

## PENERAPAN KIMIA HIJAU UNTUK MENJAMIN KEAMANAN PANGAN

Dina Mustafa  
([dinamustafa@ecampus.ut.ac.id](mailto:dinamustafa@ecampus.ut.ac.id))

### PENGANTAR

Sidang Umum Perserikatan Bangsa-Bangsa (PBB) menetapkan *Millenium Development Goals* (MDGs) pada September 2000, yang direncanakan dapat dicapai pada 2015 (WHO, 2015). MDGs terdiri atas 8 tujuan utama, yaitu 1) membasmi kemiskinan dan kelaparan ekstrim; 2) mencapai pendidikan dasar bagi semua anak; 3) memajukan kesetaraan gender dan pemberdayaan wanita; 4) mengurangi kematian bayi dan anak; 5) meningkatkan kesehatan Ibu; 6) memerangi HIV/AIDS, malaria, dan penyakit-penyakit lain; 7) memastikan keberlanjutan lingkungan hidup; dan 8) mengembangkan kemitraan dunia untuk pelaksanaan pencapaian MDGs ini. Hasil dari kemitraan dalam mencapai MDGs ini telah dilaporkan (WHO, 2015), yang ditunjukkan dengan indikator-indikator berikut, 1) penurunan kemiskinan dan kelaparan ekstrim di dunia, sebesar lebih dari 50%; 2) tingkat partisipasi pada pendidikan dasar yang meningkat dari 83% pada tahun 2000 menjadi 91% pada tahun 2015 di negara-negara berkembang; 3) tingkat partisipasi anak perempuan pada persekolahan dasar sampai dengan pendidikan tinggi juga meningkat pesat sehingga menunjang tercapainya tujuan kesetaraan gender dan pemberdayaan wanita; 4) yang berdampak pada tujuan-tujuan kesehatan ibu dan anak.

Indikator ketercapaian MDGs juga ditunjukkan oleh pembangunan pesat yang menjamin keamanan dan penyediaan air bersih, yaitu tersedianya dan pemanfaatan sumber-sumber air minum yang sehat dan bersih bagi 91% populasi dunia pada 2015, dibandingkan 76% pada 1990 (WHO, 2015), serta perbaikan sanitasi pada 50% penduduk dunia telah berdampak pada penurunan signifikan dari penyakit-penyakit menular. Secara global 147 negara berkembang telah mencapai target MDGs untuk ketersediaan air

minum sehat; 95 negara telah mencapai target sanitasi yang sehat; dan 77 negara telah mencapai kedua target tersebut. Demikian juga target-target lain pada MDGs telah berhasil dicapai, antara lain, penurunan kejadian penyakit HIV, tuberkulosis, dan malaria; kematian anak menurun 53% dan kematian Ibu melahirkan menurun 43%, tetapi masih di bawah target yaitu penurunan 60% untuk kematian anak dan 75% kematian Ibu melahirkan dari tahun 1990.

Dengan memperhatikan berbagai hambatan dan kritikan mengenai pencapaian MDGs ini, pada 25 September 2015 Sidang Umum PBB memperkenalkan kesepakatan baru yang disebut dengan *Sustainable Development Goals* (SDGs) yang diharapkan dapat berdampak pada perbaikan lingkungan dunia pada 2030 (WHO, 2015). Agenda SDGs ini memasukkan berbagai agenda lain yang telah ditetapkan oleh PBB setelah MDGs yang disimpulkan sebagai *“The road to dignity: ending poverty, transforming all lives and protecting the planet”* (WHO, 2015). SDGs ini terdiri atas 17 tujuan yang mengintegrasikan ketiga dimensi pembangunan berkelanjutan, ekonomi, sosial, dan lingkungan di sekitar tema-tema manusia, planet, kesejahteraan, perdamaian, dan kemitraan (WHO, 2015). SDGs meneruskan prioritas usaha MDGs untuk memerangi kemiskinan dan kelaparan, sekaligus berfokus pada hak asasi bagi semua, pemberdayaan wanita dan anak perempuan untuk meneruskan tercapainya kesetaraan gender.

Pelaksanaan SDGs juga memperhitungkan tujuan-tujuan MDGs yang belum tercapai (Atmawikarta, 2016). SDGs mempertimbangkan bahwa pemusnahan kemiskinan dan ketidak-setaraan, penciptaan pertumbuhan ekonomi yang bersifat inklusif, dan pelestarian planet bumi adalah kegiatan yang saling terkait erat, bukan saja satu terhadap yang lain, tetapi juga terhadap kesehatan penduduk, dengan hubungan yang dinamis dan resiprokal (Atmawikarta, 2016). Sebagai contoh, tujuan yang berhubungan dengan kesehatan adalah kontributor utama sekaligus dampak dari kebijakan tentang pembangunan berkelanjutan.

Selanjutnya dalam artikel ini dibahas hubungan antara Tujuan Pembangunan Berkelanjutan/TPB/SDGs dengan peran penerapan Kimia Hijau demi tercapainya keamanan pangan yang berdampak pada TPB 2, 3, 6, dan 12. Analisis didasarkan pada sejumlah pustaka dengan beberapa contoh.

## **PEMBAHASAN**

### **Tujuan Pembangunan Berkelanjutan**

Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (TPB) adalah terjemahan dari *Sustainable Development Goals* (SDGs), yang merupakan kelanjutan dan penyempurnaan terhadap MDGs, untuk hal-hal yang belum tercapai atau belum ada di MDGs. Untuk Indonesia, capaian terhadap MDGs ada kekurangan pada 14 indikator yang ditargetkan, yaitu: penyalpan kemiskinan dan asupan kalori (indikator tujuan 1), angka kematian pada bayi, balita, dan Ibu melahirkan (tujuan 4 dan 5), prevalensi HIV dan AIDS serta pengetahuan komprehensif tentang HIV/AIDS (indikator tujuan 6), kawasan tutupan hutan, emisi CO<sub>2</sub>, air minum dan sanitasi yang layak di pedesaan, kawasan kumuh di perkotaan (indikator tujuan 7), rasio ekspor dan impor terhadap Produk Domestik Bruto (PDB), komputer pribadi, dan akses internet (indikator tujuan 8) (Atmawikarta, 2016).

Selanjutnya dibahas mengenai pengaruh kimia hijau pada ketahanan pangan dalam hubungannya dengan pencapaian TPB pada tujuan 2, 3, 6, dan 12. Teori dan penerapan kimia hijau telah diperkenalkan oleh Anastas & Warner (1998) dan telah diterapkan dalam kehidupan modern yang berwawasan pelestarian lingkungan di Indonesia dan di seluruh dunia. Penerapan kimia hijau antara lain pada sistem pengelolaan air dengan menerapkan nanofiltrasi dengan kreasi membran ramah lingkungan untuk menyaring polutan, pembuatan bahan bangunan yang aman bagi manusia dan lingkungan, serta pengelolaan limbah yang sehat bagi lingkungan (Mustafa, 2017). Untuk menjamin penyediaan air bersih di perkotaan telah dilakukan dengan berbagai rekayasa infrastruktur pengairan (Susanto, 2017), dan rekayasa pengolahan dan penghematan air untuk mendapatkan

air bersih yang sehat (Utami & Handayani, 2017). Uraian selanjutnya adalah rincian peran kimia hijau untuk mencapai keamanan pangan.

### **Kimia Hijau**

Kimia hijau, yang merupakan terjemahan untuk istilah *green chemistry* atau *sustainable chemistry*. Kimia hijau adalah konsep, prinsip, dan penerapan kimia dan teknologi, termasuk interaksi dengan ilmu lain seperti Fisika, dan Biologi. Tujuan pendekatan kimia hijau adalah membentuk atau mentransformasi materi dengan proses yang dirancang dengan hati-hati sehingga optimal dalam hal produk yang dihasilkan termasuk efisiensi yang dicapai, sehingga baik bahan dasar, proses, dan produk yang dihasilkan akan ramah lingkungan (Utomo, 2010). Dengan penerapan kimia hijau ini maka proses penciptaan materi baru dilakukan dengan berusaha mengurangi atau menghilangkan penggunaan atau produk bahan kimia berbahaya dari mulai perancangan, produksi, dan pemanfaatan bahan kimia tersebut. Motto utama dari pendekatan kimia hijau adalah lebih baik, lebih mudah, dan lebih murah untuk merancang, dan mengembangkan proses-proses dan senyawa yang ramah lingkungan daripada mengatasi akibat buruk dari proses dan produk kimia yang berbahaya bagi lingkungan. Dengan kata lain, mencegah terjadinya polusi lingkungan oleh proses dan produk kimia yang berbahaya jauh lebih baik daripada menangani polusi kimia yang sudah terjadi.

Ide kimia hijau ini merupakan reaksi terhadap pengembangan dan pemanfaatan zat-zat kimia yang tanpa kendali sehingga menjadi kontaminan di alam, yang masuk dalam tubuh manusia dan mahluk hidup lain termasuk hewan dan tumbuhan, melalui tanah, air, udara, debu, dan sebagai kontaminan pada makanan. Penelitian oleh Clark (2005) menunjukkan bahwa banyak zat-zat kimia, seperti yang berasal dari pestisida di daerah tropis, zat pencegah api pada mebel dan elektronik, ternyata didapati pada tubuh mamalia di lautan termasuk di kutub utara. Dengan penerapan kimia hijau untuk pengembangan berkelanjutan di bidang kimia dan teknologi kimia, oleh dunia industri, akademi, dan pemerintahan, maka diharapkan proses-proses sintesa, pengolahan dan aplikasi zat-zat kimia dapat menurunkan ancaman terhadap kesehatan

manusia, makhluk hidup, dan lingkungan, dengan tetap memperhatikan efisiensi dan keuntungan (Anastas & Warner, 1998).

Konsep kimia hijau terdiri atas 12 prinsip. Prinsip pertama merupakan dasar kimia hijau yaitu “pencegahan”; pencegahan limbah lebih diutamakan daripada perlakuan terhadap limbah. Prinsip-prinsip berikutnya merupakan panduan pelaksanaan prinsip pertama ini, yaitu ekonomi atom, penghindaran toksisitas, pemanfaatan solven dan media lainnya dengan konsumsi energi seminimal mungkin, pemanfaatan bahan mentah dari sumber terbarukan, serta penguraian produk kimia menjadi zat-zat non-toksik sederhana yang ramah lingkungan (Dhage, 2013).

Zat-zat kimia merupakan pembentuk hampir semua materi termasuk tubuh manusia, hewan, dan tumbuhan, dan pastinya, makanan. Berbagai zat kimia dalam makanan umumnya tidak berbahaya dan malah kadang-kadang, disukai keberadaannya karena memperbaiki tekstur dan rasa. Zat-zat gizi seperti karbohidrat, protein, lemak, dan serat, juga vitamin dan mineral semuanya terdiri atas kumpulan senyawa kimia. Zat-zat kimia ini menyumbang pada asupan makanan sehari-hari dan juga pengalaman kuliner yang menyenangkan bersama keluarga dan teman. Beberapa zat kimia terdapat secara alami dalam rantai makanan dan beberapa lainnya adalah hasil dari kegiatan manusia seperti pertanian/peternakan, pengolahan, dan transportasi makanan (Nuraida, Syamsir, & Herawati, 2009).

Zat-zat kimia dalam makanan memiliki sifat-sifat yang dapat menimbulkan dampak bagi manusia dan hewan serta tumbuhan (Hariyadi, 2010). Para ahli, termasuk ahli kimia pangan, diperkuat dengan aturan pemerintah, membantu untuk berjaga-jaga terhadap efek bahaya yang potensial, dengan menyarankan tingkat kandungan yang aman dari zat-zat kimia ini dalam makanan, baik untuk sekali konsumsi atau kemungkinan akumulasinya dalam tubuh setelah beberapa waktu (Nuraida et al., 2009; Sparringa, 2014). Pengetahuan ini masuk dalam konsep keamanan pangan dari kandungan zat-zat kimia yang berbahaya.

## Keamanan Pangan

Sejak tahun 1992, FAO/WHO telah mencanangkan *World Declaration on Nutrition*, bahwa **memperoleh makanan cukup, bergizi, dan aman adalah hak setiap manusia** (FAO & WHO, 1992). Menurut Undang-Undang Nomor 7 tahun 1996, yang kemudian diperbaharui dengan Undang-Undang Nomor 18 tahun 2012 tentang Pangan, bahwa **definisi pangan** adalah segala sesuatu yang berasal dari sumber hayati dan air, baik yang telah diolah maupun yang tidak diolah, yang diperuntukkan sebagai makanan atau minuman bagi konsumsi manusia termasuk bahan baku pangan, bahan tambahan pangan, dan bahan lain yang digunakan dalam proses penyiapan dan pengolahan, serta pembuatan makanan dan minuman. Selanjutnya Undang-Undang Nomor 7 tahun 1996 ini dilengkapi dengan Peraturan Pemerintah Nomor 28 tahun 2004 tentang Keamanan, Mutu, dan Gizi Pangan, yang menjelaskan tentang persyaratan keamanan pangan, yaitu standar dan berbagai ketentuan lain yang harus dipenuhi untuk mencegah bahaya terhadap pangan, karena cemaran biologis, kimia dan fisik yang membahayakan kesehatan manusia. Pemerintah juga telah menerbitkan Pedoman Cara Produksi Yang Baik Untuk Makanan yang ditetapkan berdasarkan SK Menteri Kesehatan No 23/Menkes/SK 1978.

Menurut Undang-Undang Indonesia Nomor 18 tahun 2012 tentang Pangan, **definisi keamanan pangan** adalah usaha dan keadaan yang dipersyaratkan untuk mencegah tiga hal yang mungkin mencemari, yaitu cemaran biologis, kimia, dan fisik, yang terbukti atau dianggap dapat mengganggu, merugikan, dan membahayakan kesehatan manusia (BPOM, 2017). Pada kondisi-kondisi tertentu maka ketentuan mengenai keamanan pangan ini juga berusaha menjamin terjaganya ketaatan berdasarkan budaya atau agama tertentu, seperti budaya vegetarian atau vegan untuk umat Hindu yang tidak makan produk hewani, atau kehalalan makanan berdasarkan aturan agama Islam (BPOM, 2017). Keamanan pangan ini penting karena pangan yang tidak aman kemungkinan menyebabkan penyakit yang diistilahkan dengan *foodborne disease*. Menurut Undang-Undang Nomor 18 ini, keamanan pangan diselenggarakan melalui: 1) sanitasi pangan; 2) pengaturan terhadap bahan tambahan pangan; 3) pengaturan terhadap produk rekayasa genetik;

4) pengaturan terhadap iradiasi pangan; 5) penetapan standar kemasan pangan; 6) pemberian jaminan keamanan pangan dan mutu pangan; dan 7) pemberian kepastian produk halal bagi yang dipersyaratkan.

Persepsi mengenai makanan yang aman (*safe food*) dapat bermacam-macam menurut setiap individu konsumen, yang dipengaruhi oleh usia, pengalaman hidup, budaya, gender, pandangan politis, kebutuhan nutrisi, kemampuan membeli, masukan dari media massa atau sosial, status keluarga, pekerjaan, dan pendidikan (Seward II dalam Schmidt & Rodrick, 2003). Sebagai ilustrasi, ada konsumen yang menganggap makanan sehat artinya adalah makanan yang ditangani dengan benar, termasuk pencucian yang menyeluruh bahan makanan dari ikan dan unggas yang akan dimasak atau dimakan mentah. Makanan yang aman adalah makanan yang disiapkan di atas permukaan yang bersih dan tersanitasi dengan menggunakan peralatan dan wadah yang juga bersih dan tersanitasi. Konsumen yang seperti ini menekankan pentingnya pencucian tangan oleh mereka yang terlibat dalam penyiapan makanan, termasuk juga pentingnya untuk tidak menggunakan kembali lap atau busa yang sudah kotor. Bagi konsumen yang terdidik seperti ini, makanan aman adalah yang disiapkan dengan prosedur yang aman pula (Seward II dalam Schmidt & Rodrick, 2003).

Cemaran pada makanan dapat dikategorikan sebagai cemaran biologis, kimia dan fisik. Cemaran biologis pada makanan dapat terjadi karena adanya mikroba seperti bakteri, kapang, kamir, parasit, dan virus, di mana pertumbuhan mikroba ini dapat menyebabkan pembusukan dan makanan menjadi beracun (BPOM, 2017). Untuk cemaran kimia dapat terjadi karena adanya zat-zat kimia dalam makanan yang dapat membuat makanan tidak aman, atau bersifat racun, karena mengandung zat-zat berbahaya bagi kesehatan manusia. Cemaran kimia dapat digolongkan dalam: 1) racun alami, seperti racun yang berasal dari: jamur dan singkong beracun, ikan buntal, dan jengkol; 2) cemaran kimia di lingkungan, antara lain, dari limbah industri, asap kendaraan bermotor, sisa pestisida dan pupuk kimia pada buah dan sayur, deterjen, zat kimia yang berbahaya pada peralatan masak dan wadah makanan dan minuman, dan logam berat dari limbah yang dibuang tanpa diolah; 3) penggunaan zat tambahan makanan yang melebihi

takaran seperti pada pemanis buatan, pengawet, dan pewarna makanan; 4) penggunaan zat kimia yang terlarang pada makanan seperti boraks, formalin (BPOM, 2017). Cemarannya fisik adalah cemaran yang disebabkan adanya benda-benda yang seharusnya tidak boleh ada dalam bahan pangan seperti rambut, kuku, staples, serangga mati, batu atau kerikil, pecahan gelas atau kaca, dan lain-lain. Benda-benda tersebut tidak boleh ada pada makanan karena membahayakan jika termakan, karena akan mengakibatkan, antara lain, gigi patah, luka pada kerongkongan dan perut, menutup jalan nafas atau pencernaan.

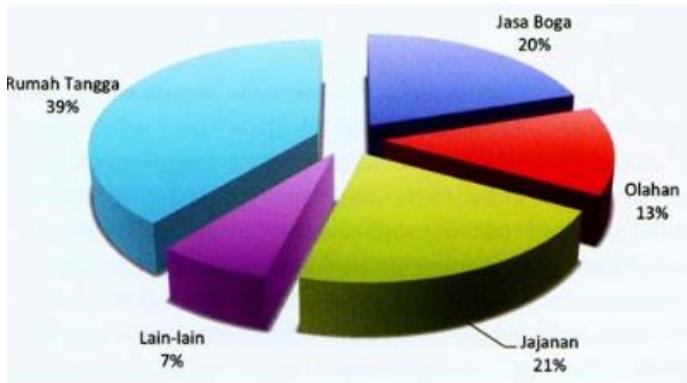
Selanjutnya akan diperhatikan mengenai cemaran kimia. Cemaran kimia pada bahan pangan dapat terjadi dari mulai di ladang, seperti sawah, peternakan, kebun, dan termasuk tambak, danau, pesisir maupun laut dalam sampai dengan makanan siap di meja makan, atau siap santap atau dikenal dengan istilah *from farm to table*. Pada masyarakat modern, pangan yang ada umumnya hasil mata rantai produksi dari mulai bahan mentah di ladang sampai dengan bahan jadi siap olah atau malah bahan makanan siap saji dan siap dikonsumsi. Dengan demikian penjaminan keamanan pangan dimulai dari pemberian input untuk pertanian seperti air, pupuk, dan pestisida, input untuk peternakan seperti air dan pakan ternak/ikan, sampai dengan pengendalian kontaminan pada ikan laut. Semua zat-zat pada input produksi pangan dapat terbawa dalam produk pangan tersebut. Penjaminan keamanan pangan harus mulai dari awal sampai akhir, secara menyeluruh dan tidak dapat secara parsial. Residu pestisida yang sudah terserap pada jaringan sayuran dan buah, juga residu obat-obatan yang sudah terserap pada daging ternak atau ikan tidak dapat hilang dengan proses pencucian atau pemanasan.



Sumber: Sulaeman (2012)

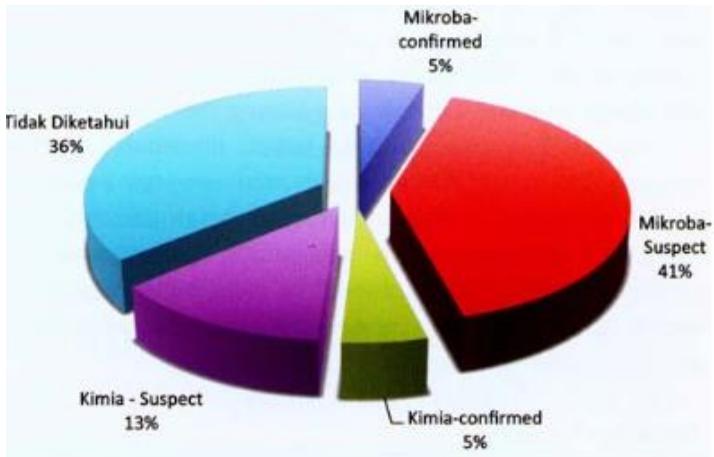
**Gambar 1. Potensi Cemaran dari Lahan Pertanian Sampai Siap Dikonsumsi**

Zat-zat kimia dalam bahan makanan antara lain berasal dari pestisida untuk produk-produk pertanian dan perkebunan, berbagai kontaminan pada minyak kelapa, kandungan obat-obatan pada produk-produk hewani seperti daging sapi, kambing, dan ikan dan makanan dari laut/*seafood* seperti udang, lobster, tuna, dan lain-lain. Gambar 2 menunjukkan jenis pangan penyebab kejadian luar biasa keracunan pangan tahun 2011-2013, dan Gambar 3 mendeskripsikan rincian zat penyebab kejadian keracunan untuk jangka waktu yang sama (Hariyadi, 2015).



Sumber: Hariyadi (2015)

**Gambar 2. Profil Jenis Pangan Penyebab Kejadian Luar Biasa Keracunan Pangan di Indonesia 2011-2013**



Sumber: Hariyadi (2015)

**Gambar 3. Zat Penyebab Kejadian Luar Biasa Keracunan Pangan di Indonesia pada 2011 – 2013**

### Kontaminasi Zat-Zat Kimia pada Makanan

Berbagai zat kimia dapat masuk ke dalam bahan pangan karena berbagai cara, antara lain karena: 1) terlarutnya lapisan alat pengolah makanan karena digunakan untuk mengolah makanan sehingga zat kimia dalam pelapis dapat terlarut; 2) logam yang terakumulasi pada produk perairan; 3) sisa antibiotik, pupuk, insektisida, pestisida atau herbisida, dan racun alami pada tanaman atau hewan; 3) zat tambahan makanan yang melebihi standar penggunaan; 4) kontaminasi dari bahan pengemas yang terurai menjadi zat-zat kimia yang berbahaya; 5) sisa bahan pembersih atau sanitaser kimia pada peralatan pengolah makanan yang tidak bersih dibilasnya. Cemaran kimia dalam makanan dapat digolong menjadi 6 yaitu: 1) senyawa toksik alami, seperti sianida yang banyak pada tanaman singkong dan solanin pada tanaman kentang; 2) bahan tambahan pangan; 3) residu obat-obatan/*vetenary drugs*; 4) residu pestisida; 5) bahan kimia kontaminan dari lingkungan; dan 6) migrasi senyawa pengemas. Beberapa contoh kontaminasi cemaran kimia karena kegiatan manusia dalam hal ini obat-obatan, zat-zat kimia dari hasil industri termasuk logam berat dapat dibaca pada Tabel 1. Pada Tabel 1 terdapat jenis cemaran, sumber, sifat dan bahaya cemaran yang ditimbulkan karena kontaminasi cemaran kimia akibat aktivitas manusia terutama karena penggunaan obat-obatan, zat-zat kimia untuk pertanian, dan residu zat-zat kimia dari limbah industri.

**Tabel 1. Zat Kimia Pada Makanan Akibat Kegiatan Manusia**

No	Jenis Cemaran	Sumber Cemaran	Senyawa Berbahaya	Bahaya yang Ditimbulkan
A.	Residu Obat-obatan ( <i>vetenary drugs</i> )	Obat-obatan pada hewan ternak potong, perah, unggas, ikan (termasuk udang) digunakan untuk mengobati dan mencegah	Obat-obatan yang diberikan pada ternak adalah anti mikroba, anti cacing, hormon pertumbuhan, dan obat penenang	Konsumsi hewan ternak atau produk hewani yang telah diberi obat-obatan dapat menimbulkan efek pada kesehatan manusia karena kemungkinan adanya residu obat-obatan tersebut. Bahaya yang mungkin ditimbulkan adalah: alergi

No	Jenis Cemar	Sumber Cemar	Senyawa Berbahaya	Bahaya yang Ditimbulkan
		penyakit, merangsang pertumbuhan, mengendalikan produksi, dan menekan stres sebelum pemotongan untuk ternak potong.		terhadap komponen obat-obatan dan muncul mikroba yang resisten terhadap obat.  Hormon pertumbuhan, yang berbasis steroid seperti androgen, oestradiol, testosteron dan progesteron telah dilarang di Uni Eropa.
B	Residu Pestisida	Pestisida merupakan senyawa kimia yang digunakan sebagai pembasmi hama tanaman atau hama lingkungan pemukiman dan industri.	Penggunaan pestisida selama budidaya tanaman pangan dan proses produksi pangan dapat menimbulkan risiko kontaminasi kimia karena residu yang toksik termakan bersama makanan terkontaminasi. Jenis pestisida adalah - Insektisida untuk membasmi serangga - Herbisida untuk membasmi gulma/tanaman pengganggu - Fungisida untuk membasmi jamur	Secara umum pestisida dari jenis organoklorin memiliki tingkat efektivitas sekaligus toksitas yang tinggi dan waktu degradasi yang paling lambat. 1) Insektisida seperti DDT ( <i>Dikloro Difenil Trichloretana</i> ) telah dilarang di banyak negara termasuk Indonesia. Namun masih banyak petani Indonesia yang menggunakannya termasuk untuk menyemprot ikan asin agar tidak dikerubungi lalat. Residu Senyawa organofosfor pada bahan makanan dapat menghambat enzim <i>Cholinesterase</i> (ChE) yang memecah neurotransmitter <i>Acetylcholine</i> (Ach), sehingga dapat menimbulkan gejala hiperaktif, konvulsi,

No	Jenis Cemaran	Sumber Cemaran	Senyawa Berbahaya	Bahaya yang Ditimbulkan
				<p>sampai pada kelumpuhan. Demikian juga insektisida turunan karbamat dapat menyebabkan keracunan, sehingga pemanfaatannya harus sangat hati-hati.</p> <p>2). Risiko penggunaan fungisida dan herbisida ini lebih rendah daripada risiko penggunaan insektisida. Umumnya jika berasal dari organik maka akan bersifat <i>biodegradable</i>, daya racun terhadap lingkungan rendah, diserap oleh lingkungan dalam jumlah kecil dan tidak terakumulasi dalam bahan biologis. Namun ada juga yang tahan lama dalam tanah. Masalah pada manusia akan timbul bila memakan produk benih yang sudah diberi fungisida dan herbisida.</p>
C	Kontaminan dari Lingkungan	1. Logam berat	Logam berat di sini adalah logam-logam yang beracun yaitu Merkuri (Hg), Kadmium (Cd), juga Arsen, Antimony, dan Selenium. Umumnya logam berat ini	Pangan yang terkontaminasi logam berat dapat memberikan pengaruh negatif pada kesehatan manusia dan hewan. Pengaruh negatif itu antara lain, perdarahan pada saluran cerna, kerusakan ginjal serta akumulasinya di

No	Jenis Cemar	Sumber Cemar	Senyawa Berbahaya	Bahaya yang Ditimbulkan
			merupakan hasil limbah industri yang tidak diolah secara benar sebelum dibuang ke lingkungan udara, tanah, dan air.	jaringan otak, paru-paru, dan hati.
		2. Senyawa poliklorinat (Dioksin, Furans, dan PCB)	Senyawa poliklorinat ini merupakan senyawa organoklor yang sangat beracun dan persisten/tidak mudah terurai.	<p>Pencemaran lingkungan oleh senyawa ini merupakan hasil samping industri seperti kimia yang menghasilkan pestisida dan plastik PVC; proses pemutihan dengan klorin, seperti pada industri kertas; proses pembakaran, seperti sampah plastik, kertas, asap rokok, asap kendaraan bermotor, dan kebakaran hutan.</p> <p>Terutama dari PCB, yang merupakan pembentuk plastik kemasan, pencemaran pada bahan pangan mungkin terjadi karena migrasi PCB dari kemasan.</p> <p>Pencemaran senyawa ini terutama pada bahan makanan yang mengandung lemak seperti pangan hewani yang tercemar termasuk susu sapi. Dosis letal sangat rendah yaitu 5 µg/kg atau part per trillion.</p>

No	Jenis Cemar	Sumber Cemar	Senyawa Berbahaya	Bahaya yang Ditimbulkan
				Kerusakan genetik karena cemaran senyawa dapat menimbulkan gangguan autisme pada anak.
D	Kontaminan Kimia dari kemasan	Kemasan plastik, kertas/karton, dan kaleng	Migrasi komponen kemasan ke dalam bahan makanan karena bereaksi dengan komponen bahan pangan yang dikemas.	Monomer plastik seperti <i>vinil klorida</i> , serta komponen-komponen plastik seperti plastisizer, antioksidan, dan stabilizer juga potensial untuk bermigrasi sebagai cemaran pada bahan makanan yang dikemasnya.  Monomer dari styrofoam yaitu styrene dapat bermigrasi ke bahan makanan yang mengandung lemak dan alkohol. Bahan ini dapat terakumulasi pada otak manusia dan jaringan syaraf.

Sumber: Nuraida et al. (2009)

Pengendalian dan regulasi zat kimia berbahaya dalam makanan telah dilakukan. Peraturan dan standar nasional, regional dan internasional telah ditetapkan. Peraturan dan standar internasional yang ditetapkan oleh *Codex Alimentarius Commission* (CAC) menetapkan *General Standard for Contaminant and Toxin in Food* (GSCTF) (*World Health Organization*, 2015). Standar ini berperan pada perdagangan bahan makanan antar negara. CAC ini berada di bawah FAO/WHO juga menerbitkan regulasi untuk bahan kimia, seperti batas maksimum, rekomendasi pengendalian, rekomendasi metode sampling, dan analisis komponen kimia dalam bahan pangan. Peraturan-peraturan ini juga diadopsi oleh pemerintah Indonesia untuk

menjamin keamanan pangan asal dalam negeri dan impor, atau yang akan diekspor (Nuraida et al., 2009).

### **Pendekatan Kimia Hijau untuk Mencegah Pencemaran Zat Kimia dalam Makanan**

Ilmu dan teknologi kimia berperan besar dalam peningkatan mutu kehidupan, karena berdampak pada perkembangan industri obat-obatan, peningkatan penyediaan pangan dunia yang ditunjang oleh pemanfaatan pupuk dan pestisida, serta penemuan zat-zat kimia untuk memperbaiki mutu kehidupan seperti, zat warna, kosmetik, plastik, dan membran untuk penyaringan cairan (*World Bank Group*, 2012). Namun kemajuan itu dibarengi pula dengan dampak buruk produk-produk kimia di samping limbah kimia terhadap lingkungan termasuk kehidupan manusia, seperti yang telah diuraikan sebelumnya. Untuk mencegah dampak buruk inilah muncul konsep “Kimia Hijau” yang didefinisikan sebagai kimia yang ramah lingkungan (*environmentally benign chemistry*) (Anastas & Warner, 1998). Pendekatan kimia hijau memandu berbagai penemuan dan penerapan pendekatan sintesis zat-zat kimia dengan menggunakan sumber-sumber terbarukan, kondisi-kondisi reaksi yang ramah lingkungan, meminimalkan energi dan merancang zat-zat kimia yang tidak beracun dan jauh lebih aman (Dhage, 2013). Selanjutnya proses kimia yang digunakan diusahakan agar seminimal mungkin dalam menimbulkan polusi pada lingkungan, dan tidak menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan (Clark, 2005).

Dalam hubungannya dengan keamanan pangan, konsep kimia hijau diterapkan sejak dari persawahan/perladangan/perkebunan/pertanian/perikanan sampai dengan pengolahan dan pengemasan bahan pangan. Bekerja sama dengan konsep pertanian berkelanjutan (*sustainable agriculture*) untuk mengurangi dampak buruk penggunaan zat-zat kimia untuk lingkungan pertanian, baik pada tanah, flora, fauna, dan badan air di sekitar daerah pertanian, juga pada kesehatan petani, yang menggunakannya dan masyarakat yang mengkonsumsi bahan makanan yang dihasilkan pertanian. Menurut laporan *United National Environment Program* (UNEP) dan *World Health Organization* (WHO) sekitar 3 juta orang

mengalami keracunan pestisida akut dan sekitar 10–20 ribu orang meninggal karena hal ini setiap tahun di negara-negara berkembang. Para ahli di Amerika Serikat memperkirakan bahwa sampai dengan 20 ribu orang Amerika mungkin akan meninggal karena kanker akibat adanya residu pestisida pada tingkat yang rendah pada makanan yang berasal dari nabati maupun hewani (Sinha, Herat, Valani, & Chauhan, 2009).

Untuk mengatasi hal ini, konsep pertanian berkelanjutan mengusulkan membudidayakan bahan pangan yang bergizi dan dapat melindungi kesehatan manusia dengan bantuan pupuk dan pestisida dari bahan-bahan organik yang berbasis zat-zat biologis (Sinha et al., 2009). Sejauh mungkin, sistem pertanian organik bergantung pada rotasi tanaman, pemanfaatan residu tanaman, pupuk kandang, kacang-kacangan, dan pupuk hijau demi menjaga produktivitas dan kesuburan tanah untuk memasok nutrisi tanaman. Ini menekankan pada metode pencegahan dan kuratif pengendalian hama seperti penggunaan kultivar yang tahan hama, agen biokontrol, dan metode budaya pengendalian hama (Sinha et al., 2009). *Vermicompost* (produk metabolisme cacing tanah yang memakan limbah organik) terbukti sebagai 'pupuk organik' yang sangat bergizi dan 'promotor pertumbuhan ajaib' yang kaya nitrogen, kalium, dan fosfor (NKP) dengan komposisi nitrogen 2-3%, kalium 1,85-2,25% dan fosfor 1,55-2,25%, mikronutrien, mikroba tanah yang menguntungkan dan juga mengandung 'hormon pertumbuhan dan enzim (Sinha et al., 2009). Bukti-bukti terakumulasi di seluruh dunia termasuk studi oleh Sinha et al. (2009), bahwa cacing tanah dan *vermikompost* dapat melakukan keajaiban, karena dapat 'membangun tanah', 'memulihkan kesuburan tanah', 'mempertahankan produksi pertanian' dan juga menyediakan 'makanan aman' bagi kemajuan peradaban.

Sistem pertanian berkelanjutan juga telah dipraktikkan di Indonesia antara lain, di Kabupaten Ciamis, Jawa Barat, yang menerapkan pola budidaya pertanian berkelanjutan dengan memanfaatkan kompos, jerami dan sisa tanaman yang ditanam di sawah, juga penggunaan mikroorganisme lokal, yang terbukti menghasilkan pendapatan bersih 1,5 kali lebih banyak daripada yang menerapkan pertanian konvensional dengan menggunakan

pupuk kimia dan pestisida. Usaha-usaha pertanian berkelanjutan ini juga sudah merambah ke Karawang, ke Jawa Tengah seperti Kabupaten Sukoharjo, Sragen, dan Bulungan (Sudjana, 2013). Semangat penerapan pertanian berkelanjutan juga semakin besar dengan banyaknya permintaan akan beras organik terutama di kota besar seperti Jakarta dengan permintaan sampai dengan 23 ton per minggu (Sudjana, 2013).

Peranan aktif pelaksana industri dalam menerapkan kimia hijau untuk menunjang sektor industri kimia pertanian telah dilakukan di India, yaitu kerja sama antara beberapa industri kimia pertanian dan obat-obatan (FICCI, 2014). Pendekatan dilakukan dengan menciptakan proses-proses industri yang bertujuan mereduksi tingkat *chemical oxygen demand* (COD) pada air limbah hasil industri dan mengembangkan kolaborasi sehingga dapat saling bertukar praktik baik antar berbagai industri kimia. Kerja sama tersebut berhasil mengembangkan teknologi untuk pendekatan *zero discharge solution*, yaitu teknologi pengolahan air limbah, yang memungkinkan untuk *recycle, recover, dan reuse* air hasil olahan. Dengan demikian hanya sedikit sekali air yang dibuang ke lingkungan. Selain mengembalikan 90 – 95% air yang digunakan, juga mendaur ulang produk samping dari limbah itu dapat menghemat biaya operasi. Demikian juga perlakuan untuk mengurangi COD dengan cara memanfaatkan  $H_2O_2$ , perlakuan seperti *subcritical water oxidation, thermal-liquid phase oxidation, isolated bacteria*, dan pemanfaatan *adsorbent* seperti *carbon active*. Kerja sama untuk berbagi ilmu dan keahlian dalam penerapan kimia hijau akan menghasilkan pengembangan proses dan produk secara efisien dalam pendanaan.

Selanjutnya ada penerapan teknologi daur ulang pelarut organik yang digunakan untuk langkah-langkah pembuatan zat kimia, seperti pada sistem fermentasi, ekstraksi, pembentukan dan tahap akhir produk (*World Bank Group/WBG*, 2012). Pelarut-pelarut yang berbahaya bagi lingkungan diganti dengan pelarut yang ramah lingkungan seperti jenis dari soy methyl ester dan laktat ester yang berasal dari kedelai, yang mampu menggantikan pelarut yang merupakan turunan produk minyak bumi terklorinasi (FICCI, 2014). Pelarut lain adalah ethyllactate yang dapat menggantikan pelarut tradisional seperti toluen, aseton, dan xylene (FICCI, 2014). Pelarut-pelarut

ramah lingkungan ini mudah terurai secara biologis (*biodegradable*), mudah di daur ulang, menghasilkan emisi yang tidak berbahaya, bersifat non-korosif, dan non-carcinogenik (FICCI, 2014).

Pencegahan cemaran kimia dalam bahan pangan dengan menerapkan pendekatan kimia hijau juga dilakukan dengan menerapkan regulasi yang ketat pada berbagai industri yang berisiko mencemari lingkungan seperti memastikan bahwa limbah cair dan padat diolah dahulu sebelum dibuang ke lingkungan (Mustafa, 2016). Selain penerapan prinsip-prinsip kimia hijau seperti siklus tertutup pada industri bahan makanan, juga dapat diadvokasi upaya memperbaiki sikap hidup masyarakat agar mau menerapkan pengendalian limbah rumah tangga dan industri, memanfaatkan limbah industri pertanian dan peternakan untuk dijadikan sumber daya dan energi terbarukan, serta usaha menggunakan bahan-bahan kimia yang ramah lingkungan seperti cat dan bahan-bahan bangunan (Mustafa, 2016). Industri bahan pengemasan pangan juga sudah memperhatikan bahan-bahan kemasan pangan yang aman bagi pangan dan mudah didaur ulang atau bersifat *biodegradable* terutama bahan pengemas dari plastik, laminating logam dengan plastik atau kertas dengan plastik (Marsh & Bugushu, 2007; Raheem, 2012).

Sosialisasi gaya hidup yang sehat berkenaan dengan penyediaan dan konsumsi makanan yang aman juga telah dilaksanakan di Indonesia, antara lain pemberdayaan masyarakat pertanian alami perkotaan (Huda & Harijati, 2016; Susilo & Wijanarko, 2016), serta peraturan mengenai jajan sehat untuk anak sekolah. Berdasarkan Laporan Akhir Hasil Monitoring Dan Verifikasi Profil Keamanan Pangan Jajan Anak Sekolah (PJAS) Nasional tahun 2008, menunjukkan bahwa 98,9% anak jajan di sekolah dan hanya 1% yang tidak pernah jajan (BPOM, 2013). PJAS ini menyumbang 31,06% energi dan 27,44% protein dari konsumsi pangan harian (BPOM, 2013). PJAS selain berfungsi sebagai sumber pangan jajanan juga dapat berfungsi sebagai sumber pangan sarapan. Dengan mempertimbangkan keadaan ini Direktorat Standarisasi Produk Pangan, Deputi Bidang Pengawasan Keamanan Pangan dan Bahan Berbahaya, BPOM-RI, telah menerbitkan buku *Pedoman Pangan Jajanan Anak Sekolah untuk Pencapaian Gizi Seimbang*,

untuk orangtua, guru, dan pengelola kantin guna mengarahkan pemenuhan gizi dari pangan jajanan aman dan sehat bagi anak sekolah yang tidak atau kurang sarapan dan tidak membawa bekal (BPOM, 2013).

Pada 2011 sampai dengan 2014, Kementerian Kesehatan telah melakukan analisis terhadap pangan jajanan anak sekolah SD/MI (Pusat Data dan Informasi Kemenkes, 2015). Setiap tahun diambil sampel pangan jajan dari 4500 sekolah, dan dilakukan pembinaan terhadap sekolah yang telah disampel mulai tahun 2012. Hasil pengujian terhadap 10.429 sampel menunjukkan 76,18% memenuhi syarat dan 28,82% tidak memenuhi syarat keamanan pangan. Penyebab tidak memenuhi syarat karena pencemaran oleh mikroba, BTP (bahan tambahan pangan) yang berlebihan, dan penggunaan bahan berbahaya.

Jajanan yang diuji adalah bakso sebelum diseduh, jeli/agar-agar dan produk gelatin lain, minuman es, mie yang siap dikonsumsi, minuman berwarna dan sirup, kudapan (gorengan seperti: bakwan, tahu goreng, cilok, sosis, batagor, empek-empek), lontong, dan lain-lain, makanan ringan (kerupuk, keripik, produk ekstrusi, dan sejenisnya). Hasil pemeriksaan yang paling tidak memenuhi syarat adalah berturut-turut dari yang paling tinggi, minuman berwarna/sirup, minuman es, jeli/agar-agar, dan bakso. Penyebab tidak memenuhi syarat keamanan pangan adalah karena menggunakan bahan berbahaya yang dilarang untuk pangan yaitu BTP yang melebihi batas minimal, cemaran logam berat yang melebihi batas minimal, dan kualitas mutu mikrobiologis yang tidak memenuhi syarat. Departemen Kesehatan kemudian mengadakan pengawasan, pembinaan dan pengawalan terhadap 16.990 SD/MI sejak 2012–2014.

Dari uraian pada artikel ini dapat dikatakan bahwa Indonesia telah menerapkan berbagai peraturan untuk menjamin keamanan pangan *from the farm to the table* dengan koordinasi antar kementerian terkait (Pertanian, Kesehatan, Perindustrian, dan Perdagangan). Pemerintah juga sudah melakukan berbagai pengawasan terhadap pelaksanaan berbagai peraturan tersebut. Tetapi karena luasnya wilayah Indonesia, dan terdapat banyak penyedia bahan pangan mentah ataupun olahan yang kurang

pengetahuan atau tidak peduli pada keamanan pangan, maka sering terjadi keadaan luar biasa keracunan makanan yang datanya dapat dilihat pada Gambar 2 dan 3. Meskipun pemerintah telah menetapkan berbagai aturan yang menjamin keamanan pangan dan pengawasan pelaksanaannya, namun peran aktif masyarakat masih diperlukan antara lain dengan memperhatikan jajanan di sekitar tempat kerja, sekolah dan perumahan, serta melaporkan kepada pihak terkait, jika ada kecurigaan pangan yang tidak aman. Dengan demikian masih diperlukan upaya peningkatan pengetahuan dan kepedulian bagi pelaku penyedia bahan pangan agar menerapkan keamanan pangan.

## **PENUTUP**

Keamanan pangan memegang peran penting bagi tercapainya tujuan pembangunan berkelanjutan, terutama pencapaian TPB no 2, 3 6, dan 12. Salah satu indikator keamanan pangan adalah bebas dari cemaran zat kimia. Keamanan pangan dari kontaminan kimia dapat dicapai dengan penerapan konsep kimia hijau yang mencegah kontaminan kimia masuk ke lingkungan air, udara, dan tanah melalui berbagai rekayasa proses yang menerapkan 12 prinsip kimia hijau. Pencegahan cemaran kimia pada bahan pangan juga dapat dilakukan dengan tindakan berhati-hati terhadap penggunaan zat-zat kimia pada pangan dari mulai *farm to table*.

**REFERENSI**

- Anastas, P.T., & Warner J.C., (Eds). (1998). *Green chemistry: theory and practice*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Atmawikarta, A. (2016). *Evaluasi pencapaian MDGs dan pelaksanaan SDGs: fokus tujuan 2 “tanpa kelaparan*. Disampaikan pada Kongres Nasional IAKMI, Makassar 4 November 2016. Diakses melalui [https://docplayer.info/32792207-Evaluasi-pencapaian-mdgs-dan-pelaksanaan-sdgs-fokus-tujuan-2.html#download\\_tab\\_content](https://docplayer.info/32792207-Evaluasi-pencapaian-mdgs-dan-pelaksanaan-sdgs-fokus-tujuan-2.html#download_tab_content) pada 3 Juni 2018.
- BPOM. (2013). *Pedoman pangan jajanan anak sekolah untuk pencapaian gizi seimbang: untuk orang tua, guru, dan pengelola kantin*. Jakarta: Deputi Bidang Pengawasan Keamanan Pangan dan Bahan berbahaya – BPOM – RI. Diakses melalui [http://standarpangan.pom.go.id/dokumen/pedoman/Buku\\_Pedoman\\_PJAS\\_untuk\\_Pencapaian\\_Gizi\\_Seimbang\\_Orang\\_Tua\\_Guru\\_Pengelola\\_Kantin.pdf](http://standarpangan.pom.go.id/dokumen/pedoman/Buku_Pedoman_PJAS_untuk_Pencapaian_Gizi_Seimbang_Orang_Tua_Guru_Pengelola_Kantin.pdf) pada 10 Juni 2018.
- BPOM. (2017). *Keamanan pangan untuk Indonesia sehat*. Diakses melalui [http://www.pom.go.id/files/2017/6\\_KeamananPangan.pdf](http://www.pom.go.id/files/2017/6_KeamananPangan.pdf) pada 10 Juni 2018.
- Clark, J. H. (2005). Green chemistry and environmentally friendly technology. In C. A. M. Afonso and J. G. Crespo (eds). *Green Separation Processes*. pp 3 – 4. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim ISBN 3-527-30985-3. Diakses melalui [https://www.wiley-ch.de/books/sample/3527309853\\_c01.pdf](https://www.wiley-ch.de/books/sample/3527309853_c01.pdf) pada 20 Juni 2016.
- Dhage, S.D. (2013). Applications of green chemistry principles in every day life. *International Journal of Research in Pharmacy and Chemistry*, 3 (3). Diakses melalui <http://www.ijrpc.com/files/01-346.pdf> pada 16 Maret 2016.

- FAO & WHO. (1992). World declaration and plan of action for nutrition. *International Conference of Nutrition*, Rome, December 1992. Diakses melalui <http://www.fao.org/docrep/015/u9260e/u9260e00.pdf> pada 6 Agustus 2018.
- FICCI (Federation of Indian Chambers of Commerce and Industry). (2014). *Knowledge paper on safe and judicious use of agrochemicals and application of green chemistry* (March 2014). New Delhi: Federation of Indian Chambers of Commen India. Diakses melalui <http://fikki.in/spdocument/20377/Agro-Knowledge-paper.pdf> pada 10 Juni 2018.
- Hariyadi, P. (2010). Penanganan kontaminan pangan dalam rangka menjamin keamanan pangan. Makalah disampaikan pada Workshop Pokja *Keamanan Pangan Rencana Aksi Nasional Pangan dan Gizi 2011–2015*, Selasa BPOM RI; 5 Oktober 2010. Diakses melalui [https://www.researchgate.net/profile/Purwiyatno\\_Hariyadi2/publication/259480309\\_PENANGANAN\\_KONTAMINAN\\_PANGAN\\_DALAM\\_RANGKA\\_MENJAMIN\\_KEAMANAN\\_PANGAN/links/0deec52c180c347db800000/](https://www.researchgate.net/profile/Purwiyatno_Hariyadi2/publication/259480309_PENANGANAN_KONTAMINAN_PANGAN_DALAM_RANGKA_MENJAMIN_KEAMANAN_PANGAN/links/0deec52c180c347db800000/) pada 2 Juli 2018.
- Hariyadi, P. (2015). Keamanan pangan; Tantangan ganda bagi Indonesia. *Jurnal SNI Valuasi*, 91 (2). Diakses melalui [https://www.researchgate.net/profile/Purwiyatno\\_Hariyadi2/publication/286443784\\_KEAMANAN\\_PANGAN\\_Tantangan\\_Ganda\\_bagi\\_Indonesia/links/5669724c08ae430ab4f71a5a/](https://www.researchgate.net/profile/Purwiyatno_Hariyadi2/publication/286443784_KEAMANAN_PANGAN_Tantangan_Ganda_bagi_Indonesia/links/5669724c08ae430ab4f71a5a/) pada 10 Juni 2018.
- Huda, N. & Harijati, S. (2016). Peran penyuluh dalam pemberdayaan masyarakat pertanian perkotaan. Dalam Toha et al. (Eds). *Peran matematika, sains dan teknologi dalam mendukung gaya hidup perkoataan (urban life style) yang berkualitas*. Tangerang Selatan: Universitas Terbuka.
- Kramer, C.S. (1990). Food safety: The consumer side of the environmental issue. *Southern Journal of Agricultural Economics*, 33-40.

- Marsh, K. & Bugus, B. (2007). Scientific status summary: food packaging—roles, materials, and environmental issues. *Journal of Food Science*, 72 (3), R39-R55.
- Mustafa, D. (2016). Kimia hijau dan pembangunan kesehatan yang berkelanjutan. Dalam Toha et al. (Eds). *Peran matematika, sains dan teknologi dalam mendukung gaya hidup perkotaan (urban life style) yang berkualitas (177-191)*. Tangerang Selatan: Universitas Terbuka.
- Mustafa, D. (2017). Peranan kimia hijau (*green chemistry*) dalam mendukung tercapainya kota cerdas (*smart city*), suatu tinjauan pustaka. Dalam Pangaribuan et al. (Eds). *Optimalisasi peran sains dan teknologi untuk mewujudkan smart city(167-188)*. Tangerang Selatan: Universitas Terbuka.
- Nuraida, L., Syamsir, E., & Herawati, D. (2009). Modul 3: Kontaminasi kimia dan pengendaliannya. Dalam *buku materi pokok PANG4318 keamanan pangan*. Tangerang Selatan: Universitas Terbuka.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 28 Tahun 2004 Tentang Keamanan, Mutu dan Gizi Pangan – Presiden Republik Indonesia. Diakses melalui [jdih.pom.go.id/showpdf.php?u...](http://jdih.pom.go.id/showpdf.php?u...) pada 10 juni 2018.
- Pusat Data dan Informasi – Kementerian Kesehatan RI. (2015). *Situasi pangan jajanan anak sekolah tahun 2014*. Jakarta: Kemenkes RI. Diakses melalui [www.depkes.go.id/download.php?file=download/pusdatin/infodatin/infodatin...pdf](http://www.depkes.go.id/download.php?file=download/pusdatin/infodatin/infodatin...pdf) pada 10 Juni 2018.
- Raheem, D. (2012). Nutrition and food science: application of plastic and paper as food packaging materias: an overview. *Emirate Journal of Food and Agriculture*, 25(3),177-188.
- Schmidt, R. H. & Rodrick, G. E. (Eds). (2003). *Food safety handbook*. New Jersey: John Wiley & Sons. Diakses melalui

<https://muhammadsbuchi.files.wordpress.com/2010/04/food-safety-handbook.pdf> pada 10 Juni 2018.

Sinha, R., Herat, S., Valani, D., & Chauhan, K. (2009). The concept of sustainable agriculture: an issue of food safety and security for people, economic prosperity for the farmers and ecological security for the nations. *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.*, 5 (S), 01-55.

Sparringa, R. (2014). Cemaran kimia pangan dan dampaknya terhadap kesehatan. Disampaikan pada Temu Ilmiah Internasional PERSAGI XV *Penguatan Profesi Gizi Untuk Mendukung pemerintahan dalam Mencegah Masalah Stunting dan Penyakit Degeneratif*. Yogyakarta, 27 November 2014. Diakses melalui <https://file.persagi.org/share/63%20KaBPOM%20-%20Cemaran%20Kimia%20Pangan.pdf> pada 10 Juli 2018.

Sudjana, B. (2013). Pertanian berkelanjutan berbasis kesehatan tanah dalam mendukung ketahanan pangan. *Majalah Ilmiah SOLUSI*, 11 (26), 1-16.

Susanto, A. (2017). Meningkatkan water resilience untuk menunjang smart city. Dalam Pangaribuan et al. (Eds.), *Optimalisasi peran sains dan teknologi untuk mewujudkan smart city*. Tangerang Selatan: Universitas Terbuka.

Susilo, A; dan Wijanarko. (2016). Kompetensi penyuluh pertanian dalam menumbuhkan potensi agribisnis di perkotaan. Dalam Toha et al. (Eds.), *Peran matematika, sains dan teknologi dalam mendukung gaya hidup perkotaan (urban life style) yang berkualitas*. Tangerang Selatan: Universitas Terbuka.

Undang-Undang Republik Indonesia, Nomor 7 tahun 1996. Tentang Pangan—Presiden Republik Indonesia. Diakses melalui [www.hukumonline.com/pusatdata/downloadfile/lt4c2dfabd53e2b/pa-rent/420](http://www.hukumonline.com/pusatdata/downloadfile/lt4c2dfabd53e2b/pa-rent/420) pada 6 September 2018.

Undang-Undang Republik Indonesia, Nomor 18 tahun 2012 Tentang Pangan—Presiden Republik Indonesia. Diakses melalui <https://luk.staff.ugm.ac.id/atur/UU18-2012Pangan.pdf> pada 6 September 2018.

Utami, S. & Handayani, S.K. (2017). Ketersediaan air bersih untuk kesehatan: kasus dalam pencegahan diare pada anak. Dalam Pangaribuan et al. (Eds.), *Optimalisasi peran sains dan teknologi untuk mewujudkan smart city*. Tangerang Selatan: Universitas Terbuka.

Utomo, M. P. (2010). Green chemistry dengan kimia katalis. Dalam *Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan, dan Penerapan MIPA*, Fakultas MIPA, Universitas Negeri Yogyakarta, 15 Mei 2010. Diakses melalui [http://staffnew.uny.ac.id/upload/132206549/penelitian/08\\_green\\_chemistry.pdf](http://staffnew.uny.ac.id/upload/132206549/penelitian/08_green_chemistry.pdf) pada 10 Juni 2018.

World Bank Group. (2012). Cleaner production: guidance notes on tools for pollution management (pp 173-183). *Getting to Green – A Sourcebook of Pollution Management Policy Tools for Growth and Competitiveness*. Washington, DC: The World Bank.

WHO. (2015). *From MDGs to SDGs: General Introduction*. Diakses melalui [http://www.who.int/gho/publications/mdgs-sdgs/MDGs-SDGs2015\\_chapter1.pdf](http://www.who.int/gho/publications/mdgs-sdgs/MDGs-SDGs2015_chapter1.pdf) pada 10 Juni 2018.

World Health Organization (WHO). (2015). *Fact sheet No. 399: food safety*. Diakses melalui <http://www.who.int/campaigns/world-health-day/2015/fact-sheet.pdf> pada 9 Juni 2017.