Willie*) yang dibeli dari Amerika Serikat telah terkonfirmasi positif senyawa PFAS pada konsentrasi melebihi LOQ. Nilai tersebut melebihi ambang batas yang ditetapkan oleh Uni Eropa untuk total semua jenis senyawa PFAS.

3.3.2. Senyawa PFAS yang teridentifikasi

- 22 jenis senyawa PFAS ditemukan dalam sampel dalam penelitian ini. Senyawa tersebut adalah **PFBA, PFPeA, PFHxA, PFHpA, PFOA, PFNA, PFDA, PFUdA, PFDaA, PFTrDA, PFTeDA, PFHxDA, PFODA, FTOH 6:2, 8:2 FTOH, 12:2 FTOH, 6:2 diPAP, 8:2 diPAP, 6:2 8:2 diPAP, 6:2 FTS, 6:2 monoPAP**, dan **8:2 monoPAP**.
- Sampel kantong popcorn microwave yang dibeli di Indonesia dan Amerika Serikat, semuanya mengandung **6:2 FTOH, PFHxA, dan PFBA**.
- Senyawa PFAS yang paling sering ditemukan di antara sampel yang diuji adalah **6:2 FTOH (FHET), PFHxA, PFBA, PFHpA, 6:2 diPAP, dan PFOA**.

3.3.3. Temuan PFAS dalam sampel dari Indonesia

- 11 dari 13 (**84,6%**) sampel tekstil yang dijual di pasar Indonesia mengandung PFAS.
- Mayoritas sampel dari Indonesia atau sebanyak 23 dari 37 (**62%**) melebihi ambang batas 25 ppb yang disarankan di Uni Eropa untuk semua jenis PFAS.
- 22 dari 23 (**95,6%**) sampel kertas yang dijual di pasar Indonesia mengandung PFAS.
- Senyawa PFAS yang teridentifikasi dalam konsentrasi tertinggi dalam sampel tekstil yang dibeli di Indonesia adalah **6:2 diPAP** sebesar **30.178 ng/g** dalam hijab anti-air (gelombang 2, tahun 2020).

- Senyawa PFAS yang teridentifikasi dengan konsentrasi tertinggi dalam sampel kertas yang dibeli di Indonesia adalah **6:2 diPAP** sebesar **2.043 ng/g** pada kantong popcorn microwave yang diimpor dari Amerika Serikat merek *Preferred Popcorn Kettle Corn* (gelombang 2, tahun 2020).

4. Pembahasan

4.1. PFAS pada kantong popcorn microwave dan kemasan kertas

Menariknya, konsentrasi PFAS tertinggi di antara sampel yang dianalisis terdapat dalam kemasan makanan khususnya pada kantong popcorn microwave. PFAS dalam kantong popcorn microwave dapat bermigrasi ke dalam minyak atau lemak dan berisiko tertelan konsumen.^{93,94,95} Hal ini menambah risiko pajanan yang sudah ada, terutama yang berasal makanan dan air yang tercemar. Sebuah studi tahun 2019 tentang pajanan PFAS terhadap manusia di Amerika Serikat menemukan bahwa konsumsi popcorn microwave dikaitkan "... dengan kadar serum PFOA, PFNA, PFDA, dan PFOS yang jauh lebih tinggi..." dan "peningkatan PFDA di antara konsumen yang memakan popcorn setiap hari selama 12 bulan terakhir".⁹⁶

Sebuah studi pada tahun 2019 menemukan bahwa orang yang secara teratur makan popcorn microwave cenderung memiliki kadar PFAS yang jauh lebih tinggi dalam darah mereka, berdasarkan data satu dekade tentang kebiasaan makan lebih dari 10.500 orang yang dikumpulkan oleh Pusat Pengendalian dan Pencegahan Penyakit AS.⁹⁷

Menurut Badan Pusat Statistik, Indonesia mengimpor popcorn senilai US\$3 juta dari AS pada tahun 2021 (kode HS 10059010).⁹⁸ Satu perusahaan riset memperkirakan⁹⁹ bahwa pasar popcorn global akan mencapai lebih dari US\$18 miliar pada tahun 2023, dan Asia-Pasifik diperkirakan akan menjadi pasar dengan pertumbuhan tercepat dari tahun 2022 hingga 2031. Dengan demikian, paparan penduduk Indonesia terhadap bahan kimia PFAS dari popcorn microwave kemungkinan akan meningkat jika peraturan pembatasan PFAS tidak diterapkan.

Studi ini menunjukkan bahwa PFAS banyak digunakan dalam produk popcorn microwave di AS dan Indonesia. Konsumen berisiko terdampak oleh PFAS akibat menggunakan produk ini, yang dapat menyebabkan peningkatan kadar PFAS dalam tubuh manusia.¹⁰⁰

4.1.1. DiPAPs, 6:2 FTOHs, dan PFCAs dalam kantong popcorn

Produk popcorn microwave dengan konsentrasi PFAS tertinggi mengandung **2.043 ng/g** dari 6:2 diPAP (dalam kantong popcorn *Kettle Corn* pilihan yang dibeli di Indonesia) dan **730 ng/g** dari **6:2 FTOH** (dalam popcorn microwave *Jolly Time Blast O Butter* yang dibeli di AS). Beberapa jenis PFCA yang berbeda diukur dalam semua produk popcorn microwave, tetapi biasanya dalam konsentrasi yang lebih rendah dari 6:2 FTOH. Kehadiran PFCA dalam sampel dapat dihasilkan sebagai akibat dari degradasi FTOH.

Kekhawatiran dari aspek toksikologi tentang pajanan diPAPs dan FTOH terkait dengan sifat toksik mereka dan sifat beracun dari produk yang terdegradasi. DiPAPs dan FTOH akan terurai menjadi PFCA dalam kondisi abiotik serta dalam tubuh manusia (mereka disebut "prekursor" PFCA). Efek toksikologi diPAPs, FTOHs, dan metabolitnya (PFCAs) berhubungan dengan

hepatotoksisitas, perkembangan kanker kelenjar susu, dampak negatif pada sistem reproduksi, dan gangguan perkembangan (lihat Tabel 1. Efek toksik dari senyawa PFAS).

4.1.2. Perbandingan temuan DiPAP, 6:2 FTOH dan PFCA dengan studi lainnya

DiPAP, FTOH dan PFCA adalah bahan kimia PFAS khas yang telah diidentifikasi oleh berbagai peneliti dalam kemasan makanan dari berbagai negara. Demikian pula dengan temuan kami, sebuah studi oleh Trier dan kawan-kawan pada tahun 2011 menemukan bahwa 5 dari 14 sampel bahan kontak makanan mengandung diPAPs. Empat dari lima sampel yang mengandung diPAP adalah kantong kertas popcorn microwave.¹⁰¹

Studi Arnika dan IPEN¹⁰² tentang PFAS dalam pembungkus makanan cepat saji sekali pakai menyimpulkan bahwa FTOH adalah bahan kimia PFAS yang paling sering terdeteksi dalam sampel yang dianalisis Eropa. Hipotesis penelitian yang sama bahwa polimer berbasis fluorotelomer rantai samping dapat menjadi sumber FTOH, tetapi polimer ini tidak dapat diukur dengan metode yang digunakan dalam kedua penelitian. Konsentrasi PFCA yang diukur dalam penelitian ini berada dalam kisaran penelitian lain.

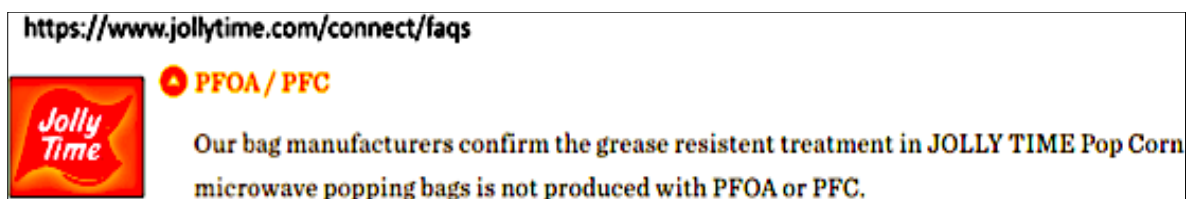
Sebuah studi yang mengamati produk popcorn microwave Spanyol menemukan tingkat hingga **280 ng/g** untuk **PFBA** dan **405 ng/g** untuk **PFHxA**. Selain itu, **PFPeA**, **PFHpA** dan **PFOA** juga dikuantifikasi, mulai dari **15 ng/g hingga 73 ng/g**.¹⁰³ Konsentrasi mulai dari **37 hingga 99 ng/g** dan **63 hingga 198 ng/g** juga dilaporkan untuk **PFHpA** dan **PFOA** dalam produk popcorn microwave Spanyol.¹⁰⁴

Studi lain melaporkan bahwa dalam produk popcorn microwave dari pasar Yunani, Zafeiraki dan kawan-kawan (2014) menemukan tingkat **PFBA**, **PFHxA**, dan **PFHpA** masing-masing adalah **275,84 ng/g**, **341,21 ng/g** dan **5,19 ng/g**.¹⁰⁵ Begley dan kawan-kawan (2008)¹⁰⁶ melaporkan bahwa konten **PFOA** dari pasar AS berkisar antara **300 hingga 1.200 ng/g**.

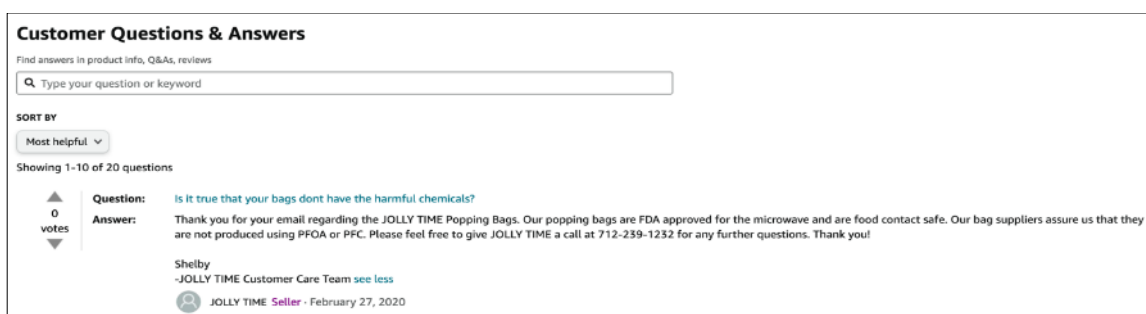
4.1.3. Jolly Time menyesatkan konsumen

Beberapa produk popcorn microwave merek *Jolly Time* mengandung bahan kimia PFAS. Produk yang diproduksi di AS dibeli dari platform daring. Salah satu produk yang dibeli di Indonesia (selanjutnya disebut *Jolly Time Blast O-Butter*) adalah produk yang terdaftar di Badan Pengawas Obat dan Makanan BPOM RI ML 873209015004.¹⁰⁷

Berbeda dengan tingkat PFAS yang sangat tinggi pada produk popcorn *Jolly Time* yang dijual di Indonesia, laman *FAQ Jolly Time*¹⁰⁸ yang diakses pada 2019 dan akun penjualan *Jolly Time* di laman Amazon.com¹⁰⁹ yang diakses tahun 2021 menyatakan bahwa "*Produsen kantong kami mengkonfirmasi bahwa untuk perlakuan anti-minyak yang digunakan dalam produk kemasan JOLLY TIME Popcorn microwave, kantong popcorn tidak diproduksi dengan PFOA atau PFC [bahan kimia perfluorinated atau PFAS]*" lihat Gambar 24 dan Gambar 25). Klaim *Jolly Time* tentang produk popcorn microwave bebas PFAS muncul dalam daftar produk yang digambarkan aman, meskipun mengandung zat PFAS.



Gambar 24. Tanda kecil di laman Jolly Time pada bagian Tanya Jawab menyatakan tidak menggunakan PFOA/PFC dalam kantong popcorn microwave yang diproduksi di AS. Diakses pada 10 April 2019.



Gambar 25. Jolly Time Customer Service menyatakan tidak menggunakan PFOA/PFC dalam kantong popcorn. Diakses pada 20 Oktober 2021

4.1.4. Ketersediaan alternatif dan perusahaan tanpa PFAS

Penggunaan PFAS dalam produk popcorn microwave dapat dihentikan karena fungsi PFAS dalam bahan kontak makanan tidak penting bagi konsumen, dan sudah ada alternatif yang layak. Misalnya, ketika memikirkan alternatif kemasan makanan, bungkus dan pelapisnya dapat menggunakan kertas berlapis lilin, untuk piring dapat menggunakan piring berlapis tanah liat kaolin yang dapat digunakan kembali, dan kotak pizza dapat dibuat dari kertas yang tidak dilapisi.¹¹⁰ Kertas dengan kepadatan tinggi, seperti kardus untuk pizza, mampu mencegah transmisi minyak dan tidak memerlukan perawatan dengan PFAS.¹¹¹

Studi Arnika dan IPEN¹¹² menunjukkan bahwa regulasi adalah insentif terkuat bagi perusahaan untuk mengubah tindakan mereka menjadi lebih bertanggung jawab. Studi ini menunjukkan bahwa satu perusahaan telah meninggalkan penggunaan PFAS di Denmark untuk mematuhi pembatasan Denmark. Namun, analisis sampel dari perusahaan yang sama di Ceko, Jerman, dan Inggris, yang dibeli pada saat yang sama, menunjukkan perlakuan PFAS yang disengaja, menyoroti praktik yang berbeda dan standar ganda tergantung pada peraturan nasional. Temuan ini menunjukkan bahwa tanpa regulasi, perusahaan yang sama tidak menjauh dari PFAS.

Beberapa pemasok utama telah mengumumkan bahwa mereka menghilangkan penggunaan PFAS dalam kemasan makanan karena masalah lingkungan dan kesehatan serta ketersediaan alternatif yang layak. Pada Desember 2020, pengecer daring terbesar, Amazon, melarang

penggunaan PFAS yang disengaja pada semua bahan kontak makanan dari dapur bermerek dagang Amazon di Uni Eropa dan Amerika Serikat. Pada tahun yang sama, Badan Administrasi Makanan dan Obat-obatan AS (US FDA) mengumumkan bahwa tiga produsen sepakat berkomitmen untuk menghapus penggunaan alkohol fluorotelomer 6: 2 (6: 2 FTOH) Secara sukarela, yang selama ini digunakan sebagai aditif dalam kemasan kontak makanan. Target *phase-out* secara sukarela ini direncanakan untuk dicapai pada tahun 2023.¹¹³

Pada Januari 2021, McDonald's berkomitmen untuk menghapus PFAS secara global dari kemasan untuk pelanggan pada tahun 2025.

Pada Januari 2023, IPEN dan kampanye *Toxics-Free Future* melakukan survei empat perusahaan popcorn, yang sampelnya termasuk dalam studi Nexus3-IPEN "*Toxic Hazards in Microwave Popcorn*", mengenai kebijakan mereka tentang PFAS dalam merek popcorn microwave mereka. *American Popcorn*, *Ramsey Popcorn*, dan *Preferred Popcorn* tidak menanggapi. Namun *Conagra* menjawab bahwa mereka berkomitmen untuk menghilangkan PFAS dari kantong popcorn ACT II.

Pada 10 Februari 2023 email dari *Conagra Corporate Communications* kepada IPEN menyatakan bahwa "Kami menghapus PFAS tahun lalu dari kemasan yang digunakan untuk produk popcorn microwave ACT II kami di AS, dan mulai Maret 2023, kami tidak akan lagi menggunakan PFAS dalam kemasan untuk produk popcorn microwave kami yang dijual secara internasional dengan merek ACT II. "

4.2. PFAS dalam produk tekstil

PFAS banyak digunakan dalam produk tekstil tahan air (pakaian dan pakaian) di Indonesia. Produk yang dirawat PFAS termasuk jilbab, kemeja dewasa, kemeja anak-anak, *t-shirt* anak-anak, sarung tangan baju api dan trek/celana *jogging*.

PFAS menguap, lapuk, dan terlepas dari produk tekstil selama penggunaannya.¹¹⁴ Konsentrasi FTOH hingga 30 kali lebih tinggi dari batas aman ditemukan di interior toko pakaian olahraga dibandingkan dengan toko luar ruangan, yang menyebabkan peningkatan paparan terhadap pekerja di toko yang menjual tekstil.¹¹⁵ Ketika barang-barang yang diolah dengan PFAS dibuang pada akhir masa pakainya, PFAS bermigrasi dari limbah ke lindi yang dihasilkan di tempat pembuangan akhir sampah kota^{116,117} tersebar lewat asap dan abu pembakaran^{118,119} atau didaur ulang menjadi produk baru.^{120,121}

Penggunaan PFAS dalam tekstil di Indonesia meningkatkan pencemaran lingkungan dan paparan terhadap populasi di Indonesia, karena PFAS dipancarkan ke lingkungan pada setiap tahap produk tekstil (yaitu, selama produksi, penggunaan dan pembuangan akhir). Selain itu, penggunaan PFAS yang diidentifikasi dalam produk tekstil yang diuji tidak terlalu berperan penting, dan alternatif PFAS yang lebih aman telah tersedia di pasar.

4.2.1. Prekursor PFOA dan PFOA yang dilarang secara global ditemukan dalam produk tekstil dari Indonesia

Hijab dan kaos anak-anak dalam penelitian ini melebihi batas peraturan Uni Eropa yang lemah, yang menetapkan kandungan POPs sebesar 25 ppm (ng/g) untuk PFOA. Tingkat PFOA pada kaos anak-anak terdeteksi 1,8 kali lebih tinggi dari batas peraturan Uni Eropa (25 ppm atau ng/g).¹²² Tingkat PFOA dalam hijab anti-air yang terdeteksi adalah 26 ng/g, sedikit melebihi batas peraturan Uni Eropa. Hasil ini sangat memprihatinkan, karena PFOA termasuk di antara polutan organik persisten yang dilarang secara global dan sangat beracun yang terdaftar di bawah Konvensi Stockholm.

Selain PFOA, bahan kimia PFAS yang ditemukan dalam tekstil dari Indonesia adalah alkohol fluorotelomer, FTOH (8:2 FTOH, 12:2 FTOH), fluorotelomer fosfat diester (6:2 diPAP, dan 6:2 8:2 diPAP), dan asam perfluorocarboxylic lainnya, dan PFCAs yaitu, PFBA, PFPeA, PFHxA, PFHpA, PFNA, PFDA, PFUdA, PFD_oA, PFT_rDA, PFT_eDA, PFHxDA, dan PFOdA.

Alkohol fluorotelomer memulai bahan kimia dan produk sampingan degradasi menengah dalam produksi sebagian besar PFAS komersial, termasuk polimer berbasis fluorotelomer (FTP), yang kemungkinan digunakan untuk membuat produk yang diuji tahan air. Penggunaan FTP, oleh karena itu, merusak niat Konvensi Stockholm untuk secara global menghentikan emisi PFOA, garamnya dan senyawa terkait PFOA melalui langkah-langkah untuk menghilangkan produksi dan penggunaan bahan kimia di bawah ruang lingkup, karena menghasilkan paparan lingkungan terhadap PFOA. Kehadiran FTP dalam produk harus dikonfirmasi dalam analisis laboratorium khusus yang menargetkan polimer tersebut.

FTOH telah terbukti dilepaskan dari produk yang serupa dengan yang diuji di sini (lihat Tabel 1). Selama pemakaian dan penuaan pakaian anti air, 8:2 FTOH terdegradasi menjadi asam perfluorocarboxylic (PFCA; termasuk perfluorooctanoate atau PFOA yang dilarang secara global) (lihat Tabel 1). Dalam jangka panjang, FTOH yang ada dalam limbah juga dapat terdegradasi menjadi PFCA dan mencemari lingkungan (lihat Tabel 1).

Selain FTOH, 6:2 diPAP dan 6:2/8:2 diPAP juga terdeteksi dalam hijab anti-air yang dibeli di Indonesia. Ada beberapa kekhawatiran toksikologis mengenai FTOH dan diPAPs dan produk degradasinya (untuk lebih jelasnya, lihat Bagian 4.1.1 dan 4.1.2 tentang DiPAPs dan 6:2 FTOH dalam sampel kertas).

4.2.2. PFAS teridentifikasi di baju anak dan perempuan

Di antara semua produk yang diuji, produk dengan konsentrasi PFAS tertinggi adalah hijab tahan air. Hijab banyak dipakai oleh gadis-gadis muda dan perempuan di Indonesia. Survei tahun 2014¹²³ di Indonesia ditemukan bahwa 64% peserta survei mengenakan hijab. Sampel lain dengan tingkat PFAS yang signifikan adalah kaos anak-anak anti-air.

Baju anak-anak ini 100% katun, dipasarkan sebagai produk tahan air dan anti-noda buatan Indonesia. Anak-anak mewakili proporsi yang signifikan (26%, 71 juta)¹²⁴ penduduk Indonesia dan sangat sensitif terhadap bahan kimia beracun seperti PFAS.

Penggunaan PFAS dalam produk untuk anak-anak dan perempuan menimbulkan kekhawatiran serius, karena PFAS dikenal sebagai bahan kimia pengganggu endokrin (EDC) yang berdampak negatif pada hormon tiroid. Fungsi hormon tiroid yang akurat berperan penting pada beberapa tahap kehidupan, termasuk perkembangan anak-anak dan kesehatan hormon perempuan selama kehamilan dan usia pasca menopause. Sebagai contoh, fungsi hormone tiroid adalah faktor penting dalam perkembangan otak janin dan bayi baru lahir selama kehamilan serta pada bulan-bulan pertama setelah kelahiran. Ini juga merupakan faktor penting untuk gejala menopause.

Semakin banyak penelitian mengungkapkan sumber dan skenario di mana paparan dermal terhadap PFAS dapat terjadi. Studi tentang PFAS dan prekursor potensial PFAS dalam berbagai produk konsumen dan pakaian dapat menunjukkan penyerapan kulit sebagai potensi rute penting pajanan PFAS terhadap manusia.¹²⁵

4.2.3. Kandungan PFAS dalam pakaian dari penelitian lain

Studi oleh IPEN dan Arnika dari Cina, Rusia dan Ceko^{126,127} menunjukkan hasil yang mirip dengan temuan yang disajikan dalam penelitian ini. Satu pengecualian – diPAP tidak umum pada sampel tekstil dari negara lain, seperti yang ditemukan dalam hijab anti-air dari Indonesia.

Di Denmark, 86% sampel pakaian anak-anak dan kantong tidur bayi mengandung fluorin total di atas batas deteksi pada bahan pakaian luar ruang (*outdoor*). Konsentrasi fluorin bervariasi dengan rata-rata 72.700 µg/m².¹²⁸ Studi lain menganalisis PFAS pada pakaian anak-anak dari Kanada, AS, dan Meksiko dan menemukan bahwa PFAS yang paling sering terdeteksi adalah PFOA (45%) dan PFHxA (43%).¹²⁹

Sebuah studi tentang PFAS dalam produk konsumen yang beredar di pasaran di Norwegia menemukan konsentrasi PFAS dalam produk sepatu untuk balita serta jaket *outdoor* untuk orang dewasa dan anak-anak.¹³⁰ PFOA ditemukan dalam tiga jaket mulai dari 1,7 ng/g hingga 6,6 ng/g. Kandungan PFAS tertinggi di jaket yang mengandung 11 ng/g PFHxA. Kaos anti air anak-anak yang dianalisis dalam studi ini mengandung variasi zat PFAS yang jauh lebih banyak pada tingkat yang jauh lebih tinggi.

Menurut Xia (2022), kandungan PFAS pada seragam sekolah secara signifikan lebih tinggi daripada produk tekstil anak-anak lainnya, seperti celemek, topi, penutup kereta bayi, dan pakaian renang, dibandingkan dengan pakaian *outdoor*. Konsentrasi PFAS ditemukan pada seragam sekolah yang terbuat dari katun 100%. Estimasi rata-rata potensi paparan harian anak-anak terhadap PFAS melalui paparan kulit melalui seragam sekolah adalah 1,03 ng/kg berat badan.¹³¹

4.2.4. Tersedianya alternatif untuk tekstil tahan air tanpa PFAS

Salah satu produk tekstil tidak mengandung PFAS yaitu baju olahraga tahan air (IDN-TX-07). Sampel ini menunjukkan bahwa tekstil tahan air tanpa PFAS tersedia di pasar pakaian anti-air di Indonesia. Bukti ini dapat memfasilitasi penerapan larangan PFAS dan larangan Konvensi Stockholm tentang penggunaan PFOA pada tekstil konsumen, yang mulai berlaku¹³² di Indonesia pada 3 Desember 2020, bersama dengan sebagian besar negara.

Alternatif yang lebih aman tersedia untuk menghindari penggunaan PFAS dalam tekstil. Kimia berbasis parafin dan silikon berfungsi sebagai bahan pengganti yang memberikan daya tahan air.¹³³ Alternatif non-kimia untuk tekstil termasuk kain tenun yang rapat dan bahan nabati.¹³⁴

4.3. PFAS dalam karet remah

Karet remah adalah karet daur ulang yang dihasilkan dari ban bekas otomotif dan truk, banyak digunakan dalam rumput buatan sebagai bantalan dan bahan pengisi.¹³⁵ Karet remah adalah rumput sintetis generasi ketiga dan paling banyak digunakan saat ini. Generasi pertama menampilkan serat tumpukan pendek tanpa bahan pengisi dan generasi kedua menampilkan serat yang lebih panjang dan bahan pengisi menggunakan pasir.¹³⁶

Berdasarkan hasil pengujian, sampel karet remah asal Indonesia mengandung asam perfluorokarboksilat atau **PFHxA**. Konsentrasi PFHxA sudah ditemukan pada biota dan manusia.¹³⁷ Efek PFHxA pada manusia ditemukan mempengaruhi sistem saraf, perkembangan otak, sistem endokrin, dan hormon tiroid. Selain itu, ketika PFHxA memasuki sistem tubuh, pembersihannya memakan waktu sekitar delapan tahun.

Temuan PFAS pada karet remah yang digunakan pada rumput sintetis telah ditemukan oleh peneliti lain. Pada tahun 2019, *Public Employees for Environmental Responsibility* (PEER) Amerika Serikat dan *the Ecology Centre* menguji 36 karpet rumput sintetis dan menemukan unsur fluorin dan bahan kimia PFAS spesifik seperti GenX dan PFOS.¹³⁸

4.3.1. PFAS dari rumput sintetis dapat berdampak pada kesehatan anak-anak

Pada tahun 2014, seorang pelatih sepak bola perempuan di University of Washington, Amy Griffin, menyadari beberapa penjaga gawang menderita kanker setelah bermain di lapangan rumput sintetis dan mulai menghitung atlet lain yang berpotensi mengalami situasi yang sama. Pada Januari 2019, dia membuat daftar dan mengidentifikasi 260 pemain sepak bola Amerika, bisbol, *lacrosse*, dan sepak bola yang menderita kanker. Namun, sejauh ini, para ilmuwan berfokus pada bahan kimia dalam karet remah yang tersebar di rumput sintetis dan bukan pada komponen lainnya dari rumput sintetis ini.¹³⁹

Menurut *the US Children's Environmental Health Centre of the Icahn School of Medicine at Mount Sinai*, anak-anak dapat terpapar bahan kimia di rumput sintetis, baik lewat cara menyentuh atau menelan serbuk pelet karet yang hancur yang digunakan sebagai alas atau mungkin dari menghirup bahan kimia yang terlepas ke udara. Pelet juga bisa masuk ke dalam sepatu atau pakaian dan berakhir di mobil dan rumah.¹⁴⁰ Pemanfaatan karet remah yang mengandung PFAS dalam konsentrasi tinggi dalam rumput sintetis dapat menjadi sumber pajanan tambahan bagi anak-anak dan pemain olahraga muda di Indonesia yang bermain di lapangan yang terbuat dari rumput sintetis generasi ketiga (3G).

4.3.2. Produksi karet remah dapat meningkatkan paparan PFAS ke lingkungan

Indonesia merupakan salah satu negara penghasil karet terbesar di dunia, dengan Amerika Serikat dan Jepang sebagai tujuan utama ekspor dalam lima tahun terakhir.¹⁴¹ Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS), volume ekspor karet remah Indonesia mencapai 2,09 juta ton pada Januari-November 2021. Namun, nilai tersebut hanya tumbuh 4% dibandingkan periode yang sama tahun sebelumnya, yakni 2,01 juta ton. Sedangkan total nilai ekspor karet remah sebesar 3,56 miliar dolar AS dari Januari hingga November 2021. Nilai tersebut tumbuh 36,38% dibandingkan periode tahun sebelumnya yang hanya mencapai 2,61 miliar dolar AS. Meningkatnya harga karet di pasar global telah meningkatkan nilai ekspor karet secara signifikan. Fakta-fakta tersebut dapat menyebabkan emisi PFAS lebih lanjut dan peningkatan paparan penduduk Indonesia pada periode mendatang.

Rumput sintetis akan melepaskan PFAS, baik saat digunakan di lapangan maupun di akhir masa pakai seperti ditimbun, dibuang secara ilegal, atau saat akan dilakukan daur ulang sebagai tahap akhir pembuangan. Ketika serat rumput mengalami abrasi mekanis, bahan kimia dapat dilepaskan dari serat. Selain itu, meluasnya pembuangan rumput sintetis usang di tempat pembuangan sampah atau tempat lain menyebabkan pencemaran air.¹⁴²

Terlepas dari fakta tersebut, Indonesia adalah salah satu pengekspor utama karet remah, yang banyak digunakan di taman kanak-kanak, taman bermain, fasilitas olahraga, dan tempat umum. Indonesia saat ini belum memiliki peraturan mengenai pembatasan POPs dan bahan kimia berbahaya lainnya pada karet remah.

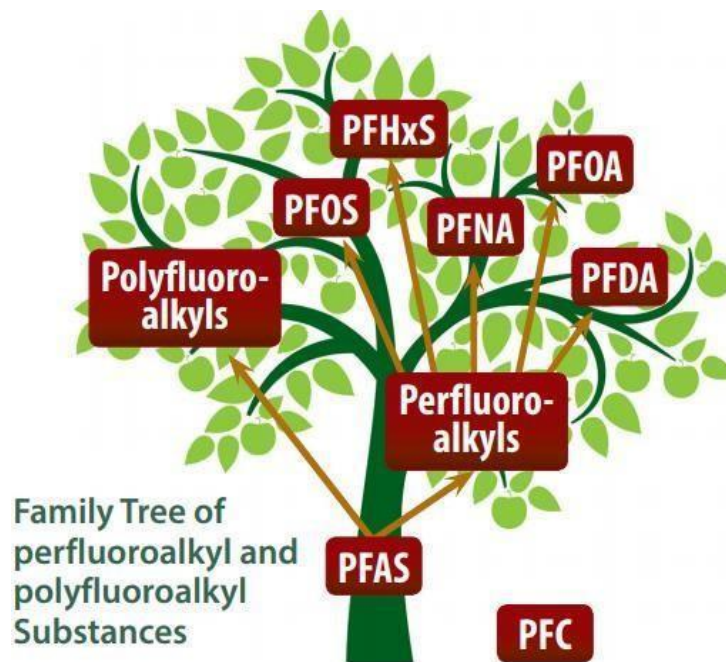
4.4. Mengatur PFAS sebagai kelas

Menteri Lingkungan Hidup Denmark, Luksemburg, Norwegia, dan Swedia mengajukan proposal untuk mengatur PFAS sebagai kelas kepada Komisi Eropa pada Januari 2023. "Elemen untuk strategi Uni Eropa untuk PFAS"¹⁴³ memberikan lima alasan untuk mengatur PFAS sebagai sebuah kelas:

- Mengatur zat individu atau sub-kelompok akan memakan waktu terlalu lama untuk mengelola risiko dari zat ini secara efektif.
- Semua yang tergolong PFAS atau produk turunannya, sangat stabil di lingkungan.

- Beberapa PFAS telah terdata tingkat toksisitasnya. Namun, berdasarkan pengetahuan saat ini dan kesamaan karakteristik antar *congeners* PFAS, muncul kekhawatiran tentang toksisitas PFAS sebagai satu kelas bahan kimia.
- Banyak pajanan PFAS terjadi pada manusia dan lingkungan serta efek atau dampak terhadap keduanya dapat diprediksikan.
- Pendekatan regulasi satu kelompok bahan kimia diperlukan untuk menghindari adanya bahan pengganti yang berpotensi merugikan (*regrettable substitutes*). Jenis PFAS yang diatur seringkali diganti dengan jenis PFAS lainnya yang memiliki toksisitas serupa tetapi belum diatur.

Strategi Uni Eropa tersebut mencatat bahwa penghentian penggunaan PFAS dapat dimulai dengan pendekatan “mengatur penggunaan PFAS dalam produk konsumen yang tidak terlalu penting (misalnya, pakaian, kosmetik, mainan, dan kemasan kontak pangan).” Dengan cara ini, tanggung jawab industri kimia diminta untuk berbagi informasi tentang identitas atau karakteristik kimiawi kelompok PFAS dan menyediakan data toksisitasnya.



Gambar 26. Pohon keluarga PFAS

Kredit: Agency for Toxic Substances and Disease Registry, Centre for Disease Control and Prevention, AS.

5. Kesimpulan dan Rekomendasi

Studi ini menunjukkan bahwa berbagai jenis PFAS dikaitkan dengan risiko kesehatan yang merugikan dan dampak lingkungan yang parah. PFAS digunakan untuk memberi karakteristik anti-air dan tahan minyak dari produk konsumen dan dijual di pasar Indonesia serta di Amerika Serikat.

Pembatasan konsentrasi PFAS 25 ppb yang diusulkan di Uni Eropa untuk setiap jenis PFAS terlampaui dalam 71% (34 dari 48) sampel yang diuji. PFOA telah terdaftar dalam Konvensi Stockholm untuk dibatasi dan dihapuskan di seluruh dunia. Data yang diperoleh dalam studi ini menyoroti pentingnya tindakan mendesak untuk melarang produksi, penjualan, dan penggunaan PFAS sebagai kelas dan dalam semua aplikasi yang tidak penting.

Untuk mengatasi potensi ancaman yang ditimbulkan oleh senyawa PFAS, Nexus3 Foundation dan IPEN merekomendasikan beberapa hal berikut ini:

Untuk Pemerintah Indonesia sebagai Pihak Konvensi Stockholm dan Konvensi Basel:

- Bekerja dengan pendekatan berbasis kelas untuk mendaftarkan semua jenis PFAS dalam kerangka penghapusan global sesuai kesepakatan Konvensi Stockholm.
- Definisikan semua limbah yang terkontaminasi PFAS sebagai limbah berbahaya dan beracun berdasarkan karakteristik H11 (karakteristik toksisitas tertunda atau kronis).
- Bekerja untuk menetapkan batas limbah PFAS (sebagai “tingkat kandungan POP rendah”) tidak lebih dari 0,025 mg/kg untuk PFOS, PFOA atau PFHxS dan garamnya, dan 10 mg/kg untuk jumlah PFOS, PFOA, PFHxS dan senyawa terkait.
- Promosikan pengganti PFAS dengan alternatif yang aman.

Untuk Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan:

- Mengimplementasikan amandemen Konvensi Stockholm dengan melarang PFOA, PFOS, dan PFHxS dalam peraturan nasional, mendukung penghapusan semua aplikasi yang dikecualikan termasuk tujuan penggunaan yang sebelumnya diizinkan.
- Melarang kelompok PFAS dan turunannya, termasuk menerapkan larangan Konvensi Stockholm untuk PFOS, PFOA, dan PFHxS.
- Memperbaharui Rencana Implementasi Nasional Konvensi Stockholm di Indonesia.
- Memantau senyawa PFAS di lingkungan.
- Menambahkan kelompok PFAS dan turunannya ke daftar bahan berbahaya dan beracun.
- Menentukan standar yang bersifat protektif, yang menjamin perlindungan kesehatan untuk kandungan PFAS dalam air minum dan lingkungan.
- Membuat rencana aksi untuk mengelola limbah yang mengandung PFAS.

Untuk Badan Pengawasan Obat dan Makanan:

- Melarang penjualan dan impor bahan kontak makanan yang diolah dengan PFAS (misalnya, popcorn kemasan yang dapat dipanaskan dengan microwave).
- Melarang penggunaan PFAS dalam bahan dan kemasan yang bersentuhan dengan makanan di Indonesia.

Untuk Kementerian Perdagangan:

- Melarang pembuatan dan impor barang konsumsi yang mengandung PFAS, antara lain peralatan dapur, kemasan makanan, tekstil, dan produk tekstil dan mainan.
- Produsen wajib memberikan informasi terkait PFAS dalam produk yang dijual di Indonesia.

Untuk Kementerian Perindustrian:

- Melarang kelompok PFAS dan turunannya, termasuk penggunaannya dalam industri tekstil, produk tekstil, busa pemadam kebakaran (AFFF), kertas, dan elektronik.
- Produsen wajib memberikan informasi terkait PFAS pada produk yang diproduksi di Indonesia.

Untuk Kementerian Pertanian:

- Melarang kelompok PFAS dan turunannya digunakan sebagai bahan aditif aktif atau inert untuk pestisida.

Untuk Kementerian Kesehatan:

- Melakukan biomonitoring manusia terkait kesehatan kerja di sektor kertas, tekstil, pemadam kebakaran, dan industri lain yang berpotensi menggunakan PFAS dalam prosesnya.
- Menentukan standar perlindungan kesehatan untuk konten PFAS dalam air minum, makanan, dan biomarker manusia.

Untuk Badan Standardisasi Nasional (BSN):

- Menentukan standar perlindungan kesehatan untuk kandungan PFAS dalam produk, air minum, makanan, dan lingkungan.

Untuk industri:

- Hentikan penggunaan PFAS pada produk baru dan ungkapkan kepada publik kandungan PFAS dalam produk yang sudah ada dengan tanda/label/ikon peringatan yang jelas dalam kemasan produk.
- Perusahaan yang telah beralih ke alternatif bebas fluor harus mendapatkan sertifikasi produk mereka melalui prosedur verifikasi pihak ketiga yang independen untuk meningkatkan kemampuan pelanggan dalam memilih produk tanpa tambahan PFAS.

Untuk kelompok kesehatan masyarakat, organisasi konsumen, dan entitas terkait lainnya:

- Mendukung penghapusan PFAS dan melakukan kegiatan untuk menginformasikan risiko dan bahaya pajanan PFAS kepada publik.

Untuk semua pemangku kepentingan:

- Bersama-sama dan bersatu dalam menyadarkan publik tentang polusi dan bahaya tersembunyi yang ditimbulkan oleh senyawa PFAS dan mendukung serta mendorong penegakan peraturan dan kebijakan baru yang kuat untuk menghapuskan PFAS di Indonesia.

Lampiran A: Batas kuantitasi atau LOQ PFAS yang dianalisis

Jenis PFAS yang dianalisis dan LOQ

No.	Jenis PFAS	Nama lengkap	CAS	LOQ (ng/g)		
				Gel. 1 (2019)	Gel. 2 (2020)	Gel. 3 (2022)
1	PFBA	Perfluorobutanoic acid	375-22-4	<0,3	<1,70	<0,025
2	PFPeA	Perfluoropentanoic acid	2706-90-3	<0,3	<1,70	<0,025
3	PFHxA	Perfluorohexanoic acid	307-24-4	<0,3	<1,70	<0,025
4	PFHpA	Perfluoroheptanoic acid	375-85-9	<0,3	<1,70	<0,025
5	PFOA	Perfluorooctanoic acid	335-67-1	<0,3	<1,70	<0,025
6	PFNA	Perfluorononanoic acid	375-95-1	<0,3	<1,70	<0,025
7	PFDA	Perfluorodecanoic acid	335-76-2	<0,3	<1,70	<0,025
8	PFUnDA	Perfluoroundecanoic acid	2058-94-8	<0,3	<1,70	<0,025
9	PFDoDA/PFDoA	Perfluorododecanoic acid	307-55-1	<0,3	<1,70	<0,025
10	PFTTrDA	Perfluorotridecanoic acid	72629-94-8	<0,3	<1,70	<0,025
11	PFTTeDA	Perfluorotetradecanoic acid	0376-06-07	<0,3	<1,70	<0,025
12	PFHxDA	Perfluorohexadecanoic acid	67905-19-5	<0,3	<1,70	<0,05
13	PFODA	Perfluorooctadecanoic acid	16517-11-6	<0,3	<1,70	<0,05
14	PFPoS	Perfluoropropane sulfonic acid	423-41-6	<0,3	<1,70	<0,025
15	PFBS	Perfluorobutane sulfonic acid	375-73-5	<0,3	<1,70	<0,025
16	PFPeS	Perfluoropentane sulfonic acid	2706-91-4	<0,3	<1,70	<0,025
17	PFHxS	Perfluorohexane sulfonic acid	355-46-4	<0,3	<1,70	<0,025
18	PFHpS	Perfluoroheptanesulfonic acid	375-92-8	<0,3	<1,70	<0,025
19	PFOS	Perfluorooctane sulfonic acid	1763-23-1	-	-	<0,025
20	br-PFOS	Branched isomer of perfluorooctanesulfonic acid	1763-23-1	<0,3	<0,30	-
21	L-PFOS	Linear-chain isomer of perfluorooctane sulfonic acid	1763-23-1	<0,3	<1,30	-
22	PFNS	Perfluorononanesulfonic acid	68259-12-1	<0,3	<1,70	<0,025
23	PFDS	Perfluorodecane sulfonic acid	335-77-3	<0,3	<1,70	<0,025
24	PFUnDS	Perfluoroundecane sulfonic acid	749786-16-1	-	-	<0,025
25	PFDoDS	Perfluorododecane sulfonic acid	79780-39-5	-	-	<0,025
26	PFTTrDS	Perfluorotridecane sulfonate	72629-94-8	-	-	<0,025

Jenis PFAS yang dianalisis dan LOQ

No.	Jenis PFAS	Nama lengkap	CAS	LOQ (ng/g)		
				Gel. 1 (2019)	Gel. 2 (2020)	Gel. 3 (2022)
27	PFDoS	Perfluorododecane sulfonic acid	120226-60-0	<0,3	<1,70	NA
28	PFOSA	Perfluorooctanesulfonamide	754-91-6	<0,3	<1,70	<0,025
29	N- MeFOSA	N-Methylperfluorooctanesulfonamide	31506-32-8	<0,3	<1,70	<0,025
30	N-EtFOSA	N-Ethyl-perfluorooctanesulfonamide	4151-50-2	<0,3	<1,70	<0,025
31	ADONA	Ammonium 4,8-dioxa-3H-perfluorononanoate	958445-44-8	<0,3	<1,70	<0,025
32	HFPO-DA	Hexafluoropropylene oxide-dimer acid	13252-13-6	<0,3	<1,70	<0,025
33	9Cl-PF3ONS	9-Chlorohexadecafluoro-3-oxanonane-1-sulfonate	73606-19-6	<0,3	<1,70	<0,025
34	11Cl-PF3OUDS	11-Chloroeicosafluoro-3-oxaundecane-1-sulfonate	83329-89-9	<0,3	<1,70	<0,025
35	4:2 FTOH	4:2 Fluorotelomer alcohol	2043-47-2	-	<0,80	<0,80
36	6:2 FTOH	6:2 Fluorotelomer alcohol	647-42-7	-	<1,60	<1,60
37	8:2 FTOH	8:2 Fluorotelomer alcohol	678-39-7	-	<1,60	<1,60
38	10:2 FTOH	10:2 Fluorotelomer alcohol	865-86-1	-	<16	<16,0
39	12:2 FTOH	12:2 Fluorotelomer alcohol	39239-77-5	-	Ada/Tidak ada	Ada/Tidak ada
40	14:2 FTOH	14:2 Fluorotelomer alcohol	60699-51-6	-	Ada/Tidak ada	Ada/Tidak ada
41	16:2 FTOH	16:2 Fluorotelomer alcohol	65104-67-8	-	Ada/Tidak ada	Ada/Tidak ada
42	18:2 FTOH	18:2 Fluorotelomer alcohol	65104-65-6	-	Ada/Tidak ada	Ada/Tidak ada
43	20:2 FTOH	20:2 Fluorotelomer alcohol	-	-	Ada/Tidak ada	Ada/Tidak ada
44	4:2 FTS	4:2 Fluorotelomer sulfonic acid	757124-72-4	-	<5,20	<0,05
45	6:2 FTS	6:2 Fluorotelomer sulfonic acid	27619-97-2	-	<26,0	<2,5
46	8:2 FTS	8:2 Fluorotelomer sulfonic acid	39108-34-4	-	<26,0	<2,5
47	10:2 FTS	10:2 Fluorotelomer sulfonic acid	120226-60-0	-	<26,0	<2,5

Jenis PFAS yang dianalisis dan LOQ

No.	Jenis PFAS	Nama lengkap	CAS	LOQ (ng/g)		
				Gel. 1 (2019)	Gel. 2 (2020)	Gel. 3 (2022)
48	12:2 FTS	12:2 Fluorotelomer sulfonic acid	120226-60-0	-	Ada/Tidak ada	Ada/Tidak ada
49	14:2 FTS	14:2 Fluorotelomer sulfonic acid	149246-64-0	-	Ada/Tidak ada	Ada/Tidak ada
50	16:2 FTS	16:2 Fluorotelomer sulfonic acid	1377603-17-2	-	Ada/Tidak ada	Ada/Tidak ada
51	6:2 PAP / 6:2 monoPAP	6:2 Polyfluoroalkyl phosphoric acid monoester	57678-01-0	-	<260	<2,5
52	8:2 PAP / 8:2 monoPAP	8:2 Polyfluoroalkyl phosphoric acid monoester	57678-03-02	-	<260	<2,5
53	6:2 diPAP	6:2/6:2 Fluorotelomer phosphate diester	57677-95-9	-	<26,0	<0,05
54	6:2 8:2 diPAP	6:2/8:2 Fluorotelomer phosphate diester	943913-15-3	-	<26,0	<0,05
55	8:2 diPAP	8:2/8:2 Fluorotelomer phosphate diester	678-41-1	-	<26,0	<0,05
56	PFBPA	2,3,4,5,6-Pentafluorobenzylphosphonic acid	52299-24-8	-	<260	<2,5
57	PFHxPA	Perfluorohexyl phosphonic acid	40143-76-8	-	<26,0	<0,25
58	PFOPA	Perfluorooctyl phosphonic acid	40143-78-0	-	<26,0	<0,25
59	PFDPA	Perfluorodecyl phosphonic acid	52299-26-0	-	<26,0	<0,25



Lampiran B: Daftar sampel

Deskripsi sampel yang diuji

No.	Kode Sampel	Gel./Tahun	Jenis Produk	Merek/Perusahaan	Kategori	Negara Produksi	Negara Pembelian	Harga (IDR)	Deskripsi Produk	Gambar Produk
1	IDN-TX-01	1/2019	Hijab tahan air	Milyard Hijab	Tekstil	Indonesia	Indonesia	85.000	Tahan air Bahan: Voal	
2	IDN-TX-02	1/2019	Kemeja tahan air	-	Tekstil	-	Indonesia	67.500	Anti air atau anti fouling tahan hingga 5 tahun Bahan: 95% polyester	
3	IDN-TX-03	1/2019	Kemeja anak tahan air	-	Tekstil	-	Indonesia	25.000	Tahan air Bahan: Parasut	
4	IDN-TX-04	1/2019	Kaos anak tahan air	Locals	Tekstil	Indonesia	Indonesia	126.000	Tahan air Bahan: 100% katun	
5	IDN-TX-05	1/2019	Sarung tangan pemadam kebakaran	-	Tekstil	Indonesia	Indonesia	65.000	Tidak tersedia	
6	IDN-TX-06	1/2019	Celana tahan air	Neture hike	Tekstil	China	Indonesia	195.000	Tahan air Bahan: Poliester	
7	IDN-TX-07	1/2019	Baju olahraga	Tiento	Tekstil	Indonesia	Indonesia	234.000	100% elastis, tahan air, garam dan klorin Bahan: Spandeks impor	
8	IDN-TX-08	1/2019	Selimut api	Loschdech e	Tekstil	-	Indonesia	173.000	Tidak tersedia	
9	IDN-TX-09	2/2020	Kaos dewasa	Fashion	Tekstil	-	Indonesia	48.900	Tahan air, anti noda Bahan: 100% katun premium	
10	IDN-TX-10	2/2020	Sarung tangan hiking	Nature hike	Tekstil	China	Indonesia	119.900	Material: Polyester	

Deskripsi sampel yang diuji

No.	Kode Sampel	Gel./Tahun	Jenis Produk	Merek/Perusahaan	Kategori	Negara Produksi	Negara Pembelian	Harga (IDR)	Deskripsi Produk	Gambar Produk
11	IDN-TX-11	2/2020	Hijab anti air	Umama	Tekstil	Indonesia	Indonesia	25.000	Bahan: Poliester	
12	IDN-TX-12	2/2020	Celana pendek	Amazing	Tekstil	Indonesia	Indonesia	94.000	Tahan air Bahan: Taslan	
13	IDN-TX-13	2/2020	Sarung tangan	Golove Joy	Tekstil	-	Indonesia	103.000	Bahan: Bulu dan poliester	
14	IDN-PA-01	1/2019	Kertas termal	Printech	Kertas	Indonesia	Indonesia	12.500	Tahan panas	
15	IDN-PA-02	1/2019	Kertas bungkus burger	-	Kertas	Indonesia	Indonesia	28.500	Tahan minyak dan panas	
16	IDN-PA-03	1/2019	Kantong popcorn	Jolly Time	Kertas	Amerika Serikat	Indonesia	28.000	BPOM RI ML 873209015004 Diproduksi oleh: American Pop Corn Company, Sioux City, IOWA 51102, Amerika Serikat Diimpor oleh: PT United Harvest Indonesia, Jakarta 11630, Indonesia	
17	IDN-PA-04	1/2019	Kantong kertas makanan	-	Kertas	Indonesia	Indonesia	45.000	Oil resistant, Food grade	
18	IDN-PA-05	1/2019	Kotak makanan	-	Kertas	Indonesia	Indonesia	68.000	Oil and water resistant Material: Ivory and glossy inner laminating	

Deskripsi sampel yang diuji

No.	Kode Sampel	Gel./Tahun	Jenis Produk	Merek/Perusahaan	Kategori	Negara Produksi	Negara Pembelian	Harga (IDR)	Deskripsi Produk	Gambar Produk
19	IDN-RB-01	1/2019	Karet remah	-	Kertas	-	Indonesia	5.000	Hitam 20-80 mesh Tidak tercampur dengan tali dan bulu halus ban Bahan: styrene-butadiene rubber (SBR)	
20	IDN-PA-06	2/2020	Kantong popcorn	Jolly Time	Kertas	Amerika Serikat	Indonesia	39.900	B POM RI ML 873209018004 Diproduksi oleh: American Pop Corn Company, Sioux City, IOWA 51102, Amerika Serikat Diimpor oleh: PT United Harvest Indonesia, Jakarta 11630, Indonesia	
21	IDN-PA-07	2/2020	Kantong popcorn	Jolly Time	Kertas	Amerika Serikat	Indonesia	28.900	B POM RI ML 873209019004 Diproduksi oleh: American Pop Corn Company, Sioux City, IOWA 51102, Amerika Serikat Diimpor oleh: PT United Harvest Indonesia, Jakarta 11630, Indonesia	
22	IDN-PA-08	2/2020	Kantong popcorn	Jolly Time	Kertas	Amerika Serikat	Indonesia	28.900	B POM RI ML 873209014004 Diproduksi oleh: American Pop Corn Company, Sioux City, IOWA 51102, Amerika Serikat Diimpor oleh: PT United Harvest Indonesia, Jakarta 11630, Indonesia	





Deskripsi sampel yang diuji

No.	Kode Sampel	Gel./Tahun	Jenis Produk	Merek/Perusahaan	Kategori	Negara Produksi	Negara Pembelian	Harga (IDR)	Deskripsi Produk	Gambar Produk
23	IDN-PA-09	2/2020	Kantong popcorn	Jolly Time	Kertas	Amerika Serikat	Indonesia	29.000	BPOM RI ML 873209017004 Diproduksi oleh: American Pop Corn Company, Sioux City, IOWA 51102, Amerika Serikat Diimpor oleh: PT United Harvest Indonesia, Jakarta 11630, Indonesia	
24	IDN-PA-10	2/2020	Kantong popcorn	Jolly Time	Kertas	Amerika Serikat	Indonesia	29.900	BPOM RI ML 873209016004 Diproduksi oleh: American Pop Corn Company, Sioux City, IOWA 51102, Amerika Serikat Diimpor oleh: PT United Harvest Indonesia, Jakarta 11630, Indonesia	
25	IDN-PA-11	2/2020	Kantong popcorn	Jolly Time	Kertas	Amerika Serikat	Indonesia	28.000	BPOM RI ML 873209015004 Diproduksi oleh: American Pop Corn Company, Sioux City, IOWA 51102, Amerika Serikat Diimpor oleh: PT United Harvest Indonesia, Jakarta 11630, Indonesia	
26	IDN-PA-12	2/2020	Kantong popcorn	Preferred popcorn	Kertas	Amerika Serikat	Indonesia	14.950	BPOM RI ML 373209003528 Diproduksi oleh: Clark's Snacks, New Albany, AS Amerika Utara, Amerika Serikat Diimpor oleh: PT ACE Hardware Tbk, Jakarta 11610, Indonesia	

Deskripsi sampel yang diuji

No.	Kode Sampel	Gel./Tahun	Jenis Produk	Merek/Perusahaan	Kategori	Negara Produksi	Negara Pembelian	Harga (IDR)	Deskripsi Produk	Gambar Produk
27	IDN-PA-13	2/2020	Kantong popcorn	Preferred popcorn	Kertas	Amerika Serikat	Indonesia	7.450	BPOM RI ML 373209002528 Diproduksi oleh: Clark's Snacks, New Albany, AS Amerika Utara, Amerika Serikat Diimpor oleh: PT ACE Hardware Tbk, Jakarta 11610, Indonesia	
28	IDN-PA-14	2/2020	Kantong popcorn	Preferred popcorn	Kertas	Amerika Serikat	Indonesia	14.950	BPOM RI ML 373209001528 Diproduksi oleh: Clark's Snacks, New Albany, AS Amerika Utara, Amerika Serikat Diimpor oleh: PT ACE Hardware Tbk, Jakarta 11610, Indonesia	
29	IDN-PA-15	2/2020	Kantong popcorn	Preferred popcorn	Kertas	Amerika Serikat	Indonesia	14.950	BPOM RI ML 373209004528 Diproduksi oleh: Clark's Snacks, New Albany, AS Amerika Utara, Amerika Serikat Diimpor oleh: PT ACE Hardware Tbk, Jakarta 11610, Indonesia	
30	IDN-PA-16	2/2020	Mie instan gelas	Popmie	Kertas	Indonesia	Indonesia	5.400	Diproduksi oleh: PT Indofood CBP Sukses Makmur Tbk. Bekasi 17520, Indonesia	
31	IDN-PA-17	3/2022	Kantong popcorn	Jolly Time	Kertas	Amerika Serikat	Indonesia	28.900	BPOM RI ML 873209014004 Diproduksi oleh: American Pop Corn Company, Sioux City, IOWA 51102, Amerika Serikat Diimpor oleh: PT United Harvest Indonesia, Jakarta 11630, Indonesia	

Deskripsi sampel yang diuji

No.	Kode Sampel	Gel./Tahun	Jenis Produk	Merek/Perusahaan	Kategori	Negara Produksi	Negara Pembelian	Harga (IDR)	Deskripsi Produk	Gambar Produk
32	IDN-PA-18	3/2022	Kantong popcorn	Jolly Time	Kertas	Amerika Serikat	Indonesia	29.000	BPOM RI ML 873209017004 Diproduksi oleh: American Pop Corn Company, Sioux City, IOWA 51102, Amerika Serikat Diimpor oleh: PT United Harvest Indonesia, Jakarta 11630, Indonesia	
33	IDN-PA-19	3/2022	Kantong popcorn	Jolly Time	Kertas	Amerika Serikat	Indonesia	29.000	BPOM RI ML 873209016004 Diproduksi oleh: American Pop Corn Company, Sioux City, IOWA 51102, Amerika Serikat Diimpor oleh: PT United Harvest Indonesia, Jakarta 11630, Indonesia	
34	IDN-PA-20	3/2022	Kantong popcorn	Jolly Time	Kertas	Amerika Serikat	Indonesia	28.000	BPOM RI ML 873209015004 Diproduksi oleh: American Pop Corn Company, Sioux City, IOWA 51102, Amerika Serikat Diimpor oleh: PT United Harvest Indonesia, Jakarta 11630, Indonesia	
35	IDN-PA-21	3/2022	Kantong popcorn	Jolly Time	Kertas	Amerika Serikat	Indonesia	39.900	BPOM RI ML 873209018004 Diproduksi oleh: American Pop Corn Company, Sioux City, IOWA 51102, Amerika Serikat Diimpor oleh: PT United Harvest Indonesia, Jakarta 11630, Indonesia	

Deskripsi sampel yang diuji

No.	Kode Sampel	Gel./Tahun	Jenis Produk	Merek/Perusahaan	Kategori	Negara Produksi	Negara Pembelian	Harga (IDR)	Deskripsi Produk	Gambar Produk
36	IDN-PA-22	3/2022	Kantong popcorn	Preferred	Kertas	Amerika Serikat	Indonesia	36.000	BPOM RI ML 373209003528 Diproduksi oleh: Clark's Snacks, New Albany, AS Amerika Utara, Amerika Serikat Diimpor oleh: PT ACE Hardware Tbk, Jakarta 11610, Indonesia	
37	IDN-PA-23	3/2022	Kantong popcorn	ACT II	Kertas	Amerika Serikat	Indonesia	50.000	Tidak terdaftar di BPOM Diproduksi oleh: Conagra Brands Didistribusikan oleh Conagra Brands P.O. Box 3534, DEPT. A2 Chicago, IL 60654	
38	USA-PA-01	2/2020	Kantong popcorn	Jolly Time	Kertas	Amerika Serikat	Amerika Serikat	41.850	Diproduksi oleh: American Pop Corn Company, Sioux City, IOWA 51102, Amerika Serikat	
39	USA-PA-02	2/2020	Kantong popcorn	Jolly Time	Kertas	Amerika Serikat	Amerika Serikat	15.670	Diproduksi oleh: American Pop Corn Company, Sioux City, IOWA 51102, Amerika Serikat	
40	USA-PA-03	2/2020	Kantong popcorn	Jolly Time	Kertas	Amerika Serikat	Amerika Serikat	150.000	Diproduksi oleh: American Pop Corn Company, Sioux City, IOWA 51102, Amerika Serikat	
41	USA-PA-04	2/2020	Kantong popcorn	Jolly Time	Kertas	Amerika Serikat	Amerika Serikat	29.850	Diproduksi oleh: American Pop Corn Company, Sioux City, IOWA 51102, Amerika Serikat	
42	USA-PA-05	2/2020	Kantong popcorn	Preferred popcorn	Kertas	Amerika Serikat	Amerika Serikat	314.850	Diproduksi oleh: Clark's Snacks, New Albany, AS Amerika Utara, Amerika Serikat	

Deskripsi sampel yang diuji

No.	Kode Sampel	Gel./Tahun	Jenis Produk	Merek/Perusahaan	Kategori	Negara Produksi	Negara Pembelian	Harga (IDR)	Deskripsi Produk	Gambar Produk
43	USA-PA-06	2/2020	Kantong popcorn	Cousin Willie's	Kertas	Amerika Serikat	Amerika Serikat	29.850	Diproduksi oleh: Ramsey Popcorn Co., Inc, Home of Cousin Popcorn, 5645 Clover Valley Rd NW, Ramsey, IN 47166, Amerika Serikat	
44	USA-PA-07	2/2020	Kantong popcorn	Cousin Willie's	Kertas	Amerika Serikat	Amerika Serikat	29.850	Diproduksi oleh: Ramsey Popcorn Co., Inc, Home of Cousin Popcorn, 5645 Clover Valley Rd NW, Ramsey, IN 47166, Amerika Serikat	
45	USA-PA-08	2/2020	Kantong popcorn	Cousin Willie's	Kertas	Amerika Serikat	Amerika Serikat	29.850	Diproduksi oleh: Ramsey Popcorn Co., Inc, Home of Cousin Popcorn, 5645 Clover Valley Rd NW, Ramsey, IN 47166, Amerika Serikat	
46	USA-PA-09	2/2020	Kantong popcorn	Cousin Willie's	Kertas	Amerika Serikat	Amerika Serikat	37.500	Diproduksi oleh: Ramsey Popcorn Co., Inc, Home of Cousin Popcorn, 5645 Clover Valley Rd NW, Ramsey, IN 47166, Amerika Serikat	
47	USA-PA-10	2/2020	Kantong popcorn	Cousin Willie's	Kertas	Amerika Serikat	Amerika Serikat	29.850	Diproduksi oleh: Ramsey Popcorn Co., Inc, Home of Cousin Popcorn, 5645 Clover Valley Rd NW, Ramsey, IN 47166, Amerika Serikat	
48	USA-PA-11	3/2022	Kantong popcorn	Jolly Time	Kertas	Amerika Serikat	Amerika Serikat	29.850	Diproduksi oleh: American Pop Corn Company, Sioux City, IOWA 51102, Amerika Serikat	

Lampiran C: Konsentrasi PFAS dalam sampel yang diuji

Konsentrasi PFAS dalam sampel tekstil

Kode Sampel	Konsentrasi (ng/g)								
	PFBA	PFPeA	PFHxA	PFHpA	PFOA	PFNA	PFDA	PFUdA	PFDoA
IDN-TX-01/2019	1,01	<0,3	3,19	2,51	25,92	1,79	10,54	<0,3	4,87
IDN-TX-02/2019	<0,3	0,45	0,66	0,64	1,82	<0,3	0,43	<0,3	0,32
IDN-TX-03/2019	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	1,66	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
IDN-TX-04/2019	8,63	6,73	38,27	9,72	45,54	6,38	27,48	6,89	45,49
IDN-TX-05/2019	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	0,91	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
IDN-TX-06/2019	<0,3	<0,3	1,45	0,63	2,97	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
IDN-TX-07/2019	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
IDN-TX-08/2019	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
IDN-TX-09/2020	<1,70	<1,70	<1,70	<1,70	<1,70	<1,70	<1,70	<1,70	<1,70
IDN-TX-10/2020	<1,70	<1,70	<1,70	<1,70	<1,70	<1,70	<1,70	<1,70	<1,70
IDN-TX-11/2020	<1,70	<1,70	<1,70	<1,70	<1,70	<1,70	<1,70	<1,70	<1,70
IDN-TX-12/2020	<1,70	<1,70	<1,70	<1,70	<1,70	<1,70	<1,70	<1,70	<1,70
IDN-TX-13/2020	<1,70	<1,70	<1,70	<1,70	<1,70	<1,70	<1,70	<1,70	<1,70

Konsentrasi PFAS dalam sampel tekstil (lanjutan)

Kode Sampel	Konsentrasi (ng/g)							
	PFTrDA	PFTeDA	PFHxDA	PFODA	8:2 FTOH	12:2 FTOH	6:2 diPAP	6:2 8:2 diPAP
IDN-TX-01/2019	<0,3	2,23	<0,3	<0,3	-	-	-	-
IDN-TX-02/2019	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	-	-	-	-
IDN-TX-03/2019	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	-	-	-	-
IDN-TX-04/2019	4,20	33,39	16,90	3,64	-	-	-	-
IDN-TX-05/2019	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	-	-	-	-
IDN-TX-06/2019	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	-	-	-	-
IDN-TX-07/2019	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	-	-	-	-
IDN-TX-08/2019	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	-	-	-	-
IDN-TX-09/2020	<1,70	<1,70	<1,70	<1,70	52,40	Tidak ada	<26,0	<26,0
IDN-TX-10/2020	<1,70	<1,70	<1,70	<1,70	4,47	Tidak ada	<26,0	<26,0
IDN-TX-11/2020	<1,70	<1,70	<1,70	<1,70	252	Tidak ada	30.178	679
IDN-TX-12/2020	<1,70	<1,70	<1,70	<1,70	31	Tidak ada	<26,0	<26,0
IDN-TX-13/2020	<1,70	<1,70	<1,70	<1,70	103	Ada	<26,0	<26,0

Konsentrasi PFAS dalam sampel kertas dari Indonesia-bagian 1

Kode Sampel	Konsentrasi (ng/g)											
	PFBA	PFPeA	PFHxA	PFHpA	PFOA	PFNA	PFDA	PFUdA	PFDoA	PFTrDA	PFTeDA	6:2 FTOH
IDN-PA-01/2019	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	-
IDN-PA-02/2019	<0,3	<0,3	3,58	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	-
IDN-PA-03/2019	274,47	14,16	160,85	0,97	3,04	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	-
IDN-PA-04/2019	2,47	<0,3	12,13	0,94	2,85	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	-
IDN-PA-05/2019	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	0,47	0,48	0,51	0,63	0,59	0,48	-
IDN-PA-06/2020	<1,70	<1,70	<1,70	<1,70	<1,70	<1,70	<1,70	<1,70	<1,70	<1,70	<1,70	156
IDN-PA-07/2020	<1,70	<1,70	<1,70	<1,70	<1,70	<1,70	<1,70	<1,70	<1,70	<1,70	<1,70	170
IDN-PA-08/2020	<1,70	<1,70	<1,70	<1,70	<1,70	<1,70	<1,70	<1,70	<1,70	<1,70	<1,70	71,1
IDN-PA-09/2020	<1,70	<1,70	<1,70	<1,70	<1,70	<1,70	<1,70	<1,70	<1,70	<1,70	<1,70	16,6
IDN-PA-10/2020	<1,70	<1,70	<1,70	<1,70	<1,70	<1,70	<1,70	<1,70	<1,70	<1,70	<1,70	161
IDN-PA-11/2020	52,8	3,01	32,8	<1,70	<1,70	<1,70	<1,70	<1,70	<1,70	<1,70	<1,70	98,4

Konsentrasi PFAS dalam sampel kertas dari Indonesia-bagian 2

Kode Sampel	Konsentrasi (ng/g)									
	PFBA	PFHxA	PFHpA	6:2 FTOH	6:2 FTS	6:2 PAP / 6:2 monoPAP	8:2 PAP / 8:2 monoPAP	6:2 diPAP	6:2 8:2 diPAP	8:2 diPAP
IDN-PA-12/2020	<1,70	1,83	<1,70	641	<26,0	<260	<260	<26,0	<26,0	<26,0
IDN-PA-13/2020	<1,70	2,20	<1,70	531	<26,0	<260	<260	<26,0	<26,0	<26,0
IDN-PA-14/2020	<1,70	2,04	<1,70	923	<26,0	<260	<260	<26,0	<26,0	<26,0
IDN-PA-15/2020	<1,70	1,96	<1,70	699	<26,0	<260	<260	2,043	63,7	<26,0
IDN-PA-16/2020	<1,70	<1,70	<1,70	6,71	<26,0	<260	<260	<26,0	<26,0	<26,0
IDN-PA-17/2022	0,157	0,120	<0,025	19,60	0,310	38,0	7,45	0,236	0,108	0,063
IDN-PA-18/2022	0,061	0,228	<0,025	395	<0,25	30,3	23,9	0,206	0,131	0,085
IDN-PA-19/2022	0,126	0,272	0,045	229	<0,25	7,74	11,9	0,168	0,082	0,053
IDN-PA-20/2022	0,081	0,262	<0,025	175	<0,25	<2,5	9,90	0,098	0,059	<0,05
IDN-PA-21/2022	0,140	<0,025	<0,025	<1,60	<0,25	<2,5	<2,5	0,077	<0,05	<0,05
IDN-PA-22/2022	0,485	0,509	0,055	1.260	<0,25	<2,5	<2,5	<0,05	<0,05	<0,05
IDN-PA-23/2022	0,327	0,185	0,059	1.000	<0,25	<2,5	<2,5	0,072	<0,05	<0,05

Konsentrasi PFAS dalam sampel kertas dari Amerika Serikat

Kode Sampel	Konsentrasi (ng/g)		
	PFBA	PFHxA	6:2 FTOH
USA-PA-01/2020	<1,70	<1,70	68,80
USA-PA-02/2020	2,16	3,25	69,40
USA-PA-03/2020	<1,70	<1,70	29,90
USA-PA-04/2020	<1,70	<1,70	273,00
USA-PA-05/2020	<1,70	<1,70	384,00
USA-PA-06/2020	<1,70	<1,70	332,00
USA-PA-07/2020	<1,70	<1,70	359,00
USA-PA-08/2020	<1,70	<1,70	394,00
USA-PA-09/2020	<1,70	<1,70	106,00
USA-PA-10/2020	<1,70	<1,70	437,00
USA-PA-11/2022	0,288	0,303	730,00

Konsentrasi PFAS dalam sampel karet remah

Kode Sampel	Konsentrasi (ng/g)
	PFHxA
IDN-RB-01/2019	0,31

Lampiran D: PFAS konsentrasi area (densitas)

Densitas PFAS dalam sampel tekstil

Kode Sampel	Densitas ($\mu\text{g}/\text{m}^2$)												
	PFBA	PFPeA	PFHxA	PFHpA	PFOA	PFNA	PFDA	PFUdA	PFDoA	PFTrDA	PFTeDA	PFHxDA	PFODA
IDN-TX-01/ 2019	0,008	<0,005	0,024	0,019	0,196	0,014	0,08	<0,005	0,037	<0,005	0,017	<0,005	<0,005
IDN-TX-02/ 2019	<0,005	0,007	0,011	0,01	0,029	<0,005	0,007	<0,005	0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
IDN-TX-03/ 2019	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,02	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
IDN-TX-04/ 2019	0,135	0,105	0,599	0,152	0,712	0,1	0,43	0,108	0,711	0,066	0,522	0,264	0,057
IDN-TX-05/2019	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,024	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
IDN-TX-06/2019	<0,005	<0,005	0,013	0,006	0,026	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005

Densitas PFAS dalam sampel tekstil

Kode Sampel	Densitas (ng/cm^2)		
	8:2 FTOH	6:2 diPAP	6:2 8:2 diPAP
IDN-TX-09/2020	1,750	<1,6	<1,6
IDN-TX-10/2020	0,113	<1,6	<1,6
IDN-TX-11/2020	1,850	221	4,968
IDN-TX-12/2020	0,285	<1,6	<1,6
IDN-TX-13/2020	6,070	<1,6	<1,6

Densitas PFAS dalam sampel kertas

Kode Sampel	Densitas ($\mu\text{g}/\text{m}^2$)												
	PFBA	PFPeA	PFHxA	PFHpA	PFOA	PFNA	PFDA	PFUdA	PFDoA	PFTrDA	PFTeDA	PFHxDA	PFODA
IDN-PA-02/ 2019	<0,005	<0,005	0,014	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
IDN-PA-03/ 2019	2,70	0,14	1,58	0,01	0,03	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
IDN-PA-04/ 2019	0,014	<0,005	0,068	0,005	0,016	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
IDN-PA-05/ 2019	<0,005	<0,005	<0,005	0,006	<0,005	0,011	0,011	0,012	0,015	0,014	0,011	0,007	0,006

Densitas PFAS dalam sampel kertas (lanjutan)

Kode Sampel	Densitas (ng/cm ²)					
	PFBA	PFPeA	PFHxA	6:2 FTOH	6:2 diPAP	6:2 8:2 diPAP
IDN-PA-06/2020	<0,015	<0,015	<0,015	1,440	<0,24	<0,24
IDN-PA-07/2020	<0,015	<0,015	<0,015	2,180	<0,24	<0,24
IDN-PA-08/2020	<0,015	<0,015	<0,015	0,628	<0,24	<0,24
IDN-PA-09/2020	<0,015	<0,015	<0,015	0,154	<0,24	<0,24
IDN-PA-10/2020	<0,015	<0,015	<0,015	1,670	<0,24	<0,24
IDN-PA-11/2020	0,725	0,041	0,450	1,350	<0,24	<0,24
IDN-PA-12/2020	<0,015	<0,015	0,023	8,130	<0,24	<0,24
IDN-PA-13/2020	<0,015	<0,015	0,031	7,410	<0,24	<0,24
IDN-PA-14/2020	<0,015	<0,015	0,023	10,60	<0,24	<0,24
IDN-PA-15/2020	<0,015	<0,015	0,018	6,460	18,9	0,589
IDN-PA-16/2020	<0,015	<0,015	<0,015	0,214	<0,24	<0,24

Densitas PFAS dalam sampel kertas (lanjutan)

Kode Sampel	Densitas (ng/cm ²)									
	PFBA	PFHxA	PFHpA	6:2 FTOH	6:2 FTS	6:2 monoPAP	8:2 monoPAP	6:2 diPAP	6:2 8:2 diPAP	8:2 diPAP
IDN-PA-17/2022	0,0025	0,0019	<0,0003	0,308	0,005	0,5950	0,1170	0,0037	0,0017	0,0010
IDN-PA-18/2022	0,0010	0,0036	<0,0003	6,186	<0,003	0,4740	0,3740	0,0032	0,0020	0,0013
IDN-PA-19/2022	0,0020	0,0043	0,0007	3,606	<0,003	0,1220	0,1880	0,0026	0,0013	0,0008
IDN-PA-20/2022	0,0013	0,0041	<0,0003	2,750	2,749	<0,003	0,1550	0,0015	0,0009	<0,0005
IDN-PA-21/2022	0,0022	<0,0003	<0,0003	<0,015	<0,003	<0,003	<0,03	0,0012	<0,0005	<0,0005
IDN-PA-22/2022	0,0076	0,0080	0,0009	19,7140	<0,003	<0,003	<0,03	<0,0005	<0,0005	<0,0005
IDN-PA-23/2022	0,0051	0,0029	0,0009	15,6580	<0,003	<0,003	<0,03	0,0011	<0,0005	<0,0005

Densitas PFAS dalam sampel kertas dari Amerika Serikat

Kode Sampel	Densitas (ng/cm ²)		
	PFBA	PFHxA	6:2 FTOH
USA-PA-01/2020	<0,015	<0,015	<0,015
USA-PA-02/2020	0,020	0,030	0,648
USA-PA-03/2020	<0,015	<0,015	0,314
USA-PA-04/2020	<0,015	<0,015	1,690
USA-PA-05/2020	<0,015	<0,015	3,540
USA-PA-06/2020	<0,015	<0,015	3,840
USA-PA-07/2020	<0,015	<0,015	3,370
USA-PA-08/2020	<0,015	<0,015	3,630
USA-PA-09/2020	<0,015	<0,015	0,988
USA-PA-10/2020	<0,015	<0,015	3,750

Densitas PFAS dalam sampel kertas dari Amerika Serikat

Kode Sampel	Densitas (ng/cm ²)		
	PFBA	PFHxA	FHET
USA-PA-11/2022	0,0045	0,0047	11,4100

Densitas PFAS dalam sampel karet remah

Kode Sampel	Densitas (µg/m ²)	
	PFHxA	PFNA
IDN-RB-01/2019	0,017	0,009

Referensi

- ¹ Nexus3 Foundation (2019). PFAS Situation Report: Indonesia. <https://www.nexus3foundation.org/2019/04/22/pfas-situation-report-indonesia/>
- ² Nexus3-IPEN. (2023). Toxic Hazards in Microwave Popcorn. IPEN-Nexus3. <https://ipen.org/documents/toxic-hazards-microwave-popcorn>
- ³ OECD. (2018). Toward A New Comprehensive Global Database of Per- And Polyfluoroalkyl Substances (PFASs): Summary Report on Updating the OECD 2007 List of Per- And Polyfluoroalkyl Substances (PFASs). 2018, OECD - IOMC: Paris.
- ⁴ J. Glüge, M. Scheringer, I. T. Cousins, J. C. Dewitt, G. Goldenman, D. Herzke, et al. (2020). An overview of the uses of per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS). *Environmental Science: Processes & Impacts* 2020 Vol. 22 Issue 12 Pages 2345-2373. DOI 10.1039/d0em00291g
- ⁵ Lohmann, R. et al. (2020) "Are fluoropolymers really of low concern for human and environmental health and separate from other pfas?," *Environmental Science & Technology*, 54(20), pp. 12820–12828. Available at: <https://doi.org/10.1021/acs.est.0c03244>.
- ⁶ Hanssen, L., et al. (2013). Partition of perfluoroalkyl substances (PFASs) in whole blood and plasma, assessed in maternal and umbilical cord samples from inhabitants of arctic Russia and Uzbekistan. *Sci Total Environ*, 2013. 447: p. 430-7. DOI 10.1016/j.ecoenv.2013.06.006.
- ⁷ Yeung, L.W., et al. (2013). Profiles of perfluoroalkyl substances in the liver and serum of patients with liver cancer and cirrhosis in Australia. *Ecotoxicol Environ Saf*, 2013. 96: p. 139-46. DOI 10.1016/j.ecoenv.2013.06.006.
- ⁸ Tao, L., et al. (2008). Perfluorinated Compounds in Human Breast Milk from Several Asian Countries, and in Infant Formula and Dairy Milk from the United States. *Environmental Science & Technology*, 2008. 42(22): p. 8597-8602. DOI 10.2147/dms0.s173809
- ⁹ Conway, B.N., et al. (2018). Perfluoroalkyl substances and kidney function in chronic kidney disease, anaemia, and diabetes. *Diabetes, Metabolic Syndrome and Obesity: Targets and Therapy*, 2018. 11: p. 707–716. DOI 10.2147/dms0.s173809
- ¹⁰ Pennings, J.L.A., et al. (2016). Cord blood gene expression supports that prenatal exposure to perfluoroalkyl substances causes depressed immune functionality in early childhood. *Journal of Immunotoxicology*, 2016. 13(2): p. 173-180. DOI 10.1016/j.chemosphere.2010.06.023
- ¹¹ Stockholm Convention. Chemicals under Reviews. <http://chm.pops.int/Convention/POPsReviewCommittee/Chemicals/tabid/243/Default.aspx>
- ¹² Sunderland, Elsie, et al. (2019). A review of the pathways of human exposure to poly- and perfluoroalkyl substances 4 (PFASs) and present understanding of health effects. *Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology*, volume 29, pages 131–147 (2019) DOI 10.1038/s41370-018-0094-1
- ¹³ S.-J. Kim, E.-J. Choi, G.-W. Choi, Y.-B. Lee and H.-Y. Cho. (2019). Exploring sex differences in human health risk assessment for PFNA and PFDA using a PBPK model. *Archives of Toxicology* 2019 Vol. 93 Issue 2 Pages 311-330. DOI 10.1007/s00204-018-2365-y
- ¹⁴ Grandjean, P., Andersen, E.W., Budtz-Jørgensen, E., Nielsen, F., Mølbak, K., Weihe, P., Heilmann, C. (2012). Serum vaccine antibody concentrations in children exposed to perfluorinated compounds. *Serum vaccine JAMA*, 307: 391-397. DOI 10.1001/jama.2011.2034
- ¹⁵ Berit Granum, Line S. Haug, Ellen Namork, Solvor B. Stølevik, Cathrine Thomsen, Ingeborg S. Aaberge, Henk van Loveren, Martinus Løvik & Unni C. Nygaard. (2013). Prenatal exposure to perfluoroalkyl substances may be associated with altered vaccine antibody levels and immune-related health outcomes in early childhood, *Journal of Immunotoxicology*, 10:4, 373-379, DOI 10.3109/1547691X.2012.755580
- ¹⁶ Rosenmai, A.K., Taxvig, C., Svingen, T., Trier, X., van Vugt-Lussenburg, B.M.A., Pedersen, M., Lesné, L., Jégou, B. and Vinggaard, A.M. (2016). Fluorinated alkyl substances and technical mixtures used in food paper-packaging exhibit endocrine-related activity in vitro. *Andrology*, 4: 662-672. DOI 10.1111/andr.12190
- ¹⁷ Barry, V.; Winqvist, A.; Steenland, K. (2013). Perfluorooctanoic Acid (PFOA) Exposures and Incident Cancers among 2 Adult Living Near a Chemical Plant. *Environmental Health Perspectives* Vol 121 No. 11-12. DOI 10.1289/ehp.1306615
- ¹⁸ M. Huang, J. Jiao, P. Zhuang, X. Chen, J. Wang, and Y. Zhang. (2018). Serum polyfluoroalkyl chemicals are associated with risk of cardiovascular diseases in national US population. *Environ Int* 2018 Vol. 119 Pages 37-46. DOI 10.1016/j.envint.2018.05.051

- ¹⁹ Y. Zhu, X.-D. Qin, X.-W. Zeng, G. Paul, L. Morawska, M.-W. Su, et al. (2016). Associations of serum perfluoroalkyl acid levels with T-helper cell-specific cytokines in children: By gender and asthma status. *Science of The Total Environment* 2016 Vol. 559 Pages 166-173. DOI 10.1016/j.scitotenv.2016.03.187
- ²⁰ X. Song, S. Tang, H. Zhu, Z. Chen, Z. Zang, Y. Zhang, et al. (2018). Biomonitoring PFAAs in blood and semen samples: Investigation of a potential link between PFAAs exposure and semen mobility in China. *Environment International* 2018 Vol. 113 Pages 50-54. DOI 10.1016/j.envint.2018.01.010.
- ²¹ Ding, N., Harlow, S. D., Randolph, J. F., Jr., Loch-Carusio, R., & Park, S. K. (2020). Perfluoroalkyl and polyfluoroalkyl substances (PFAS) and their effects on the ovary. *Hum Reprod Update*, 26(5), 724-752. DOI 10.1093/humupd/dmaa018
- ²² Wang, Y., Zhang, L., Teng, Y., Zhang, J., Yang, L., Li, J., Wu, Y. (2018). Association of serum levels of perfluoroalkyl substances with gestational diabetes mellitus and postpartum blood glucose. *Journal of Environmental Sciences*, 69, 5-11. DOI 10.1016/j.jes.2018.03.016
- ²³ Zhou, Y., Hu, L.-W., Qian, Z., Chang, J.-J., King, C., Paul, G. Dong, G.-H. (2016). Association of perfluoroalkyl substances exposure with reproductive hormone levels in adolescents: By sex status. *Environment International*, 94, 189-195. DOI 10.1016/j.envint.2016.05.018
- ²⁴ Cao, W., Liu, X., Liu, X., Zhou, Y., Zhang, X., Tian, H., Sun, X. (2018). Perfluoroalkyl substances in umbilical cord serum and gestational and postnatal growth in a Chinese birth cohort. *Environ Int*, 116, 197-205. DOI 10.1016/j.envint.2018.04.015
- ²⁵ Bao, W. W., Qian, Z. M., Geiger, S. D., Liu, E., Liu, Y., Wang, S. Q., . . . Dong, G. H. (2017). Gender-specific associations between serum isomers of perfluoroalkyl substances and blood pressure among Chinese: Isomers of C8 Health Project in China. *Sci Total Environ*, 607-608, 1304-1312. DOI 10.1016/j.scitotenv.2017.07.124
- ²⁶ Zhou, W., Zhang, L., Tong, C., Fang, F., Zhao, S., Tian, Y., Zhang, J. (2017). Plasma Perfluoroalkyl and Polyfluoroalkyl Substances Concentration and Menstrual Cycle Characteristics in Preconception Women. *Environ Health Perspect*, 125(6), 067012. DOI 10.1289/ehp1203
- ²⁷ Li, M., Zeng, X.-W., Qian, Z., Vaughn, M. G., Sauvé, S., Paul, G., . . . Dong, G.-H. (2017). Isomers of perfluorooctanesulfonate (PFOS) in cord serum and birth outcomes in China: Guangzhou Birth Cohort Study. *Environment International*, 102, 1-8. DOI 10.1016/j.envint.2017.03.006
- ²⁸ B. Wang, R. Zhang, F. Jin, H. Lou, Y. Mao, W. Zhu, et al. (2017). Perfluoroalkyl substances and endometriosis-related infertility in Chinese women. *Environ Int* 2017 Vol. 102 Pages 207-212. DOI 10.1016/j.envint.2017.03.003
- ²⁹ X. D. Qin, Z. M. Qian, S. C. Dharmage, J. Perret, S. D. Geiger, S. E. Rigdon, et al. (2017). Association of perfluoroalkyl substances exposure with impaired lung function in children. *Environ Res* 2017 Vol. 155 Pages 15-21. DOI 10.1016/j.envres.2017.01.025
- ³⁰ Goldenman, G., et al. (2019). The cost of inaction. A socioeconomic analysis of environmental and health impacts linked to exposure to PFAS. Vol. TemaNord 2019:516. 2019: Nordic Council of Ministers.
- ³¹ Kelly, B.C. et al. (2009). "Perfluoroalkyl contaminants in an arctic marine food web: Trophic magnification and wildlife exposure," *Environmental Science & Technology*, 43(11), pp. 4037-4043. Available at: <https://doi.org/10.1021/es9003894>.
- ³² Ask, A.V. et al. (2021). "Per- and polyfluoroalkyl substances are positively associated with thyroid hormones in an Arctic seabird," *Environmental Toxicology and Chemistry*, 40(3), pp. 820-831. Available at: <https://doi.org/10.1002/etc.4978>.
- ³³ Mahmoudnia, A. The role of PFAS in unsettling ocean carbon sequestration. *Environ Monit Assess* 195, 310 (2023). <https://doi.org/10.1007/s10661-023-10912-8>
- ³⁴ Dulsat-Masvidal, M. et al. (2022) "Pilot monitoring scheme of water pollutants in important bird and biodiversity areas," *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 237, p. 113562. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2022.113562>.
- ³⁵ Vieira, V. M., Hoffman, K., Shin, H. M., Weinberg, J. M., Webster, T. F., & Fletcher, T. (2013). Perfluorooctanoic acid exposure and cancer outcomes in a contaminated community: a geographic analysis. *Environmental health perspectives*, 121(3), 318-323.
- ³⁶ Lerner S (2018) 3M Knew About the Dangers of PFOA and PFOS Decades Ago, Internal Documents Show, The Intercept, <https://theintercept.com/2018/07/31/3m-pfas-minnesota-pfoa-pfos/>
- ³⁷ 3M to Exit PFAS Manufacturing by the End of 2025. 3M News Centre. <https://news.3m.com/2022-12-20-3M-to-Exit-PFAS-Manufacturing-by-the-End-of-2025>
- ³⁸ Centres for Disease Control and Prevention (CDC). (2009). Fourth National Report on Human Exposure to Environmental Chemicals. Department of Health and Human Services, Pages 247-257. <https://www.cdc.gov/exposurereport/pdf/FourthReport.pdf>

- ³⁹ National Institutes of Health (NIH). (2016). Perfluorinated Chemicals (PFASs). National Institute of Environmental Health Services Website. Accessed October 2, 2018. <https://www.niehs.nih.gov/health/topics/agents/PFAS/index.cfm>.
- ⁴⁰ Houtz, E.F., Higgins, C.P., Field, J.A., Sedlak, D.L. (2013). Persistence of perfluoroalkyl acid precursors in AFFF impacted groundwater and soil. *Environ. Sci. Technol.* 47(15), 8187-8195. DOI 10.1016/j.foodchem.2021.129137
- ⁴¹ EWG. (2020). Mapping the PFAS contamination crisis: New data show 2,858 sites in 50 states and two territories https://www.ewg.org/interactive-maps/pfas_contamination/
- ⁴² Nexus3, BaliFokus, IPEN. (2019). Indonesia: PFAS Country Situation Report. https://ipen.org/sites/default/files/documents/indonesia_pfas_country_situation_report_apr_2019.pdf
- ⁴³ IPEN (2018). IPEN Position Paper POPRC 2018. https://ipen.org/sites/default/files/documents/IPEN_F3_Position_Paper_POPRC-14_12September2018d.pdf
- ⁴⁴ Nexus3 & IPEN. (2019). PFAS Situation Report: Indonesia. Retrieved from Jakarta, San Francisco: <https://www.nexus3foundation.org/2019/04/22/pfas-situation-report-indonesia/>
- ⁴⁵ Jessica Lyons Hardcastle. (2014). Toxic Chemicals In World Cup Soccer Gear, Greenpeace Says. May 21, 2014. <https://www.environmentalleader.com/2014/05/toxic-chemicals-in-world-cup-soccer-gear-greenpeace-says/>
- ⁴⁶ The Ecology Center. (2019). Wolverine Worldwide Product Testing Report: PFAS Chemicals in Shoes. Institution: The Ecology Center, University of Notre Dame, and Indiana University 2019. <https://www.ecocenter.org/our-work/healthy-stuff-lab/reports/wolverine-worldwide-shoes-pfas-results>
- ⁴⁷ T. P. Knepper, T. Frömel, C. Gremmel, I. van Driezum, H. Weil, R. Vestergren, et al. (2014). Understanding the exposure pathways of per- and polyfluoroalkyl substances (PFASs) via use of PFASs-containing products – risk estimation for man and environment. Institution: The Federal Environment Agency (Germany), Umweltbundesamt. Dessau-Roßlau, Germany. ISSN 1862-4804. https://www.wasserresources.at/fileadmin/user_uploads/Publications/van_Driezum_UBA_report_2014.pdf
- ⁴⁸ Franko, J., et al. (2012). Dermal penetration potential of perfluorooctanoic acid (PFOA) in human and mouse skin. *J Toxicol Environ Health A*, 2012. **75**(1): p. 50-62.
- ⁴⁹ Kudo, N. and Y. Kawashima. (2003). "Toxicity and Toxicokinetics of Perfluorooctanoic Acid in Humans and Animals." *The Journal of Toxicological Sciences* **28**(2): 49-57.
- ⁵⁰ Shane, H.L. et al. (2020). Immunotoxicity and allergenic potential induced by topical application of perfluorooctanoic acid (PFOA) in a murine model. *Food Chem Toxicol*, 2020. **136**: p. 111114.
- ⁵¹ Lerch, M., Fengler, R., Mbog, G.-R., Nguyen, K. H., & Granby, K. (2023). Food simulants and real food – what do we know about the migration of pfas from paper based Food Contact Materials? *Food Packaging and Shelf Life*, 35, 100992. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2022.100992>
- ⁵² Begley, TH; Hsu, W.; Noonan, G.; Diachenko G. (2008). Migration of fluorochemical paper additives from food-contact paper into foods and food simulants. *Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess* 25(3):384–390, PMID: 18311629, DOI 10.1080/02652030701513784
- ⁵³ Itsaso Zabaleta, Laura Blanco-Zubiaguirre, Ekin Nilsu Baharlia, Maitane Olivares, Ailette Prieto, Olatz Zuloaga, María P. Elizalde. (2020). Occurrence of per- and polyfluorinated compounds in paper and board packaging materials and migration to food simulants and foodstuffs. DOI 10.1016/j.foodchem.2020.126746
- ⁵⁴ Li J, Wang L, Zhang X, Liu P, Deji Z, Xing Y, Zhou Y, Lin X, Huang Z. (2022). Per- and polyfluoroalkyl substances exposure and its influence on the intestinal barrier: An overview on the advances. *Sci Total Environ*. 2022 Aug 30; 852:158362. DOI 10.1016/j.scitotenv.2022.158362. Epub ahead of print. PMID: 36055502.
- ⁵⁵ European Food Safety Authority. (2012). Perfluoroalkylated substances in food: occurrence and dietary exposure. *EFSA journal*, 10(6), 2743.
- ⁵⁶ Tittlemier, S. A., Pepper, K., Seymour, C., Moisey, J., Bronson, R., Cao, X. L., & Dabeka, R. W. (2007). Dietary exposure of Canadians to perfluorinated carboxylates and perfluorooctane sulfonate via consumption of meat, fish, fast foods, and food items prepared in their packaging. *Journal of agricultural and food chemistry*, 55(8), 3203-3210.
- ⁵⁷ V. Hlouskova, P. Hradkova, J. Poustka, G. Brambilla, S. P. De Filippis, W. D'Hollander, et al. (2013). Occurrence of perfluoroalkyl substances (PFASs) in various food items of animal origin collected in four European countries. *Food Additives & Contaminants: Part A* 2013 Vol. 30 Issue 11 Pages 1918-1932. DOI: 10.1080/19440049.2013.837585
- ⁵⁸ I. van der Veen, A. C. Hanning, A. Stare, P. E. G. Leonards, J. de Boer and J. M. Weiss. (2020). The effect of weathering on per- and polyfluoroalkyl substances (PFASs) from durable water repellent (DWR) clothing. *Chemosphere* 2020 Vol. 249 Pages 126100. Accession Number: 32062207 DOI: 10.1016/j.chemosphere.2020.126100
- ⁵⁹ Gremmel, C., T. Fromel, and T.P. Knepper. (2016). Systematic determination of perfluoroalkyl and polyfluoroalkyl substances (PFASs) in outdoor jackets. *Chemosphere*, 2016. 160: p. 173-80.

-
- ⁶⁰ Poonthong, S., et al. (2019). Hand Wipes: A Useful Tool for Assessing Human Exposure to Poly- and Perfluoroalkyl Substances (PFASs) through Hand-to-Mouth and Dermal Contacts. *Environmental Science & Technology*, 2019. **53**(4): p. 1985-1993.
- ⁶¹ Lassen, C., Kjølholt, J., Mikkelsen, S. H., Warming, M., Jensen, A. A., Bossi, R., & Nielsen, I. B. (2015). Polyfluoroalkyl substances (PFASs) in textiles for children. Copenhagen: Danish EPA. <https://www2.mst.dk/Udgiv/publications/2015/04/978-87-93352-12-4.pdf>
- ⁶² Van Der Veen, I., et al. (2020). The effect of weathering on per- and polyfluoroalkyl substances (PFASs) from durable water repellent (DWR) clothing. *Chemosphere*, 2020. **249**: p. 126100.
- ⁶³ Huber, S., et al. (2009). Emissions from incineration of fluoropolymer materials - A literature survey.
- ⁶⁴ Arkenbout, A. (2018). Long-term sampling emission of PFOS and PFOA of a Waste-to-Energy incinerator.
- ⁶⁵ Mühle, J., et al. (2019). Perfluorocyclobutane (PFC-318) in the global atmosphere. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 2019. **19**(15): p. 10335-10359.
- ⁶⁶ Wohlin, D. (2020). Analysis of PFAS in ash from incineration facilities from Sweden, in Bachelor thesis in chemistry, 30HP. 2020, Örebro University, Sweden.
- ⁶⁷ Petrlik, J. and L. Bell. (2017). Toxic Ash Poisons Our Food Chain. 2017. p. 108.
- ⁶⁸ Kim, J.W., et al. (2013). Contamination by perfluorinated compounds in water near waste recycling and disposal sites in Vietnam. *Environ Monit Assess*, 2013. **185**(4): p. 2909-19.
- ⁶⁹ Zhang, T., et al. (2019). Health Status of Elderly People Living Near E-Waste Recycling Sites: Association of E-Waste Dismantling Activities with Legacy Perfluoroalkyl Substances (PFASs). *Environmental Science & Technology Letters*, 2019. **6**(3): p. 133-140.
- ⁷⁰ Stockholm Convention. PFOS listing. <http://chm.pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-COP.4-SC-4-17.English.pdf>
- ⁷¹ Stockholm Convention. PFOA listing. <http://chm.pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-COP.9-SC-9-12.English.pdf>
- ⁷² Stockholm Convention. The new POPs under the Stockholm Convention. PFHxS. <http://www.pops.int/TheConvention/ThePOPs/TheNewPOPs/tabid/2511/Default.aspx>
- ⁷³ Stockholm Convention Secretariat. Status of Ratification. Accessed by 20 October 2019 from <http://chm.pops.int/Countries/StatusofRatifications/PartiesandSignatoires/tabid/4500/Default.aspx>
- ⁷⁴ Stockholm Convention Secretariat. The new POPs under the Stockholm Convention. The Conference of the Parties adopted amendments at its meetings. <http://chm.pops.int/TheConvention/ThePOPs/TheNewPOPs/tabid/2511/Default.aspx>
- ⁷⁵ Stockholm Convention Secretariat. The communications and letters sent by the Secretariat to Parties and other stakeholders are posted and maintained on this page, as a source of information. <http://chm.pops.int/TheConvention/Communications/tabid/3391/Default.aspx>
- ⁷⁶ Stockholm Convention. (2001). SC-10/13: Listing of perfluorohexane sulfonic acid (PFHxS), its salts and PFHxS-related compounds. <https://treaties.un.org/doc/Publication/CN/2022/CN.401.2022-Eng.pdf>
- ⁷⁷ Stockholm Convention Secretariat. Communications. The communications and letters sent by the Secretariat to Parties and other stakeholders are posted and maintained on this page, as a source of information. <http://chm.pops.int/TheConvention/Communications/tabid/3391/Default.aspx>
- ⁷⁸ C. Lassen, J. Kjølholt, S. H. Mikkelsen, M. Warming, A. A. Jensen, R. Bossi, et al. (2015). Polyfluoroalkyl substances (PFASs) in textiles for children. Publisher: Danish EPA. ISBN 978-87-93352-12-4 2015 <https://www2.mst.dk/Udgiv/publications/2015/04/978-87-93352-12-4.pdf>
- ⁷⁹ ECHA. (2023). ECHA publishes PFAS restriction proposal. ECHA/NR/23/04. <https://echa.europa.eu/cs/-/echa-publishes-pfas-restriction-proposal>
- ⁸⁰ Pikiran Toko dan Staes yang Lebih Aman (2021) Tindakan PFAS: Pemerintah, Pengecer, dan Merek Meningkatkan lembar fakta <https://www.saferstates.com/assets/Uploads/PFAS-Momentum-Factsheet-12.23.2021.pdf>
- ⁸¹ United States Environmental Protection Agency, webpage accessed April 14th 2023, <https://www.epa.gov/sdwa/and-polyfluoroalkyl-substances-pfas>
- ⁸² KLHK. (2014). Review and Update of National Implementation Plan for Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants in Indonesia. Institution: Ministry of Environment of Indonesia 2014 Jakarta. Accessed by 01 October 2021 from: <http://chm.pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-NIP-Indonesia-COP4.English.pdf>

-
- ⁸³ Peraturan Pemerintah (PP) No. 74 tahun 2001 tentang Pengelolaan Bahan Berbahaya dan Beracun <https://peraturan.bpk.go.id/Home/Details/53080/pp-no-74-tahun-2001>
- ⁸⁴ PERATURAN MENTERI NEGARA LINGKUNGAN HIDUP NO. 02 TAHUN 2010 TENTANG PENGGUNAAN SISTEM ELEKTRONIK REGISTRASI BAHAN BERBAHAYA DAN BERACUN DALAM KERANGKA INDONESIA NATIONAL SINGLE WINDOW di KEMENTERIAN LINGKUNGAN HIDUP <https://jdih.go.id/files/146/MLH%20P.2.pdf>
- ⁸⁵ PP No. 74 tahun 2001 (n 55), Art 41 (transitional provisions) of this regulation only obligates registration of chemicals which have not been registered but have been distributed prior to the entry into force of this regulation.
- ⁸⁶ AlÁfghani, M.M. and Paramita, Dyah. (2018). Regulatory Challenges in the Phasing-Out of Persistent Organic Pollutants in Indonesia. *International Chemical Regulatory and Law Review* 2018 Vol. 1 Issue 1. DOI: 10.21552/icrl/2018/1/5 <https://doi.org/10.21552/icrl/2018/1/5>
- ⁸⁷ KLHK. (2021). Review and Update of Indonesia's National Implementation Plans (NIP) for the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants (POPs). Institution: Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan 2021 Jakarta. Retrieved by 01 November 2022 from <http://chm.pops.int/implementation/NationalImplementationPlans/NIPTransmission/tabid/253/default.aspx>
- ⁸⁸ Menteri Pertanian RI. (2019). Peraturan Menteri Pertanian No. 43 tahun 2019 tentang Pendaftaran Pestisida. Accessed by 01 October 2022 from <https://peraturan.bpk.go.id/Home/Details/201255/permentan-no-43-tahun-2019>
- ⁸⁹ Menteri Perindustrian RI. (2015). Peraturan Menteri Perindustrian No. 515/M-IND/Kep/12/2015 tentang Penetapan Industri Hijau untuk Industri 24 Tekstil Pencelupan, Pencapan, dan Penyempurnaan. Accessed by 01 November 2021 from http://jdih.kemenperin.go.id/site/download_peraturan/2148
- ⁹⁰ BSN. (2015). Keputusan Kepala Badan Standardisasi Nasional No. 84/KEP/BSN/3/2017 tentang Penetapan Standar Nasional 25 Indonesia 8360:2017 Tekstil - Cara Uji Penetapan Kadar PFOS dan PFOA pada Bahan. Accessed by 12 October 2021 from http://jdih.bsn.go.id/public_assets/file/f788d446e963015521d3f26ebe170335.pdf
- ⁹¹ KLHK. (2014). Review and Update of National Implementation Plan for Stockholm Convention on 28 Persistent Organic Pollutants in Indonesia. Accessed by 14 October 2018 from <http://chm.pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-NIP-Indonesia-COP4.English.pdf>
- ⁹² The University of Chemistry and Technology, Prague. <https://www.vscht.cz/?jazyk=en>
- ⁹³ Begley TH, White K, Honigfort P, Twaroski ML, Neches R, Walker RA. (2005). Perfluorochemicals: potential sources of and migration from food packaging. *Food Addit Contam.* 2005 Oct;22(10):1023-31. DOI 10.1080/02652030500183474. PMID: 16227186.
- ⁹⁴ A. Ramírez Carnero, A. Lestido-Cardama, P. Vazquez Loureiro, L. Barbosa-Pereira, A. Rodríguez Bernaldo de Quirós and R. Sendón. (2021). Presence of Perfluoroalkyl and Polyfluoroalkyl Substances (PFAS) in Food Contact Materials (FCM) and Its Migration to Food. *Foods* 2021 Vol. 10 Issue 7. DOI 10.3390/foods10071443
- ⁹⁵ Poothong S, Boontanon SK, Boontanon N. (2012). Determination of perfluorooctane sulfonate and perfluorooctanoic acid in food packaging using liquid chromatography coupled with tandem mass spectrometry. *J Hazard Mater.* 2012 Feb 29;205-206:139-43. DOI 10.1016/j.jhazmat.2011.12.050. Epub 2012 Jan 9. PMID: 22265653.
- ⁹⁶ Herbert P. Susmann, Laurel A. Schaidler, Kathryn M. Rodgers, and Ruthann A. Rudel. (2019). Dietary Habits Related to Food Packaging and Population Exposure to PFASs. *Environmental Health Perspectives* 127:10 CID: 107003. DOI 10.1289/EHP4092
- ⁹⁷ Dennis Thompson. (2022). With PFAS in Packaging, How Safe Is Microwave Popcorn? <https://www.webmd.com/diet/news/20220831/with-pfas-in-packaging-how-safe-is-microwave-popcorn#1>
- ⁹⁸ Badan Pusat Statistik – export import app. <https://www.bps.go.id/exim/>
- ⁹⁹ Allied Market Research. (2022). Popcorn Market by Type (Microwave, Ready to Eat) by End-user (household, commercial), by Shape (butterfly, mushroom): Global Opportunity Analysis and Industry Forecast 2020-2031. <https://www.alliedmarketresearch.com/popcorn-market>
- ¹⁰⁰ Herbert P. Susmann, Laurel A. Schaidler, Kathryn M. Rodgers, and Ruthann A. Rudel. (2019). Dietary Habits Related to Food Packaging and Population Exposure to PFASs. DOI 10.1289/EHP4092.
- ¹⁰¹ Trier, X., Granby, K. and Christensen, J.H. (2011) "Polyfluorinated surfactants (PFS) in paper and board coatings for Food Packaging," *Environmental Science and Pollution Research*, 18(7), pp. 1108–1120. Available at: <https://doi.org/10.1007/s11356-010-0439-3>.
- ¹⁰² ARNIKA. 2021. Throwaway Packaging, Forever Chemicals: European wide survey of PFAS in disposable food packaging and tableware. <https://arnika.org/en/publications/throwaway-packaging-forever-chemicals-european-wide-survey-of-pfas-in-disposable-food-packaging-and-tableware>

- ¹⁰³ Moreta, C., & Tena, M. T. (2014). Determination of perfluorinated alkyl acids in corn, popcorn, and popcorn bags before and after cooking by focused ultrasound solid–liquid extraction, liquid chromatography, and quadrupole-time of flight mass spectrometry. *Journal of Chromatography A*, 1355, 211–218. DOI 10.1016/j.chroma.2014.06.018.
- ¹⁰⁴ Martínez-Moral, M. P., & Tena, M. T. (2012). Determination of perfluoro compounds in popcorn packaging by pressurised liquid extraction and ultra-performance liquid chromatography–tandem mass spectrometry. *Talanta*, 101, 104–109. DOI 10.1016/j.talanta.2012.09.007
- ¹⁰⁵ Zafeiraki E, Costopoulou D, Vassiliadou I, Bakeas E, Leondiadis L. (2014). Determination of perfluorinated compounds (PFCs) in various foodstuff packaging materials used in the Greek market. *Chemosphere*. 2014 Jan; 94: 169-176. DOI 10.1016/j.chemosphere.2013.09.092
- ¹⁰⁶ Begley TH, Hsu W, Noonan G, Diachenko G. (2008). Migration of fluorochemical paper additives from food-contact paper into foods and food simulants. *Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess*. 2008 Mar;25(3):384-90. DOI 10.1080/02652030701513784. PMID: 18311629.
- ¹⁰⁷ Check Produk BPOM. <https://cekbpom.pom.go.id/home/produk/1fg0638hcnjllm211mn34k2l/all/row/10/page/1/order/4/DESC/search/0/873209015004>
- ¹⁰⁸ Jolly Time FAQs <https://www.jollytime.com.connect/faqs>
- ¹⁰⁹ Jolly Time Amazon account. <https://www.amazon.com/ask/questions/asin/B07X27N7DB>
- ¹¹⁰ Washington State Department of Ecology. (2021). Per- and Polyfluoroalkyl Substances in Food Packaging Alternatives Assessment. <https://apps.ecology.wa.gov/publications/summarypages/2104004.html>
- ¹¹¹ Wu, H., et al. (2018). Robust superhydrophobic and superoleophilic filter paper via atom transfer radical polymerization for oil/water separation. *Carbohydr Polym*, 2018. 181: p. 419-425. DOI 10.1016/j.foodchem.2021.129137
- ¹¹² Jitka Straková, Julie Schneider, Natacha Cingotti. (2021). Throwaway Packaging, Forever Chemicals: European wide survey of PFAS in disposable food packaging and tableware. <https://arnika.org/en/publications/throwaway-packaging-forever-chemicals-european-wide-survey-of-pfas-in-disposable-food-packaging-and-tableware>
- ¹¹³ US FDA. (2020). Accessed on March 15, 2021. <https://www.fda.gov/food/cfsan-constituent-updates/fda-announces-voluntary-phase-out-industry-certain-pfas-used-food-packaging>
- ¹¹⁴ Van der Veen, I., et al. (2020). The effect of weathering on per- and polyfluoroalkyl substances (PFASs) from durable water repellent (DWR) clothing. *Chemosphere*, 2020. 249: p. 126100.
- ¹¹⁵ Heydebreck, F., et al. (2016). Emissions of per-and polyfluoroalkyl substances in a textile manufacturing plant in China and their relevance for workers' exposure. *Environmental science & technology*, 2016. 50(19): p. 10386-10396.
- ¹¹⁶ Solo-Gabriele, H.M., et al. (2020). Waste type, incineration, and aeration are associated with per-and polyfluoroalkyl levels in landfill leachates. *Waste Management*, 2020. 107: p. 191-200.
- ¹¹⁷ Masoner, J.R., et al. (2020). Landfill leachate contributes per-/poly-fluoroalkyl substances (PFAS) and pharmaceuticals to municipal wastewater. *Environmental Science: Water Research & Technology*, 2020. 6(5): p. 1300-1311.
- ¹¹⁸ Solo-Gabriele, H.M., et al. (2020). Waste type, incineration, and aeration are associated with per-and polyfluoroalkyl levels in landfill leachates. *Waste Management*, 2020. 107: p. 191-200.
- ¹¹⁹ Stoiber, T., et al. (2020). Disposal of products and materials containing per-and polyfluoroalkyl substances (PFAS): A cyclical problem. *Chemosphere*, 2020. 260: p. 127659.
- ¹²⁰ OECD, PFASs and Alternatives in Food Packaging (Paper and Paperboard) Report on the Commercial Availability and Current Uses, in OECD Series on Risk Management. 2020, Environment, Health and Safety, Environment Directorate. p. 67.
- ¹²¹ Curtzwiler, G.W., et al. (2021). Significance of Perfluoroalkyl Substances (PFAS) in Food Packaging. *Integrated Environmental Assessment and Management*, 2021. 17(1): p. 7-12.
- ¹²² European Commission. (2020). Annex to The Commission Delegated Regulation (EU) amending Annex I to Regulation (EU) 2019/1021 of the European Parliament and of the Council as regards the listing of perfluorooctanoic acid (PFOA), its salts and PFOA-related compounds. <https://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-7284-2020-ADD-1/en/pdf>
- ¹²³ Blog Jakpat. Infografis Tren Hijab. (2014). <https://blog.jakpat.net/tren-hijab-2014/>
- ¹²⁴ Katadata. (2022). Jumlah Penduduk Indonesia Capai 273 Juta Jiwa pada Akhir 2021. <https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2022/02/10/jumlah-penduduk-indonesia-capai-273-juta-jiwa-pada-akhir-2021>

- ¹²⁵ Ragnarsdóttir, O., Abdallah, M. A.E., and Harrad, S. (2022). Dermal uptake: An important pathway of human exposure to perfluoroalkyl substances? *Environmental Pollution* 2022 Vol. 307 Pages 119478. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.119478>. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0269749122006923>
- ¹²⁶ Straková, J., Grechko, V., Brosché, S., Karlsson, T., Buonsante, V., Speranskaya, O., Ponizova, O., Gursky, Y., Tsitser, O., Ismawati, Y., Anissa, A., Zaki, K. (2022). PFAS In Clothing: Study In Indonesia, China, And Russia Shows Barriers For Non-Toxic Circular Economy. <https://ipen.org/documents/pfas-clothing-study-indonesia-china-and-russia-shows-barriers-non-toxic-circular-economy>
- ¹²⁷ Jitka Strakova, Karolína Brabcová. (2022). Czech children's jackets contain forever chemicals. *Arnika*. <https://arnika.org/en/news/children-s-jackets-on-the-czech-market-contain-forever-chemicals>
- ¹²⁸ Lassen, Carsten, et al. (2015). Polyfluoroalkyl substances (PFASs) in textiles for children. Survey of chemical substances in consumer products No. 136, 2015. ISBN 978-87-93352-12-4
- ¹²⁹ CEC. (2017). Furthering the Understanding of the Migration of Chemicals from Consumer Products – A Study of Per- and Polyfluoroalkyl Substances (PFASs) in Clothing, Apparel, and Children's Items. Montreal, Canada: Commission for Environmental Cooperation. 201 pp.
- ¹³⁰ Supreayasunthorn, P., S.K. Boontanon, and N. Boontanon. (2016). Perfluorooctane sulfonate (PFOS) and perfluorooctanoic acid (PFOA) contamination from textiles. *J Environ Sci Health A Tox Hazard Subst Environ Eng*, 2016. **51**(6): p. 472-7. DOI 10.1080/10934529.2015.1128713
- ¹³¹ Xia, Chunjie et al. (2022). Per- and Polyfluoroalkyl Substances in North American School Uniforms. *Environmental Science & Technology* 2022 **56** (19), 13845-13857. DOI 10.1021/acs.est.2c02111
- ¹³² Stockholm Convention Secretariat Communication. <http://chm.pops.int/TheConvention/Communications/tabid/3391/Default.aspx>
- ¹³³ Lassen, C., et al. (2015). Polyfluoroalkyl substances (PFASs) in textiles for children. Survey of chemical substances in consumer products. 2015, Copenhagen: Danish EPA.
- ¹³⁴ UNEP. (2018). Addendum to the risk management evaluation on perfluorooctanoic acid (PFOA), its salts and PFOA-related compounds, Stockholm Convention POPs Review Committee, UNEP/POPS/POPRC.14/6/Add.2
- ¹³⁵ Wikipedia. https://en.wikipedia.org/wiki/Crumb_rubber (Accessed September 2020)
- ¹³⁶ Wikipedia. https://en.wikipedia.org/wiki/Artificial_turf (Accessed April 2021)
- ¹³⁷ Sekretariat Konvensi Stockholm. (2022). Siaran pers POPRC17. Pakar PBB merekomendasikan untuk menghilangkan methoxychlor kimia beracun dan mengambil langkah-langkah untuk menghilangkan aditif plastik UV-328 dan Dechlorane Plus tahan api. Diakses pada 14 Maret 2022 <http://www.brsmas.org/Implementation/MediaResources/PressReleases/POPRC17PressRelease/tabid/9089/language/en-US/Default.aspx#:~:text=PFHxS%2C%20its%20salts%2C%20dan%20PFHxS%2Dterkait%20senyawa%20%20diketahui,%20secara hukum%20mengikat%20Stockholm%20Konvensi>
- ¹³⁸ Public Employees for Environmental Responsibility. (2019). <https://www.peer.org/toxic-forever-chemicals-infest-artificial-turf/> (Accessed September 2020)
- ¹³⁹ Sharon Lerner. (2019). Toxic PFAS Chemicals Found in Artificial Turf. <https://theintercept.com/2019/10/08/pfas-chemicals-artificial-turf- soccer/>
- ¹⁴⁰ Ketura Persellin. (2019). New Studies Show PFAS in Artificial Grass Blades and Backing. Accessed by 02 November 2022 from <https://www.ewg.org/news-insights/news/new-studies-show-pfas-artificial-grass-blades-and-backing>
- ¹⁴¹ Kusnandar, Viva Budi. (2022). 10 Negara Tujuan Ekspor Karet Remah Indonesia Periode Januari-November 2021. Databoks. <https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2022/02/08/10-negara-tujuan-ekspor-karet-remah-indonesia-periode-januari-november-2021>
- ¹⁴² Environmental Pollution Centers. (2019). Artificial Turfgrass Contains Toxic Pfas Chemicals, Lab Tests Reveal. <https://www.environmentalpollutioncenters.org/news/artificial-turfgrass-contains-toxic-pfas/>
- ¹⁴³ EU. (2019). Elements for an EU-strategy for PFASs. Institution: European Union 2019. Accessed by 01 November 2022 from <https://www.regjeringen.no/contentassets/1439a5cc9e82467385ea9f090f3c7bd7/fluor---eu-strategy-for-pfass---december-19.pdf>