

DAMPAK CEMARAN DIOKsin BAGI KEADAAN GIZI DAN KESEHATAN: LITERATURE REVIEW

Wiwin Efrizal

Dinas Kesehatan Provinsi Kepulauan Bangka Belitung
Komplek Perkantoran Pemprov Kep. Bangka Belitung Kelurahan Air Itam
Kecamatan Bukit Intan Pangkalpinang 33418
e-mail: wiwinefrizal@gmail.com

Article Info

Article history:

Received July 22, 2021

Revised January 25, 2022

Accepted January 28, 2022

Keywords:

Pollution
Environment
Food
Toxic

ABSTRACT

Dioxine Pollution For Nutrition And Health State. Dioxins and related compounds can contaminate food and have an impact on human nutrition and health. The impact of dioxin contamination on nutrition and health is not widely known by consumers, because the effect lasts a long time after dioxin accumulates in fat tissue. This research was conducted in the form of a literature study with the aim of providing an overview of the impact of dioxin contamination on nutritional and health conditions. In research, it was found that dioxins in the body can cause free radicals which can trigger oxidation stress, so that damage to several important cellular components can occur. Consumption of foods containing antioxidants is an effort to minimize the negative effects caused by dioxin contamination in humans. Close supervision of the sources of dioxin contamination is necessary to reduce its impact on nutrition and health.

This is an open access article under the CC BY-SA license.



PENDAHULUAN

Kontaminasi pangan dapat terjadi secara biologi, fisik dan kimia. Kontaminasi cemaran kimia pada produk pangan yang sering terjadi dengan penggunaan bahan berbahaya seperti formalin, boraks dan pewarna tekstil ⁽¹⁾. Teknologi kimia modern telah menghasilkan berbagai jenis senyawa kimia, termasuk senyawa kimia persisten (tahan) terhadap degradasi secara fisik atau metabolit atau senyawa kimia persisten/*Persistent Organic Pollutants* (POPs). Senyawa ini berbahaya bagi kesehatan manusia, hewan dan tumbuhan yang dihasilkan dari proses sampingan industri, seperti dioksin/furan atau dari industri itu sendiri seperti *Dichloro Diphenyl Trichloroethane* (DDT) ⁽²⁾. Makanan merupakan sumber utama paparan dioksin dan senyawa terkait pada manusia ⁽³⁾.

Dioksin merupakan kontaminan hidrofobik dan terakumulasi di dalam lemak, dapat berupa polychlorinated dibenzo-p-dioxins (PCDDs), polychlorinated dibenzofurans (PCDFs) dan dioxin-like polychlorinated biphenyls (dl-PCBs). PCDD/Fs merupakan produk sampingan yang tidak diinginkan dari proses pembakaran dengan adanya klorin dan juga jejak kontaminan di berbagai proses industri. PCB adalah produk buatan manusia yang telah digunakan di banyak bidang industri seperti transformator dan kapasitor sebelum produksinya dilarang beberapa dekade yang lalu. Dioksin dan PCB telah terdaftar sebagai dua belas polutan organik paling persisten dalam Konvensi Stockholm ⁽⁴⁾.

Meskipun dioksin dan furan merupakan dua senyawa berbeda, namun keduanya mempunyai sifat fisik atau kimia yang hampir sama. Pencemaran akibat kedua senyawa yang bersifat persisten ini memberikan dampak bagi kesehatan makhluk hidup dan lingkungan dalam jangka waktu pendek maupun panjang ⁽⁵⁾. Namun, cemaran kimia yang disebabkan oleh dioksin belum banyak diketahui dan dicegah oleh produsen maupun konsumen makanan.

BAHAN DAN CARA PENELITIAN

Penelitian ini didesain dalam bentuk *literature review* atau tinjauan pustaka dengan cara mengumpulkan data atau rujukan yang berhubungan atau terkait topik yang dibahas. Rujukan yang digunakan berasal dari berbagai sumber yang ada seperti jurnal, buku, dan pustaka lainnya.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Sumber cemaran dioksin

Pencemaran dioksin dapat terjadi melalui pembakaran limbah padat dan cair, pembakaran sampah, asap, kendaraan bermotor, asap hasil industri, kebakaran hutan dan asap rokok ⁽⁶⁾. Pembakaran sampah organik yang bercampur dengan bahan-bahan sintetis seperti PVC dalam pembungkus kabel, kulit sintetis dan lantai vinil mengandung senyawa klor yang bila dibakar akan menghasilkan gas HCl yang korosif dan bila suhu pembakaran kurang dari 1.100 derajat Celcius akan menghasilkan dioksin ⁽⁷⁾. HCl juga dapat bereaksi dengan molekul organik membentuk dioksin dan furan. Pembakaran yang tidak sempurna pada sampah plastik akan terurai sebagai dioksin di udara dengan temperatur optimum untuk pembentukan dioksin dan furan sebesar 250-400°C ⁽⁸⁾⁽⁹⁾.

Paparan dioksin juga dapat terjadi pada pembalut wanita yang mengalami proses pembuatan dari hasil pengolahan kertas dan proses pemutihan. Pembalut wanita yang mengandung klorin meningkatkan risiko untuk mengalami keputihan, gatal-gatal, iritasi dan kanker ⁽¹⁰⁾. Pembakaran sampah-sampah pembalut akan menghasilkan dioksin yang dapat terabsorpsi oleh tumbuhan yang selanjutnya dapat ikut termakan oleh hewan dan manusia.

Sumber pencemaran emisi dioksin/furan di Indonesia berasal dari pembangkit listrik dan pemanasan sebesar 66%, industri pulp dan kertas sebesar 21%, pembakaran tak terkendali 7,7%, industri besi dan non besi sebesar 4,5% dan lainnya berasal dari hasil pembakaran industri mineral, transportasi, dan tempat pembuangan sampah. Peralatan elektronik seperti televisi dan komputer juga mengeluarkan emisi dioksin/furan sekitar 5 pikogram dalam 5 jam penggunaan. Pencemaran dioksin yang terjadi di udara sebanyak 71,4% dan sebanyak 16,8% mencemari tanah dan 0,4% mencemari air ⁽¹¹⁾.

Penggunaan plastik sebagai bahan kemasan pangan perlu mendapatkan perhatian. Plastik dan kemasan pangan dapat mengandung kontaminan kimia dari proses manufaktur dengan penggunaan adiktif yang menyebabkan tidak mudah terbakar (*flame retardants*), lebih fleksibel (*plasticizer*), tahan lemak (bahan kimia terfluorinasi dan dikenal sebagai PFAS), steril (biosida), dan zat lainnya untuk membuat produk memiliki properti atau keunggulan. Ketika dibakar, maka plastik yang mengandung klor seperti PVC akan membentuk PCDD/Fs yang masuk dalam kelompok dioksin ⁽¹²⁾.

Metode yang digunakan untuk mendeteksi dioksin antara lain *High Resolution Gas Chromatography* (HRGC), *High Resolution Mass Spectrometry* (HRMS), *Gas Chromatography Coupled Mass Spectrometry* (GC MS/MS); atau *Ion Trap Gas Chromatography Mass Spectrometry* (Iontrap GCMS). Proses analisis dioksin yang dilakukan meliputi ekstraksi sampel, pemurnian sampel dan pendeteksian analit yang mengikuti kriteria yang ketat dalam *quality assurance/quality control*. Teknik GC MS/MS dan GC HRMS menjadi teknik rujukan (*technique of reference*) dalam penentuan dioksin karena pertimbangan sensitifitas dan selektifitasnya ⁽¹³⁾.

Senyawa POPs, terutama DDT, aldrin, dieldrin, endrin dan heptaklor merupakan pestisida golongan organoklorin yang bersifat persisten atau sulit terurai di alam bebas dan dapat termetabolisme menjadi senyawa dioksin dan *dioxin-like*. Penggunaan pestisida golongan organoklorin yang tidak terkontrol dapat mencemari tanah, rumput dan air yang berdampak pada sumber pangan hewan dan manusia ⁽¹³⁾.

Cemaran dioksin melalui makanan

Makanan merupakan sumber utama paparan dioksin dan senyawa terkait. Senyawa ini telah dideteksi pada hampir semua jenis makanan dengan konsentrasi tertinggi terdapat pada daging, ikan, telur, dan produk susu. Asupan dioksin dan dl-PCB yang bermakna diperoleh dari lemak dan minyak, karena keduanya merupakan komponen utama makanan. Meskipun demikian, paparan dari sumber makanan telah mengalami penurunan secara substansial dalam tiga dekade terakhir, karena adanya pengendalian emisi dan penghentian produksi dan penggunaan PCB ⁽³⁾.

Senyawa ini mempunyai potensi toksik yang bervariasi, sehingga dikembangkan *Toxic Equivalency Factors* (TEFs) untuk membandingkan toksisitas berbagai bahan kimia dan untuk memungkinkan efek gabungan dioksin dan dl-PCB dapat dinilai. TEF mengekspresikan konsentrasi dioksin dan dl-PCB lain sebagai konsentrasi yang setara dengan dioksin paling beracun 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin (TCDD) dan konsentrasi tertimbang yang diperoleh akan dijumlahkan untuk menghasilkan nilai tunggal, yang disebut *Toxic Equivalent* (TEQ) ⁽³⁾.

Manusia dapat terpapar dioksin melalui rantai makanan, kontak dengan kulit, inhalasi dan transplasenta. Rantai makanan menjadi jalur utama dalam paparan dioksin ke dalam tubuh, baik secara langsung dalam bentuk dioksin yang terkandung dalam makanan, maupun secara tidak langsung melalui proses pengemasan/pengepakan yang menggunakan bahan *chlorinated hydrocarbon*. Dioksin yang mempunyai sifat alami mudah larut dalam lemak menyebabkan makanan asal hewan lebih rentan terpapar dioksin ⁽¹⁴⁾.

Lebih dari 95% dioksin diperoleh dari asupan makanan, terutama lemak hewani dalam daging, produk susu, ikan dan telur. Hanya sebagian kecil dari paparan dioksin yang terjadi melalui pernapasan dan penyerapan melalui kulit. Tingkat paparan dioksin yang aman dalam perhitungan mingguan adalah 14 pg TEQ per kg berat badan ⁽¹⁵⁾.

Penyebab utama kontaminasi makanan oleh dioksin adalah (1) penggunaan tanah yang terkontaminasi, (2) proses pengeringan rumput yang tercemar, dan (3) pakan yang terkontaminasi dari kayu olahan yang menggunakan bahan pengawet, dan (4) makanan yang terkontaminasi dengan limbah yang berasal dari sumber industri. Sumber utama makanan yang terkontaminasi dioksin pada manusia dapat berasal dari produk hewani seperti susu, telur dan daging. Hal tersebut disebabkan susu merupakan sumber gizi dan kelenjar susu dapat mengeluarkan beberapa zat xenobiotik, yang merupakan faktor risiko toksisitas dioksin. Konsentrasi dioksin dalam susu dipengaruhi oleh konsentrasi dioksin di padang rumput atau pakan komersial yang dikonsumsi oleh sapi atau hewan penghasil susu lainnya ⁽¹³⁾.

Ambang batas aman konsumsi dioksin adalah 1-4 pikogram/kg berat badan dan paparan antara 1-10 pg/kgBB/hari tidak menimbulkan dampak kesehatan, sedangkan konsentrasi yang aman untuk bayi adalah 0,008 pg/kgBB/hari ⁽¹⁴⁾.

Cemaran dioksin dapat terjadi pada pakan, cacing, serangga, rumput, tumbuhan dan tanah. Oleh karena itu, ayam yang dipelihara dengan melepaskan di lingkungan terbuka akan lebih mudah ikut tercemar dioksin dibandingkan ayam yang dipelihara dalam kandang. Paparan pada ayam ini akan dapat menyebabkan peningkatan kandungan dioksin dalam telur. Telur menyumbangkan sekitar 4% asupan dioksin harian pada manusia ⁽¹⁵⁾.

Hewan dan produk hewani cenderung untuk mempunyai kandungan dioksin yang lebih besar dibandingkan tumbuhan, air, tanah atau sedimen. Hal tersebut disebabkan dioksin dapat disimpan pada tumbuhan dan dicerna oleh hewan dan organisme air. Dioksin akan terkonsentrasi dalam rantai makanan dan cenderung terakumulasi di lemak tubuh, termasuk dalam lemak kuning telur yang tergantung pada makanan ayam ⁽¹⁵⁾.

Dioksin merupakan senyawa hidrofobik, sehingga dalam perairan, dioksin akan menempel dan terabsorpsi pada benda-benda perairan, termasuk tumbuhan dan hewan perairan. Konsumsi tumbuhan dan hewan perairan akan memindahkan dioksin ke dalam tubuh ⁽¹⁶⁾. Dioksin yang bersifat lipofilik dan waktu paruh yang panjang, sehingga dioksin (PCDD/Fs) dan *dioxin-like* (PCBs) dapat terakumulasi dalam rantai pangan ⁽¹³⁾. Dioksin di

dalam jaringan tubuh hewan air dapat berlipat ratusan kali lebih besar dibandingkan di dalam air habitatnya ⁽¹⁷⁾.

Pada hewan dan manusia, dioksin akan tersimpan di dalam jaringan lemak tubuh, sehingga konsumsi daging yang mengandung lemak akan berisiko untuk terpapar dioksin ⁽¹⁸⁾. Dioksin sukar terdegradasi dan akan meningkat konsentrasinya bila masuk dalam rantai makanan disebabkan proses biomagnifikasi ⁽¹⁴⁾.

Efek cemaran dioksin terhadap keadaan gizi dan Kesehatan

Keracunan dioksin akan membuat tubuh mudah terinfeksi agen penyakit dan menimbulkan komplikasi penyakit lainnya. TCDD mempunyai efek imunotoksitas pada limfosit dalam bentuk gangguan proses maturasi dan diferensiasi sel T. Limfosit T berperan dalam sistem pertahanan terhadap bakteri intraseluler, virus, jamur, parasit dan keganasan. Senyawa TCDD akan menurunkan aktivitas proliferasi limfosit B dan limfosit T dengan cara menginduksi enzim ornitin dekarboksilase melalui reseptor Ah, sehingga kecepatan dan diferensiasi limfosit akan menurun. Enzim tersebut berperan dalam menurunkan kecepatan sintesis poliamin yang sangat esensial dalam sintesis DNA, transkripsi dan translasi ⁽¹⁴⁾.

Efek biologis dan toksik dioksin pada umumnya serupa dan dimediasi oleh aryl hydrocarbon receptor (AhR) ⁽³⁾. AhR merupakan reseptor yang dihasilkan oleh berbagai organ seperti hati, paru-paru, sel limfosit dan plasenta. Karena berikatan dengan AhR, maka dioksin dapat bergerak bebas dalam sel dan berikatan dengan DNA dan mempunyai kemampuan untuk mengaktifkan atau mematikan DNA serta mengubah struktur DNA. Melalui mekanisme ini, dioksin akan merusak/mengganggu sistem reproduksi, endokrin, fungsi imun, metabolisme hormone, faktor pertumbuhan dan memicu terjadinya sel kanker ⁽¹⁹⁾.

Dioksin/furan dapat menyebabkan terjadinya kerusakan hati, kehilangan berat badan atau serta penurunan sistem kekebalan tubuh pada jangka pendek, dan terjadinya kanker, gangguan pada sistem reproduksi (endometriosis, penurunan jumlah sperma), gangguan perkembangan janin, cacat lahir, dan kerusakan genetik pada jangka panjang. Paparan dioksin dengan konsentrasi 1 pg/kg berat badan perhari (1 pikogram = 10^{-12} g = *part per trillion* = ppt) akan berisiko menderita kanker sebesar 1% dan paparan pada konsentrasi berkisar 1 µg sampai beberapa microgram dapat menyebabkan kematian pada hewan ⁽²⁰⁾.

Respon toksik terhadap dioksin disebabkan adanya protein spesifik dalam sel, yaitu aryl hydrocarbon receptor (AhR) ⁽²¹⁾. Respon keracunan dimulai dengan pengikatan PCDD/PCDF pada AhR dalam sitoplasma sel. Kompleks ikatan 2,3,7,8 TCDD dengan AhR berpengaruh pada ekspresi gen CYP1A1 (sitokrom P450 1A1) dan CYP1A2 (sitokrom P450 1A1). Sitokrom p450 yang terpapar TCDD akan menyebabkan stres oksidatif dan menghasilkan *Reactive Oxygen Species* (ROS). Stres oksidatif dapat diketahui dengan mengukur kadar SOD dan *malondialdehyde* (MDA) dalam sel. Radikal bebas dapat memicu stres oksidasi yang merusak beberapa komponen seluler penting seperti lemak, protein, dan DNA. Kerusakan pada lemak menyebabkan peroksidasi lipid membran sel yang dapat dideteksi menggunakan MDA ⁽²¹⁾.

Dioksin mempunyai kemampuan untuk bergabung dengan reseptor hormon dan mengubah fungsi dan mekanisme genetis dari sel, sehingga berakibat pada pertumbuhan kanker, menurunnya daya tahan tubuh, mengganggu sistem saraf, keguguran/aborsi, dan lahir cacat ⁽¹⁶⁾.

Klor yang digunakan sebagai bahan pemutih dapat bereaksi menjadi dioksin yang meracuni tubuh. Semakin tinggi daya kloronisasi, maka senyawa dioksin yang dihasilkan juga semakin tinggi. Dioksin akan disimpan di daerah kulit yang sensitif dan menimbulkan gangguan kesehatan seperti keputihan, gatal-gatal, iritasi, serta memicu terjadinya kanker mulut rahim/serviks dan gangguan reproduksi lainnya ⁽²²⁾.

Dioksin dapat meningkatkan kejadian endometriosis dan pembesarannya pada primata dengan kejadian endometriosis meningkat sekitar 7-10 tahun kemudian. Selain itu, dioksin juga mempengaruhi kesehatan reproduksi, sistem endokrin, toksik pada sistem imunitas dan bersifat karsinogenik. Beberapa efek dioksin bagi kesehatan adalah kanker payudara, serviks/leher rahim, infeksi vagina (vaginitis), sulit mempunyai keturunan (akibat

keputihan/infeksi vagina, kemandulan), rendahnya sistem imunitas sehingga menjadi mudah lelah, cepat emosi/marah, mudah sakit, tumbuhnya kista, *pre-menstruation syndrome* (PMS) berupa emosi yang tidak stabil dan nyeri di perut, tumor organ reproduksi, haid yang tidak teratur yang disebabkan ketidak-seimbangan hormon⁽¹⁹⁾.

Efek dioksin yang dilaporkan adalah terjadi abnormalitas perkembangan enamel pada gigi anak-anak, kelainan tiroid, patologi pada sistem saraf perifer dan pusat, kerusakan sistem imunitas, endometriosis dan diabetes⁽¹⁹⁾. Dioksin pada prenatal dapat mempengaruhi fungsi tiroid dan pada anak laki-laki dapat menurunkan fungsi reproduksi. Pada janin dan bayi baru lahir, paparan dioksin berasal dari ibu, terutama pada saat sebelum kehamilan karena sifat bioakumulatif dari dioksin⁽²³⁾.

Paparan dioksin mengakibatkan timbulnya radikal bebas yang menimbulkan stres oksidatif. Tubuh dilengkapi dengan antioksidan yang mampu menangkal aktivitas senyawa radikal bebas. Antioksidan endogen seperti *superoxide dismutase* (SOD), *glutathion peroksidase* (GPx), katalase dan antioksidan eksogen yang jumlahnya tergantung dari asupan makanan, terutama vitamin E, glutathion, dan vitamin C, dan karoten⁽²⁴⁾.

Dioksin sebagai sumber radikal bebas akan memicu peroksidasi lipid menghasilkan *malondialdehid* (MDA) yang akan memaksa SOD untuk menetralsirnya agar tidak berdampak buruk terhadap jaringan yang dialiri oleh darah. Semakin tinggi kadar MDA, maka semakin tinggi pula tingkat stres oksidatif yang terjadi di dalam tubuh. Kondisi kekurangan antioksidan akan mengarah pada kondisi stres sel atau stres oksidatif, sehingga menimbulkan cedera yang hebat (*irreversible*) yang berujung pada nekrosis. Untuk itu diperlukan antioksidan yang cukup, sehingga bila diperlukan antioksidan eksogen⁽²⁵⁾.

Selain vitamin C, betakaroten dan vitamin E sebagai antioksidan yang efektif, maka penggunaan senyawa fenolik seperti flavonoid yang mempunyai sifat menghambat pertumbuhan mikroba, menurunkan kolesterol darah, menurunkan kadar glukosa darah, bersifat antibiotik dan menimbulkan efek kekebalan tubuh dapat dilakukan. Beberapa fitokimia yang dapat bermanfaat sebagai antioksidan adalah jenis karotenoid, polifenol, fito-estrogen, saponin, fito-sterol, sulfida dan tokotrienol. Komponen fenolik banyak terdapat dalam sayuran, buah-buahan, dan rempah-rempah serta bumbu-bumbu seperti jahe, kunyit, laos, bawang dan cabe⁽²⁶⁾.

Efek gizi dan kesehatan yang disebabkan dioksin seperti kanker, masalah kesehatan reproduksi, sistem imun dan saraf dapat mempengaruhi proses perubahan metabolik zat gizi seperti energi, karbohidrat, protein, lemak dan zat gizi mikro lainnya. Gangguan gizi yang timbul dapat disebabkan oleh peningkatan kebutuhan, kurangnya asupan gizi, tindakan medik, efek psikologik dan pengaruh keganasan sel⁽²⁷⁾.

Asupan gizi yang adekuat dalam bentuk asupan karbohidrat, protein, lemak, cairan dan asupan zat gizi mikro mempunyai peranan penting terhadap perubahan kadar MDA. Tubuh yang mengalami kekurangan zat gizi akan meningkatkan kebutuhan gizi tubuh, sehingga pemberian zat gizi akan diutamakan untuk memenuhi kebutuhan tersebut terlebih dahulu daripada berperan sebagai antioksidan⁽²⁸⁾.

Asupan vitamin C sebesar 1000 mg/hari dan beta karoten 30-60 mg/hari dapat meningkatkan sistem imun tubuh. Pemberian asupan antioksidan akan melindungi tubuh dari infeksi, menurunkan risiko kanker, meningkatkan sistem imun, membuang racun dalam dalam organ tubuh, mendorong pembentukan sel darah merah, dan meningkatkan kesehatan jantung dan peredaran darah, serta membantu penyembuhan luka⁽²⁹⁾.

Beberapa vitamin dan mineral berperan penting sebagai antioksidan. Vitamin A berperan dalam imunitas non-spesifik seperti pertahanan fisik yang meliputi kulit, selaput lendir, silia saluran napas, dan imunitas seluler dengan cara mengurangi fungsi neutrophil, makrofag dan sel NK. Vitamin E (*α-tokoferol*) mempunyai peranan sebagai antioksidan yang mempertahankan integritas membran sel dengan cara memberikan ion hidrogennya kepada radikal bebas, sehingga berhenti sebelum terjadi kerusakan membran sel dan komponen-komponen sel lainnya. Vitamin C mampu menetralsir radikal bebas, karena kemampuannya untuk mereduksi beberapa reaksi kimia sebagai donor elektron,

menstimulasi produksi interferon atau protein yang melindungi sel dari serangan virus) dan berperan dalam sintesa kolagen untuk menjaga kesehatan kulit. Selenium dalam *glutathione peroksidase* berperan sebagai katalisator dalam pemecahan peroksida yang terbentuk di dalam tubuh menjadi ikatan yang tidak toksik. Zink mempunyai peranan proliferasi sel terutama sel mukosa dan sintesa asam nukleat ⁽³⁰⁾.

Beberapa makanan dan minuman yang dapat menjadi sumber antioksidan antara lain tomat mengandung likopen, bayam mengandung lutein dan zeasantin yang aktif mencegah reaksi oksidasi lipid pada membran sel lensa mata, sehingga terhindar dari katarak, teh yang mengandung kafein yang memberi efek penyemangat, tannin yang memberikan kekuatan rasa, dan polifenol yang berperan sebagai antioksidan dengan kekuatan 100 kali lebih efektif dari vitamin C dan 25 kali lebih tinggi dari vitamin E. Selain itu, zat gizi yang bersifat antioksidan adalah vitamin A yang terdapat pada wortel, kentang manis, melon, papaya, apricot, persik, peterseli, brokoli, bayam merah, kangkong, belewa, semangka, prum, sayur dan buah berwarna hijau, minyak sawit kuning, manga, ubi, minyak ikan, daun melinjo, daun papaya, daun katuk, daun singkong, hati sapi, keju, mentega, kuning telur, dan susu *full cream*.

Sumber antioksidan yang paling banyak dikonsumsi adalah vitamin C yang terdapat pada jeruk, papaya, kiwi, kecambah segar, paprika hijau segar, cabe segar, brokoli segar, kangkung, strawberry, cabe, jambu Bangkok, jambu mete, kentang, tomat, bayam, daun melinjo, daun pepaya, daun katuk, gandaria, jambu biji, kembang kol, labu kuning, melinjo, paprika hijau, peterseli, rambutan, dan sawi. Vitamin E terdapat pada gandum utuh, minyak nabati, minyak biji bunga matahari, almond, kacang tanah, menir, beras, minyak jagung, minyak sawit, minyak kedelai, dan sayuran hijau. Selenium terdapat pada jamur, bawang putih, kubis, wortel, lobak, brokoli, seledri, mentimun, makanan laut seperti kerang dan ikan, daging hewan, daging unggas, beras merah, beras tumbuk, havermount, jagung, kacang hijau, kacang hitam, roti, sereal utuh, dan biji-bijian. Seng (Zink) terdapat pada makanan dari laut terutama tiram, hati, daging sapi, daging unggas, telur, kacang-kacangan, dan gandum utuh ⁽³¹⁾.

Pemanfaatan makanan fungsional dalam pencegahan dan penanggulangan akibat kontaminasi dioksin belum diteliti, namun makanan fungsional yang banyak mengandung antioksidan dapat membantu meningkatkan pertahanan tubuh. Komponen bioaktif yang terdapat dalam makanan fungsional sumber nabati, seperti serat pangan, inulin, fruktooligosakarida (FOS) dan antioksidan atau sumber hewani seperti *eicosapentanoic acid* (EPA), *docosahexanoic acid* (DHA) dan *conjugated linoleic acids* (CLA) dipercaya mempunyai aspek fisiologis yang berdampak pada kesehatan ⁽³²⁾.

KESIMPULAN DAN SARAN

Dioksin merupakan cemaran kimia yang jarang dibahas dibandingkan sumber cemaran lainnya. Cemaran dioksin sebagian besar terjadi melalui makanan baik secara langsung melalui makanan, maupun melalui proses pengemasan/pengepakan. Dampak gizi dan Kesehatan akibat cemaran dioksin akan terlihat jelas dalam waktu yang cukup lama, karena penumpukan dioksin secara akumulasi dalam jaringan lemak. Kondisi status gizi yang baik dan konsumsi antioksidan yang adekuat dapat mengatasi dampak yang lebih parah dari cemaran dioksin pada tubuh. Upaya pencegahan dalam bentuk pengawasan yang ketat terhadap sumber-sumber pencemaran dioksin, perlu dilakukan untuk mengurangi dampaknya bagi keadaan gizi dan kesehatan.

KEPUSTAKAAN

1. Paratmanitya Y, Veriani A. Kandungan bahan tambahan pangan berbahaya pada makanan jajanan anak sekolah dasar di Kabupaten Bantul. *J Gizi dan Diet Indones* (Indonesian J Nutr Diet. 2016;
2. Lina Warlina. PERSISTENT ORGANIC POLLUTANTS (POPS) DAN KONVENSI STOCKHOLM. *J Mat Sains dan Teknol*. 2009;

3. Scientific statement on the health-based guidance values for dioxins and dioxin-like PCBs. EFSA J. 2015;
4. Özkök A, Çakıroğulları GÇ, Sorkun K, Yağlı HG, Alsan İ, Bektaş B, et al. Dioxin analysis of bee pollen pellets collected by *Apis Mellifera* L. In rural area of Turkey. *J Apic Sci*. 2018;
5. Warlina L. KEBIJAKAN MANAJEMEN LINGKUNGAN UNTUK EMISI DIOKsin/FURAN YANG BERSUMBER DARI INDUSTRI LOGAM. *J Organ dan Manaj*. 2008;4(2):63–72.
6. Mardiah M. Studi Literatur Predisposisi Dan Upaya Prevensi Keganasan Kanker Serviks Pada Wanita. *Proceeding Sari Mulia Univ Midwifery Natl Semin*. 2019;
7. Rachmat R, Wicaksono W, Maulana H, Efandi R, Jabbar A. PENETRAN ZAT ASAP PEMBAKARAN SAMPAH BERBASIS NANO PULSED PLASMA “PETIR BUATAN.” In: Kementerian Riset T dan PTRI, editor. *Pekan Ilmiah Mahasiswa Nasional Program Kreativitas Mahasiswa-Penelitian [Internet]*. Jakarta: Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia; 2013. Available from: <https://media.neliti.com/media/publications/171171-ID-penetratan-zat-asap-pembakaran-sampah-be.pdf>
8. Pertiwi WNB. Pengaruh Persepsi Nilai Dan Risiko Lingkungan Dalam Menggunakan Kantong BelanjaRamah Lingkungan Terhadap Minat Pelanggan Berbelanja Di Supermarket (Survei Terhadap Pelanggan Carrefour Lebak Bulus Jakarta). *Sains Manaj*. 2019;
9. Fadli M, Kamal DM, Adhi PM. ANALISIS SWOT UNTUK DIRECT CO-FIRING BATUBARA DENGAN PELLET SAMPAH PADA BOILER TIPE CFBC. *Politeknologi*. 2019;18(3):271–80.
10. Nasution NH, Ramadhini D. Pemberian Informasi Dioksin Pada Pembalut Wanita Dalam Perawatan Genitalia Dalam Pemeliharaan Personal Hygiene Siswi SMP Nurul Ilmi. *J Pengabd Masy Aufa*. 2019;1(1).
11. Warlina L, Noor E, Fauzi A, Tarumingkeng RC, Sutjahjo SH. ESTIMASI EMISI DIOKsin/FURAN DAN FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI KONSENTRASI EMISI KE UDARA YANG BERASAL DARI INDUSTRI LOGAM. *J Mat Sains dan Teknol*. 2008;9(1):11–20.
12. Petrlik J, Ismawati Y, DiGangi J, Arisandi P, Bell L, Beeler B. Sampah Plastik Meracuni Rantai Makanan Indonesia [Internet]. 2019. Available from: https://ipen.org/sites/default/files/documents/indonesia-egg-report-v1_8-id-web.pdf
13. Sani Y I. Pathological Changes of Suspected Tetrachloro dibenzo-p-dioxins/Tetrachloro dibenzofurans Toxication in Beef Cattle. *J Ilmu Ternak dan Vet [Internet]*. 2015;20(3):214–23. Available from: <http://medpub.litbang.pertanian.go.id/index.php/jitv/article/view/1189/pdf>
14. Susanti R. Respon Imun Seluler Terhadap Intoksikasi 2,3,7,8 Tetrachlorodibenzo-p-dioxin pada Tikus. *JIndonTropAnimAgric*. 2014;29(1).
15. De Vries M, Kwakkel RP, Kijlstra A. Dioxins in organic eggs: A review. *NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences*. 2006.
16. Kodrat KF. Evaluasi Sistem Pengananan Limbah Padat Klinis dengan Insenerator di RS. H. Adam Malik Medan. *Malikussaleh Ind Eng J*. 2013;
17. Fitriyanti R. PENERAPAN PRODUKSI BERSIH PADA INDUSTRI PULP DAN KERTAS. *J Redoks*. 2016;1(2):16-.
18. Putra WT. PERENCANAAN ALAT PENGEPRES SAMPAH PLASTIK. *MULTITEK Indones*. 2016;
19. Julina J. ANALISIS PERILAKU KONSUMEN PEREMPUAN TERHADAP KESEHATAN REPRODUKSI DAN PERILAKU PENGGUNAAN PEMBALUT. *Marwah J Perempuan, Agama dan Jender*. 2012;
20. Martunus M, Helwani Z. EKSTRAKSI DIOKsin DALAM LIMBAH AIR BUANGAN INDUSTRI PULP DAN KERTAS DENGAN PELARUT TOLUEN. *J Sains dan Teknol*. 2007;6(1):1–4.
21. Padaga M, Erika P. H A, Irawan M. Efek Antioksidatif Kasein Yogurt Susu Kambing Terhadap Pencegahan Reprotoksik pada Hewan Model *Rattus Norvegicus* yang Dipapar 2, 3, 7, 8 Tetrachlorinedibenzo-P-Dioksin (TCDD). *J Ilmu dan Teknol Has Ternak*. 2018;

22. Thahir S. identifikasi Zat Klorin pada DEDORAN bermerek yang Diperjualbelikan Di Mall Wisata Uti Makassar. *J Media Laboran*. 2017;7(1):35–7.
23. Office Protective of Waste Management and Radiological. Evaluation of Dioxin Soil Direct Contact Cleanup Levels for Home-Raised Chicken Egg Consumption. 2016.
24. Yuliana Noor Setiawati Ulvie, Wiryatun Lestariana ZM. PERBEDAAN JUMLAH LEUKOSIT SETELAH KONSUMSI JUS JAMBU BIJI MERAH (*Psidium guajava* L. Cultivar Merah) SELAMA LATIHAN AEROBIK BAGI PEMULA. In: Gizi PS, editor. Publikasi Ilmiah Universitas Muhammadiyah Surakarta [Internet]. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta; 2013. p. 1–7. Available from: <https://publikasiilmiah.ums.ac.id/handle/11617/2997>
25. Herdiani N, Wirjatmadi B, Adriani M. Pemberian Ekstrak Kelopak Rosella Merah (*Hibiscus sabdariffa*) Menaikkan Kadar Superoksida Dismutase (SOD) Tikus Wistar yang diberi Minyak Jelantah. *J Ilm Kedokt*. 2015;
26. Helmizar, Jalal F, Liputo I. ANTIOKSIDANDALAMMASAKANMINANG DAN POTENSIPROTEKTIFTERHADAPRISIKOPENYAKIT KARDIOVASKULAR. *J Kesehat Masy* [Internet]. 2009;4(1):13–20. Available from: <http://jurnal.fkm.unand.ac.id/index.php/jkma/article/view/37>
27. Yasin YK. Perubahan Metabolik Zat Gizi Pada Penderita Malnutrisi Kanker dan Upaya Perbaikan Gizi Pasien Kanker. *Heal Nutr Journa*; 2015;
28. Juliana J, Afriani Y, Inayah I. Pengaruh pemberian jus jamur tiram putih (*Pleurotus ostreatus*) terhadap kadar malondialdehid pada atlet sepak bola. *Ilmu Gizi Indones*. 2018;
29. Rusnelly MR. PENGARUH ASUPAN ZAT GIZI MAKRO DAN FORMULA ANTIOKSIDAN TERHADAP PERUBAHAN BERAT BADAN PADA PENDERITA KANKER RAWAT JALAN DI RSMH PALEMBANG TAHUN 2012. *J Kesehat*. 2013;
30. . S, . B, Ernawati F. PERAN BEBERAPA ZAT GIZI MIKRO DALAM SISTEM IMUNITAS. *GIZI Indones*. 2014;
31. Ramadani M. Upaya penundaan proses penuaan (degeneratif) menggunakan antioksidan dan terapi sulih hormon. *Jurnal Kesehatan Masyarakat Andalas*. 2010.
32. Mursono Y. Prospek Pengembangan Makanan Fungsional. *J Teknol Pangan dan Gizi*. 2007;