

Buku Ajar
**KESEHATAN
LINGKUNGAN**



dr. H. Elman Boy, M. Kes, Sp.KKLP, FIS-PH, FIS-CM, AIFO-K

Buku Ajar
**KESEHATAN
LINGKUNGAN**

Buku Ajar
**KESEHATAN
LINGKUNGAN**

dr. H. Elman Boy, M. Kes, Sp.KKLP, FIS-PH, FIS-CM, AIFO-K

Judul
Buku Ajar Kesehatan Lingkungan

Penulis
dr. H. Elman Boy, M. Kes, Sp.KKLP, FIS-PH, FIS-CM, AIFO-K

Editor
Muhammad Arifin, M.Pd.

Desain Sampul
Fimanda Arlita, S.Pd.

Cetakan Pertama ; Januari 2022
(x + 184 hlm); 15 x 23 cm

ISBN : 978-623-408-033-9
E-ISBN : 978-623-408-034-6 (PDF)
Penerbit



Redaksi

Jalan Kapten Muktar Basri No 3 Medan, 20238
Telepon, 061-6626296, Fax. 061-6638296
Email; umsupress@umsu.ac.id
Website; <http://umsupress.umsu.ac.id/>
Anggota IKAPI Sumut, No: 38/ Anggota Luar Biasa/SUT/2020
Anggota APPTI (Afiliasi Penerbit Perguruan Tinggi Indonesia)
Anggota APPTIMA (Afiliasi Penerbit Perguruan Tinggi Muhammadiyah Aisyiyah)

HAK CIPTA DILINDUNGI UNDANG-UNDANG

Dilarang memperbanyak atau memindahkan sebagian isi buku ini dalam bentuk apapun, baik secara elektronik maupun mekanis, termasuk memfotocopy, merekam dan dengan sistem penyimpanan lainnya tanpa izin tertulis dari penulis.

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	iii
PRAKATA	ix
BAB I	1
MASALAH AIR	1
A. TIU:	1
B. TIK:	1
C. Pendahuluan	1
D. Sumber Air Minum	3
E. Kebutuhan Air Minum	3
F. Persyaratan Air Minum	4
Aspek Mikroba	4
G. Virus	13
H. Bakteri	14
I. Protozoa	15
J. Disinfeksi	16
K. Bahan Kimia	17
L. Bahan Radiologi	19
M. Aspek Akseptabilitas: Rasa, Bau dan Penampilan	23
N. Standar Pengelolaan Air Minum Republik Indonesia	23

O. Parameter penilaian penyakit akibat paparan lingkungan _____	25
P. Pengelolaan dan Pengolahan Air Minum ____	27
Q. Pengelolaan Air Rumah Tangga _____	32
Soal Latihan: _____	34
Daftar Pustaka _____	38
BAB II _____	41
PEMUKIMAN SEHAT _____	41
A. TIU: _____	41
B. TIK: _____	41
C. Pendahuluan _____	41
D. Definisi Rumah _____	43
E. Definisi Rumah Sehat _____	43
F. Kriteria minimal Rumah Sehat _____	44
G. Kriteria Material Rumah Sehat _____	45
H. Rumah sebagai Kebutuhan Dasar Manusia _	48
I. Pengaruh Rumah terhadap Kesehatan_____	49
J. Beban Penyakit yang Berhubungan dengan Perumahan _____	54
K. Pedoman Perumahan dan Kesehatan WHO _	55
L. Kesimpulan_____	57
Soal Latihan _____	59
Daftar Pustaka _____	62

BAB III _____	65
DAMPAK PEMBUANGAN LIMBAH DAN POTENSI PENGELOLAAN LIMBAH MANUSIA TERHADAP KESEHATAN _____	65
A. TIU: _____	65
B. TIK: _____	65
C. Pendahuluan _____	65
D. Produksi Limbah _____	67
1. Limbah padat kota _____	67
2. Sampah radioaktif _____	68
3. Praktik pengelolaan sampah _____	69
E. Masalah kesehatan _____	71
F. Investigasi epidemiologis _____	72
G. Dampak Kesehatan dari Kegiatan Pengelolaan Sampah _____	76
H. Kesimpulan _____	85
Soal Latihan _____	86
Daftar Pustaka _____	92
BAB IV _____	93
SANITASI MAKANAN _____	93
A. TIU: _____	93
B. TIK: _____	93
C. Definisi Makanan Sehat _____	93
D. Tujuan Pengolahan Makanan Sehat _____	97
E. Pengolahan Makanan Yang Aman _____	98

1. Pemilihan bahan makanan (P1) _____	98
2. Penyimpanan bahan makanan (P2) ____	99
3. Pengolahan makanan (P3) _____	99
4. Penyimpanan makanan jadi/masak (P4)	100
5. Pengangkutan makanan (P5) _____	101
6. Penyajian makanan (P6) _____	102
F. Mencegah Makanan tercemar COVID-19 ____	103
G. Kesimpulan _____	107
Soal Latihan _____	108
Daftar Pustaka _____	113
BAB V _____	115
JAMBAH DAN PENGOLAHAN LIMBAH CAIR_	115
A. TIU : _____	115
B. TIK: _____	115
C. Definisi _____	115
D. Standar Pengelolaan Toilet _____	116
E. Perawatan dan Pemeliharaan _____	131
F. Pengangkutan Limbah _____	133
G. Sistem Berbasis Saluran Pembuangan _____	134
H. Sistem Pengosongan dan Pengangkutan Manual dan Bermotor _____	135
I. Pengangkutan yang Aman _____	136
J. Selokan _____	136
K. Pengosongan dan Pengangkutan Manual dan Bermotor _____	137

L. Mengurangi Risiko pada Langkah Pengangkutan _____	138
M. Stasiun Transfer dan Stasiun Pembuangan Saluran Pembuangan _____	143
N. Proses Pengolahan Air Limbah _____	149
O. Proses Pengolahan Lumpur _____	150
P. Mengurangi Risiko pada Langkah Pengobatan _____	155
Q. Operasi dan Pemeliharaan _____	155
R. Penggunaan/Pembuangan Akhir yang Aman	158
S. Mengurangi Risiko pada Langkah Penggunaan / Pembuangan Akhir _____	163
Soal Latihan _____	166
Daftar Pustaka _____	168
GLOSARIUM _____	171
DAFTAR SINGKATAN _____	173
KUNCI JAWABAN _____	175
INDEKS _____	179
TENTANG PENULIS _____	181
TENTANG EDITOR _____	183

PRAKATA

Puji dan syukur yang sebesar-besarnya kami haturkan kepada Allah Subhanahu wa ta'ala, Tuhan yang Maha Esa atas taufiq dan hidayah-Nya sehingga buku ajar kesehatan lingkungan untuk mahasiswa fakultas kedokteran ini dapat kami selesaikan. Penulisan buku ajar kesehatan lingkungan ini bertujuan untuk membantu mahasiswa dalam memahami materi yang harus mereka pelajari dan pahami selama mereka mengikuti mata kuliah manajemen kesehatan.

Buku ini memuat 4 bab materi kesehatan lingkungan yang kami ajarkan kepada mahasiswa di fakultas kedokteran, yakni yang terkait dengan masalah air, perumahan, pengelolaan dampak lingkungan dan pengelolaan makanan. Buku ini disertai dengan soal latihan agar mahasiswa diberi kesempatan untuk melatih pemahaman mereka terhadap materi yang diberikan pada setiap bab. Jawaban atas soal latihan ini kami sertakan pada akhir buku ini. Buku ini juga disertai dengan daftar pustaka yang relevan yang berguna sebagai tambahan wawasan mengenai bab-bab yang dipelajari tersebut.

Kami sadar bahwa penulisan buku ini bukan merupakan buah hasil kerja keras kami sendiri. Ada banyak pihak yang sudah berjasa dalam membantu kami di dalam menyelesaikan buku ini, seperti pengambilan data, pemilihan materi, soal, dan lain-lain. Maka dari itu, kami mengucapkan banyak terimakasih kepada semua

pihak yang telah membantu memberikan wawasan dan bimbingan kepada kami sebelum maupun ketika menulis buku panduan ini.

Kami juga sadar bahwa buku yang kami buat masih belum bisa dikatakan sempurna. Maka dari itu, kami meminta dukungan dan masukan dari para pembaca, agar kedepannya kami bisa lebih baik lagi di dalam menulis sebuah buku.

Medan, 1 Desember 2021

Penulis

BAB I

MASALAH AIR

A. TIU:

Pada akhir bab ini mahasiswa diharapkan dapat menjelaskan sumber air minum, kebutuhan air minum, syarat air minum, pengelolaan dan pengolahan air minum serta pengelolaan air minum di rumah tangga

B. TIK:

1. Menjelaskan sumber air minum
2. Menjelaskan kebutuhan air minum
3. Menjelaskan persyaratan air minum
4. Menjelaskan standar pengelolaan air minum Republik Indonesia
5. Menjelaskan parameter penilaian penyakit akibat paparan lingkungan
6. Menjelaskan pengelolaan dan pengolahan air minum
7. Menjelaskan pengelolaan air rumah tangga

C. Pendahuluan

Air sangat penting bagi kehidupan baik sebelum, selama dan pasca Covid 19. Pasokan air minum standar (memadai, aman dan dapat diakses) harus tersedia untuk masyarakat. Air minum yang aman memberikan manfaat

kesehatan yang nyata. Berbagai upaya terus dilakukan untuk mencapai air minum yang aman.

Air minum yang aman, seharusnya mempertimbangkan risiko kesehatan selama dikonsumsi seumur hidup, termasuk sensitivitas berbeda yang mungkin terjadi pada masing-masing individu dalam setiap tahap kehidupan. Populasi yang paling berisiko terkena penyakit yang ditularkan melalui air adalah bayi dan anak kecil, orang lemah dan orang tua, terutama bagi mereka yang hidup di lingkungan yang tidak sehat.

Air minum yang tidak memenuhi syarat kesehatan, maka perlu dilakukan upaya tambahan untuk melindungi diri dari paparan patogen yang ditularkan melalui air, seperti merebus air minum sebelum dikonsumsi atau digunakan. Air minum yang aman diperlukan untuk semua keperluan rumah tangga biasa, termasuk minum, proses persiapan makanan, dan kebersihan pribadi.

Bab ini dibatasi pada pembahasan air minum ditujukan untuk konsumsi manusia. Sedangkan air untuk keperluan khusus misalnya untuk dialisis ginjal dan pembersihan lensa kontak, atau untuk tujuan tertentu dalam produksi makanan dan penggunaan farmasi, tidak dibahas disini. Sifat dan bentuk standar air minum dapat bervariasi antar daerah dan negara.

Bab ini dimaksudkan untuk memberikan pemahaman manajemen air minum yang sehat kepada peserta didik di fakultas kedokteran dan kesehatan yang relevan. Persyaratan air minum sehat yang utama adalah

termasuk aspek mikrobiologi, aspek kimia, aspek radiologi dan aspek akseptabilitas.

D. Sumber Air Minum

Sumber air minum adalah air baku yang terdiri dari mata air, air permukaan (sungai, danau, waduk, dll.), air tanah (sumur gali, sumur bor) maupun air hujan.

E. Kebutuhan Air Minum

Air adalah kebutuhan fisiologis untuk mempertahankan hidrasi yang cukup, untuk menyiapkan makanan, dan untuk menjaga kebersihan. Air yang terkontaminasi menularkan penyakit menular dan terkadang penyakit tidak menular seperti keracunan timbal dari pipa dan pipa ledeng. Kurangnya akses ke air yang cukup menghambat praktik kebersihan. Air dapat terkontaminasi oleh mikroba dan bahan kimia pada sumbernya, dalam penyimpanannya, dan dalam pengangkutannya atau pipa distribusi.

Penyakit diare saja berjumlah sekitar 3,6% dari total beban penyakit dan bertanggung jawab atas kematian 1,5 juta orang setiap tahun. Diperkirakan 58% dari beban itu, atau 842.000 kematian per tahun, disebabkan oleh pasokan air, sanitasi, dan kebersihan yang tidak memadai, sebagian besar di negara-negara berpenghasilan rendah dan menengah. Anak-anak sangat berisiko terkena penyakit yang berhubungan dengan air, akses ke sumber air yang lebih baik dapat menghasilkan kesehatan yang lebih baik dan oleh karena itu kehadiran di sekolah yang lebih baik

Setiap orang berhak atas air yang cukup, aman, dapat diterima dan dapat diakses secara fisik dan terjangkau untuk penggunaan pribadi dan rumah tangga, seperti untuk minum dan untuk kebersihan. Namun, masih banyak populasi tidak memiliki layanan air minum yang memadai, termasuk 159 juta orang yang bergantung pada air permukaan. Hanya delapan dari sepuluh orang yang dapat menggunakan sumber air yang lebih baik. Setidaknya 1,8 miliar orang menggunakan sumber air minum yang terkontaminasi tinja di seluruh dunia. Perubahan iklim, meningkatnya kelangkaan air, pertumbuhan penduduk, perubahan demografis dan urbanisasi menimbulkan tantangan bagi sistem pasokan air. Pada tahun 2050, 40% populasi dunia akan tinggal di daerah aliran sungai yang mengalami masalah air yang parah.

F. Persyaratan Air Minum

Aspek Mikroba

Strategi utama pengelolaan air minum adalah pada upaya pencegahan masuknya kuman patogen ke dalam sumber air dan mengurangi pemakaian obat-obatan kimia untuk menghilangkan patogen dari air. Upaya pencegahan air minum dari bahaya mikroba yang membahayakan dilakukan dengan cara pengamanan berlapis. Mulai dari pengamanan sumber air baku sampai kepada konsumen. Keamanan lebih baik jika upaya pencegahan kontaminasi mikroba semakin banyak dilakukan seperti perlindungan sumber daya air, pengolahan air dan pengelolaan sistem distribusi

(pipanisasi atau lainnya) untuk memelihara dan melindungi kualitas air olahan.

Secara umum, patogen air adalah mikroba dari feses manusia atau hewan (termasuk burung). Feses manusia dan hewan tersebut dapat menjadi sumber hadirnya bakteri, virus, cacing dan protozoa. Kontaminasi mikroba pada air minum dapat memberikan konsekuensi terhadap menurunnya status kesehatan masyarakat sehingga pengendaliannya menjadi sangat penting dan tidak boleh dikompromikan.

Perhatian utama produksi air minum yang sehat adalah mengamankan air dari mikroba yang berasal dari feses. Konsentrasi kuman patogen di dalam air dapat meningkatkan timbulnya risiko penyakit bahkan dapat memicu timbulnya wabah penyakit di masyarakat. Sering sekali terjadi ketika mikroba terdeteksi mengkontaminasi air minum, banyak orang telah menjadi korban. Oleh karena itu, untuk memelihara dan menjaga air minum dari kontaminasi mikroba, maka pengujian kualitas air dilakukan dari hulu sampai ke hilir.

Wabah penyakit yang ditularkan melalui air harus dihindari karena memiliki dampak luas di masyarakat. Selain patogen yang ditularkan melalui feses, mikroba lainnya yang tidak ditularkan dari feses, seperti cacing guinea (*Dracunculus medinensis*), Cyanobacteria beracun, dan *Legionella*, pada daerah tertentu mungkin menjadi perhatian.

Penyakit menular yang disebabkan oleh bakteri patogen, virus dan parasit (misalnya protozoa dan cacing) adalah risiko kesehatan yang paling umum dan

tersebar luas terkait dengan air minum. Beban kesehatan masyarakat ditentukan oleh tingkat keparahan dan insiden penyakit yang terkait dengan patogen, infektivitasnya, dan populasi yang terpapar. Pada sub populasi yang rentan, penyakit yang terjadi mungkin lebih parah.

Pencemaran pasokan air (sumber, pengolahan dan distribusi) dapat menyebabkan kontaminasi skala besar dan berpotensi terhadap wabah penyakit yang dapat dideteksi. Patogen yang ditularkan melalui air memiliki beberapa sifat yang membedakannya dari kontaminan air minum lainnya:

1. Patogen dapat menyebabkan efek kesehatan akut dan juga kronis;
2. Patogen tumbuh di lingkungan air;
3. Patogen bersifat diskrit;
4. Patogen sering berkumpul atau melekat pada padatan tersuspensi dalam air, dan konsentrasi patogen bervariasi di setiap waktu, sehingga kemungkinan nilai prediktif konsentrasi rata-rata mereka dalam air sulit dinilai;
5. Paparan patogen yang menyebabkan penyakit tergantung pada dosis, daya invasif dan virulensi patogen serta status kekebalan individu;
6. Jika infeksi terjadi, patogen berkembang biak di dalam inangnya;
7. Patogen yang ditularkan melalui air tertentu juga dapat berkembang biak dalam makanan, minuman atau air hangat;

8. Tidak seperti banyak agen kimia, patogen tidak menunjukkan efek kumulatif

Patogen yang dapat ditularkan melalui air minum yang terkontaminasi beragam dalam karakteristik, perilaku dan resistensinya. Spektrum patogen dapat berubah akibat: inang, patogen dan perubahan lingkungan seperti fluktuasi populasi manusia dan hewan, penggunaan kembali air limbah, perubahan gaya hidup dan intervensi medis, pergerakan dan perjalanan masyarakat, kehadiran patogen baru dan mutan atau rekombinasi dari patogen yang ada. Kekebalan individu juga sangat bervariasi, apakah di dapat melalui kontak dengan patogen atau dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti usia, jenis kelamin, keadaan kesehatan dan kebiasaan/perilaku.

Untuk patogen yang ditularkan melalui rute fekal-oral, air minum hanyalah salah satu sarana penularan. Kontaminasi makanan, tangan, peralatan dan pakaian juga dapat berperan, terutama ketika sanitasi dan kebersihan rumah tangga buruk. Peningkatan kualitas dan ketersediaan air, pembuangan kotoran dan kebersihan umum semuanya penting dalam mengurangi penularan penyakit fekal-oral.

Keamanan air minum dari mikroba tidak hanya terkait dengan kontaminasi tinja. Beberapa organisme dapat berkembang di sistem distribusi pipa air (misalnya *Legionella*), sedangkan yang lain berkembang di sumber air, misalnya cacing guinea (*Dracunculus medinensis*)

dan dapat menyebabkan penyakit pada individu maupun menjadi wabah.

Meskipun mengkonsumsi air minum yang terkontaminasi merupakan resiko besar, penyakit serius tertentu dapat pula terjadi akibat menghirup tetesan air (aerosol) di mana organisme penyebab berkembang biak. Ini termasuk legionellosis, yang disebabkan oleh *Legionella* spp., dan penyakit yang disebabkan oleh amuba *Naegleria fowleri* (meningoensefalitis amuba primer) dan *Acanthamoeba* spp. (meningitis amuba, infeksi paru).

Schistosomiasis adalah penyakit parasit utama di daerah tropis dan subtropis yang ditularkan ketika tahap larva (serkaria), yang dilepaskan oleh siput air yang terinfeksi, menembus kulit. Menyebar melalui kontak dengan air. Ketersediaan air minum yang aman dan siap pakai berkontribusi terhadap pencegahan penyakit akibat kontak dengan sumber air yang terkontaminasi – misalnya, saat mengumpulkan air untuk dibawa ke rumah atau saat menggunakan air untuk mandi atau mencuci.

Dapat dibayangkan bahwa air minum yang tidak aman yang terkontaminasi dengan tanah atau tinja dapat menjadi pembawa parasit menular lainnya, seperti *Balantidium coli* (balantidiasis) dan cacing tertentu (spesies *Fasciola*, *Fasciolopsis*, *Echinococcus*, *Spirometra*, *Ascaris*, *Trichuris*, *Toxocara*, *Necator*, *Ancylostoma*, *Strongyloides* dan *Taenia solium*). Namun, lebih banyak cara penularan normal adalah menelan telur dalam makanan yang terkontaminasi dengan kotoran atau

tanah yang terkontaminasi tinja (dalam kasus *Taenia solium*, menelan larva *cysticercus* pada daging babi mentah) daripada menelan minuman yang terkontaminasi.

Patogen lain yang mungkin dapat menyebabkan penyakit pada subpopulasi yang rentan, misalnya pada orang tua atau sangat muda, pasien dengan luka bakar atau luka yang luas, mereka yang menjalani terapi immunosupresif atau mereka yang menderita sindrom immunodefisiensi (AIDS). Jika air yang digunakan oleh orang tersebut untuk dikonsumsi atau mandi mengandung organisme patogen dalam jumlah yang cukup, orang-orang tersebut di atas akan menderita berbagai infeksi pada kulit dan selaput lendir mata, telinga, hidung dan tenggorokan. Contoh patogen tersebut adalah *Pseudomonas aeruginosa* dan spesies *Flavobacterium*, *Acinetobacter*, *Klebsiella*, *Serratia*, *Aeromonas* dan Mikobakteri.

Patogen yang ditularkan melalui air, seperti *Legionella*, dapat tumbuh di air, sedangkan patogen yang ditularkan melalui air yang bergantung pada inang lainnya, seperti norovirus dan *Cryptosporidium*, tidak dapat tumbuh di air, tetapi dapat bertahan. Patogen yang ditularkan melalui air bergantung pada inang, setelah meninggalkan tubuh inangnya, secara bertahap kehilangan viabilitas dan kemampuan untuk menginfeksi. Patogen dengan persistensi rendah harus dengan cepat menemukan inang baru dan lebih mungkin menyebar melalui kontak orang ke orang atau kebersihan pribadi yang buruk daripada melalui air minum. Daya

tahan patogen dipengaruhi oleh beberapa faktor, di mana suhu adalah yang paling penting. Peluruhan biasanya lebih cepat pada suhu yang lebih tinggi dan dapat dimediasi oleh efek mematikan dari radiasi ultraviolet (UV) di bawah sinar matahari yang pada permukaan air.

Jumlah karbon organik yang relatif tinggi, bersama dengan suhu air yang hangat dan konsentrasi sisa klorin yang rendah, dapat memungkinkan pertumbuhan *Legionella*, *Vibrio cholerae*, *Naegleria fowleri*, *Acanthamoeba* dan organisme patogen selama distribusi air.

Wabah penyakit yang ditularkan melalui air dapat mempengaruhi banyak orang, dan prioritas pertama dalam mengembangkan dan menerapkan pengendalian kualitas air minum adalah pengendalian wabah tersebut. Bukti yang tersedia juga menunjukkan bahwa air minum dapat menyebabkan pada penyakit dalam situasi non-wabah.

Bukti telah menunjukkan bahwa sistem untuk mendeteksi wabah penyakit yang ditularkan melalui air biasanya tidak efisien di negara-negara berkembang, dan ketidakmampuan untuk mendeteksi wabah bukanlah jaminan bahwa wabah itu tidak akan terjadi, juga bukan berarti bahwa air minum dianggap aman.

Beberapa patogen yang diketahui ditularkan melalui air minum yang terkontaminasi menyebabkan penyakit yang parah dan terkadang mengancam jiwa. Contohnya termasuk tipus, kolera, hepatitis menular (disebabkan oleh virus hepatitis A atau virus hepatitis E) dan penyakit yang disebabkan oleh *Shigella* spp. dan

E.coli. Patogen lainnya memberikan efek yang kurang parah, seperti penyakit diare yang sembuh sendiri (misalnya norovirus, *Cryptosporidium*).

Efek paparan patogen tidak sama untuk semua individu atau populasi. Paparan berulang terhadap patogen dapat dikaitkan dengan kemungkinan atau tingkat keparahan penyakit yang lebih rendah karena efek kekebalan yang didapat. Untuk beberapa patogen (misalnya virus hepatitis A), kekebalan bersifat seumur hidup, sedangkan untuk yang lain (misalnya *Campylobacter*), efek perlindungan mungkin terbatas pada beberapa bulan hingga tahun. Sebaliknya, sub populasi yang rentan (misalnya orang muda, orang tua, wanita hamil, orang dengan gangguan kekebalan) mungkin memiliki kemungkinan penyakit yang lebih besar atau penyakitnya mungkin lebih parah, termasuk kematian. Tidak semua patogen memiliki efek yang lebih besar pada semua sub populasi yang rentan.

Tidak semua individu yang terinfeksi akan mengakibatkan simptomatik. Proporsi populasi yang terinfeksi yang tidak menunjukkan gejala (termasuk pembawa) berbeda antara setiap patogen dan juga tergantung pada karakteristik populasi, seperti imunitas tubuh. Mereka yang telah terinfeksi dengan tanpa gejala serta pasien selama dan setelah sakit, semuanya dapat berkontribusi pada penyebaran patogen sekunder.

Tidaklah praktis, menetapkan semua patogen berpotensi terbawa air, termasuk bakteri, virus, protozoa, dan cacing. Pendekatan yang lebih praktis adalah mengidentifikasi patogen rujukan yang mewakili

kelompok patogen, dengan mempertimbangkan variasi karakteristik, perilaku, dan kerentanan setiap kelompok patogen terhadap pengobatan. Kriteria seleksi untuk patogen rujukan mencakup semua elemen berikut:

1. Penularan melalui air ditetapkan sebagai jalur infeksi;
2. Data yang cukup tersedia untuk memungkinkan QRMA dilakukan, termasuk data tentang hubungan dosis-respons pada manusia dan beban penyakit;
3. Kejadian di sumber air;
4. Kepekaan terhadap proses pengobatan;
5. Infektivitas, insiden dan keparahan penyakit.

Beberapa kriteria, seperti persistensi lingkungan dan kepekaan terhadap pengobatan, berhubungan dengan karakteristik spesifik dari patogen rujukan. Kriteria lain dapat disesuaikan dengan keadaan dan kondisi setempat, misalnya *Vibrio cholerae* dan *Entamoeba histolytica* yang toksigenik lebih umum di wilayah geografis tertentu, sedangkan *Naegleria fowleri* dikaitkan dengan perairan yang lebih hangat.

Pemilihan patogen rujukan dapat bervariasi antara negara dan wilayah yang berbeda dan harus mempertimbangkan kondisi lokal, termasuk kejadian dan tingkat keparahan penyakit yang ditularkan melalui air dan karakteristik sumber air. Pengambilan keputusan mengenai pemilihan patogen rujukan harus diinformasikan oleh semua sumber data yang tersedia, termasuk surveilans penyakit menular, investigasi wabah dan daftar kasus penyakit yang dikonfirmasi laboratorium. Data tersebut dapat membantu

mengidentifikasi patogen yang kemungkinan besar menjadi kontributor terbesar beban penyakit yang ditularkan melalui air. Patogen inilah yang mungkin menjadi pilihan yang cocok sebagai patogen rujukan dan untuk dipertimbangkan ketika menetapkan target berbasis kesehatan.

G. Virus

Virus adalah patogen terkecil dan karenanya lebih sulit dihilangkan dengan proses fisik seperti filtrasi. Virus tertentu mungkin kurang sensitif terhadap desinfeksi dibandingkan bakteri dan parasit (misalnya adenovirus kurang sensitif terhadap sinar UV). Virus dapat bertahan lama di dalam air. Dosis infeksi biasanya rendah. Virus biasanya memiliki kisaran inang yang terbatas, dan lebih banyak hanya pada spesies yang spesifik. Sebagian besar virus enterik manusia tidak dibawa oleh hewan, meskipun ada beberapa pengecualian, termasuk jenis virus hepatitis E yang spesifik.

Rotavirus, enterovirus, dan norovirus telah diidentifikasi sebagai patogen rujukan potensial. Rotavirus adalah penyebab paling penting dari infeksi gastrointestinal pada anak-anak dan dapat memiliki konsekuensi yang parah, termasuk rawat inap dan kematian, lebih sering terjadi di daerah berpenghasilan rendah. Biasanya, rotavirus diekskresikan dalam jumlah yang sangat besar oleh pasien yang terinfeksi, dan air yang terkontaminasi oleh kotoran manusia dapat mengandung konsentrasi tinggi.

Enterovirus, termasuk virus polio dan parechovirus yang baru dikenal, dapat menyebabkan penyakit demam ringan, tetapi juga merupakan agen penyebab penting dari penyakit berat, seperti kelumpuhan, meningitis, dan ensefalitis, pada anak-anak. Norovirus adalah penyebab utama gastroenteritis akut pada semua kelompok umur. Gejala penyakit umumnya ringan dan jarang berlangsung lebih dari 3 hari.

H. Bakteri

Bakteri umumnya merupakan kelompok patogen yang paling sensitif terhadap inaktivasi dengan desinfeksi. Beberapa patogen yang hidup bebas, seperti *Legionella* dan mikobakteri non-TB, dapat tumbuh di lingkungan air, tetapi bakteri enterik biasanya tidak berkembang di air dan bertahan untuk periode yang lebih pendek daripada virus atau protozoa. Banyak spesies bakteri yang menginfeksi manusia di bawa oleh hewan.

Vibrio cholerae toksigenik dapat menyebabkan diare berair. Jika tidak ditangani, seperti ketika orang-orang terlantar akibat konflik dan bencana alam, angka kematian kasus kolera menjadi sangat tinggi. Dosis infeksiusnya relatif tinggi.

Campylobacter merupakan penyebab penting diare di seluruh dunia. Penyakit yang ditimbulkannya dapat dalam bentuk berbagai gejala, tetapi angka kematiannya rendah. Dibandingkan dengan bakteri patogen lain, dosis infeksiusnya relatif rendah.

Infeksi yang ditularkan melalui air oleh *E. coli* O157 dan strain enterohemorrhagic *E. coli* lainnya jauh lebih

jarang daripada infeksi oleh *Campylobacter*, tetapi gejala infeksi lebih parah, termasuk sindrom uremik hemolitik dan kematian. Dosis infeksi bisa sangat rendah. *Shigella* menyebabkan lebih dari 2 juta infeksi setiap tahun, termasuk sekitar 60.000 kematian, terutama di negara berkembang. Meskipun *Salmonella* non-tifoid jarang menyebabkan wabah yang ditularkan melalui air, *S. Typhi* menyebabkan wabah dan menyebabkan tifus yang ditularkan melalui air.

Untuk verifikasi kualitas air dari mikroba, didasarkan pada analisis mikroorganisme indikator feses, dengan organisme pilihan adalah *Escherichia coli* atau, sebagai alternatif, coliform. *Escherichia coli* memberikan bukti tentang pencemaran tinja yang baru dan seharusnya tidak ada dalam air minum. Dalam keadaan tertentu, indikator tambahan, seperti bakteriofag atau spora bakteri, dapat digunakan. Namun, kualitas air dapat berubah dengan cepat, misalnya, curah hujan dapat meningkatkan tingkat kontaminasi mikroba di sumber air, dan wabah yang ditularkan melalui air sering terjadi setelah hujan.

I. Protozoa

Protozoa adalah kelompok patogen yang paling tidak sensitif terhadap inaktivasi dengan desinfeksi kimia. Penyinaran sinar UV efektif terhadap *Cryptosporidium*, tetapi *Cryptosporidium* sangat tahan terhadap desinfektan pengoksidasi seperti klorin. Protozoa berukuran sedang dan dapat dihilangkan dengan proses fisik. Mereka dapat bertahan hidup untuk waktu yang

lama di dalam air. Protozoa adalah spesies yang cukup spesifik. Ternak dan manusia dapat menjadi sumber protozoa seperti *Cryptosporidium* dan *Balantidium*, sedangkan manusia adalah satu-satunya reservoir patogen *Cyclospora* dan *Entamoeba*. Dosis infeksi biasanya rendah.

Infeksi *Giardia* umumnya lebih umum daripada infeksi *Cryptosporidium*, dan gejala dapat bertahan lebih lama. Namun, *Cryptosporidium* lebih kecil dari *Giardia* dan karenanya lebih sulit dihilangkan dengan proses fisik; juga lebih tahan terhadap desinfektan pengoksidasi, dan ada beberapa bukti bahwa ia bertahan lebih lama di lingkungan air.

J. Desinfeksi

Desinfeksi sangat penting dalam penyediaan air minum yang aman. Mikroorganisme patogen dapat dimatikan dengan menggunakan bahan kimia reaktif seperti klorin. Desinfeksi adalah upaya yang efektif untuk mencegah pencemaran air oleh banyak patogen (terutama bakteri). Desinfeksi harus digunakan untuk air permukaan dan air tanah yang terkontaminasi feces. Desinfeksi kimiawi pada persediaan air minum yang terkontaminasi feces mengurangi risiko penyakit secara nyata, tetapi tidak menjamin bahwa air minum tersebut telah aman dan sehat. Misalnya, desinfeksi klorin pada air minum kurang efektif terhadap patogen protozoa – khususnya *Cryptosporidium* – dan beberapa virus.

Desinfeksi mungkin juga tidak efektif pada patogen dalam partikel yang melindungi mereka dari aksi

desinfektan. Tingkat kekeruhan yang tinggi dapat melindungi mikroorganisme dari efek desinfeksi, merangsang pertumbuhan bakteri dan meningkatkan penggunaan klorin. Manajemen pengelolaan air minum perlu dilakukan secara holistik, termasuk perlindungan sumber air dan proses pengolahan yang tepat, serta perlindungan selama penyimpanan dan distribusi.

K. Bahan Kimia

Masalah kesehatan yang mungkin muncul terkait dengan penggunaan bahan kimia untuk air minum, berbeda dengan kontaminasi mikroba. Paparan bahan kimia dapat memberikan efek kesehatan yang mungkin dalam waktu yang lama, namun kontaminasi mikroba memberikan efek yang segera setelah paparan. Meskipun demikian, banyak masalah kesehatan yang serius dapat terjadi sebagai akibat kontaminasi kimia pada air minum.

Beberapa bahan kimia air dengan dosis sedikit saja dapat menyebabkan masalah kesehatan, namun sebagian besar bahan kimia lain dapat menimbulkan efek setelah kontaminasi dalam jumlah besar dalam pengelolaan pasokan air minum. Tetapi, bukti menunjukkan bahwa dalam banyak kasus, insiden kontaminasi dalam jumlah besar bahan kimia dalam air minum, menyebabkan perubahan rasa, bau dan penampilan sehingga tidak dapat diminum.

Dari paparan di atas, meskipun paparan bahan kimia dalam pengolahan air jarang memberikan dampak kesehatan jangka pendek, namun idealnya perhatian untuk memelihara sumber air dari kontaminasi

(preventif), daripada melakukan tindakan menghilangkan sumber kontaminasi (kuratif-rehabilitatif) baik kontaminasi bakteri dan kimia-perlu dilakukan. Tindakan kuratif menaikkan tarif pengelolaan air minum menjadi lebih mahal.

Ada banyak bahan kimia yang mungkin ada dalam air minum; namun, hanya sedikit yang menjadi perhatian karena efeknya terhadap kesehatan. Terdapat beberapa bahan kimia pada air minum yang berperan penting dalam mencegah penyakit, salah satu contohnya adalah efek fluoride. Fluoride dalam air minum juga dapat melindungi karies gigi.

Penilaian kecukupan kualitas kimia air minum didasarkan pada perbandingan hasil analisis kualitas air dengan nilai pedoman. Untuk zat aditif (yaitu bahan kimia yang digunakan dalam produksi dan distribusi air minum), prosedur pengujian biasanya menilai apakah produk memenuhi spesifikasi.

Seperti yang dijelaskan sebelumnya, sebagian besar bahan kimia menjadi penyakit setelah paparan jangka panjang, namun, beberapa bahan kimia berbahaya dapat menimbulkan efek negatif dalam waktu singkat. Dimana konsentrasi bahan kimia yang tidak diinginkan (misalnya nitrat/nitrit, yang terkait dengan methemoglobinaemia pada bayi yang diberi susu botol) sangat bervariasi. Dalam mengendalikan bahaya seperti itu, perhatian harus diberikan faktor-faktor penyebab. Bahaya lain yang mungkin muncul secara musiman contohnya adalah terjadinya *blooming cyanobacteria* beracun di air permukaan.

Nilai pedoman bahan kimia yang tidak melebihi nilai standar dapat ditoleransi terhadap kesehatan konsumen. Nilai pedoman untuk beberapa kontaminan kimia (misalnya timbal, nitrat) telah ditetapkan untuk melindungi sub populasi yang rentan. Adanya nilai-nilai pedoman ini juga melindungi masyarakat seumur hidup.

L. Bahan Radiologi

Zat radioaktif dapat menimbulkan risiko bagi kesehatan manusia. Risiko ini biasanya kecil dibandingkan dengan risiko dari mikroorganisme dan bahan kimia yang mungkin ada dalam air minum. Kecuali dalam keadaan ekstrim, dosis radiasi yang dihasilkan dari radionuklida dalam air minum dapat meningkat.

Radioaktivitas dari berbagai sumber alami dan buatan manusia ada di lingkungan. Beberapa unsur kimia yang ada di lingkungan secara alami bersifat radioaktif, ditemukan dalam jumlah yang bervariasi di tanah, air, udara dalam dan luar ruangan dan bahkan di dalam tubuh kita, sehingga paparan terhadap mereka tidak dapat dihindari. Selain itu, Bumi terus-menerus dibombardir oleh partikel berenergi tinggi yang berasal baik dari matahari maupun dari luar tata surya. Secara kolektif, partikel-partikel ini disebut sebagai radiasi kosmik. Setiap orang menerima dosis dari radiasi kosmik, yang dipengaruhi oleh garis lintang, garis bujur dan ketinggian di atas permukaan laut.

Penggunaan radiasi dalam pengobatan untuk diagnosis dan pengobatan adalah sumber terbesar paparan radiasi buatan manusia saat ini. Pengujian

senjata nuklir, pelepasan rutin dari fasilitas industri dan medis serta kecelakaan nuklir seperti Chernobyl telah menambahkan radionuklida buatan manusia ke lingkungan manusia.

Sumber air dapat mengandung radionuklida yang berasal dari alam dan buatan (yaitu buatan manusia):

1. Radionuklida alami, termasuk kalium-40, dan radionuklida dari seri peluruhan thorium dan uranium, khususnya radium-226, radium-228, uranium-234, uranium-238 dan timbal-210, dapat ditemukan dalam air sebagai hasil dari proses alami (misalnya penyerapan dari tanah) atau proses teknologi yang melibatkan bahan radioaktif alami (misalnya pertambangan dan pengolahan pasir mineral atau produksi pupuk fosfat).
2. Radionuklida buatan manusia dapat hadir dalam air dari beberapa sumber, seperti:
 - a. radionuklida yang dikeluarkan dari fasilitas berbahan bakar nuklir;
 - b. radionuklida yang diproduksi yang dimasukkan ke dalam pasokan air minum sebagai akibat dari pembuangan rutin atau insidental;
 - c. radionuklida yang dilepaskan di masa lalu ke lingkungan, termasuk sumber air minum.

Proteksi radiasi didasarkan pada asumsi bahwa setiap paparan radiasi melibatkan beberapa tingkat risiko. Untuk paparan yang berkepanjangan, seperti halnya menelan air minum yang mengandung radionuklida dalam jangka waktu yang lama,

meningkatkan risiko kanker pada manusia. Diasumsikan bahwa ada hubungan linier antara eksposur dan risiko.

Becquerel (Bq)— adalah satuan radioaktivitas dalam Satuan Sistem Internasional (disingkat SI dari bahasa Prancis *Système international d'unités*), sesuai dengan satu disintegrasi radioaktif per detik. Dalam hal air minum, konsentrasi aktivitasnya dinyatakan dalam satuan Bq/l.

Ketika radiasi berinteraksi dengan jaringan dan organ tubuh, dosis radiasi yang diterima dapat mempengaruhi fungsi bagian tubuh yang terkena dan jalur paparan. Ini berarti bahwa 1 Bq radioaktivitas tidak akan selalu memberikan dosis radiasi yang sama. Sebuah unit yang disebut "dosis efektif" telah dikembangkan untuk memperhitungkan perbedaan antara berbagai jenis radiasi sehingga dampak biologisnya dapat dibandingkan secara langsung. Dosis efektif dinyatakan dalam satuan SI yang disebut sieverts (Sv). Sievert adalah unit yang sangat besar, dan seringkali lebih praktis dalam istilah milisievert (mSv). Ada 1000 mSv dalam 1 Sv.

Radioisotop memiliki waktu paruh "fisik", yang merupakan periode waktu yang diperlukan oleh setengah atom untuk hancur. Waktu paruh fisik untuk berbagai radioisotop dapat berkisar dari beberapa mikrodetik hingga miliaran tahun. Ketika radioisotop masuk dalam organisme hidup, dapat diekskresikan. Tingkat eliminasinya dipengaruhi oleh faktor biologis dan disebut sebagai waktu paruh "biologis". Waktu paruh efektif adalah tingkat aktual dari separuh radioaktivitas

dalam organisme hidup sebagaimana ditentukan oleh waktu paruh fisik dan biologis.

Proses mengidentifikasi radionuklida individu dalam air minum dan menentukan konsentrasinya memakan waktu dan mahal. Karena, dalam kebanyakan keadaan, konsentrasinya rendah. Pendekatan yang lebih praktis adalah dengan menggunakan prosedur penyaringan, di mana total radioaktivitas yang ada dalam bentuk radiasi alfa dan beta ditentukan terlebih dahulu, tanpa memperhatikan identitas radionuklida tertentu.

Pengukuran ini tepat sebagai prosedur penyaringan awal untuk menentukan apakah diperlukan analisis spesifik radioisotop lebih lanjut. Hal ini juga dapat digunakan untuk mendeteksi perubahan karakteristik radiologis dari sumber air minum serta untuk mengidentifikasi tren spasial dan/atau temporal dalam kandungan radionuklida air minum. Tingkat penyaringan untuk air minum, tidak diperlukan tindakan lebih lanjut, jika 0,5 Bq/l untuk aktivitas alfa dan 1 Bq/l untuk aktivitas beta. Jika tidak satu pun dari nilai ini terlampaui, 0,1 mSv/tahun juga tidak akan terlampaui.

Radionuklida yang memancarkan aktivitas beta berenergi rendah, seperti tritium, dan beberapa radionuklida gas, seperti yodium, tidak akan terdeteksi oleh pengukuran radioaktivitas standar. Analisis rutin untuk radionuklida ini tidak diperlukan, tetapi, jika ada alasan untuk meyakini bahwa mereka mungkin ada, teknik pengambilan dan pengukuran spesifik radionuklida seharusnya dilakukan.

M. Aspek Akseptabilitas: Rasa, Bau dan Penampilan

Air harus bebas dari rasa dan bau yang tidak menyenangkan. Dalam menilai kualitas air minum, konsumen terutama mengandalkan indera mereka. Mikroba, kimia dan fisik air dapat mempengaruhi penampilan, bau atau rasa air, dan konsumen akan mengevaluasi kualitas air berdasarkan kriteria ini.

Meskipun mungkin tidak memiliki efek kesehatan langsung, air yang sangat keruh, sangat berwarna atau memiliki rasa atau bau yang tidak menyenangkan dapat dianggap oleh konsumen sebagai tidak aman. Perubahan penampilan normal, rasa atau bau dari pasokan air minum dapat menandakan perubahan kualitas sumber air baku atau kekurangan dalam proses pengolahan dan harus diselidiki lebih lanjut.

N. Standar Pengelolaan Air Minum Republik Indonesia

Pengolahan air yang sesuai dengan standar kualitas air minum di Indonesia adalah berdasarkan Peraturan menteri kesehatan Republik Indonesia (Permenkes) Nomor 492 Tahun 2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum. Peraturan ini menjelaskan tentang parameter wajib dan tambahan yang harus dipenuhi oleh perusahaan dalam melakukan pengolahan air minum di Indonesia. Permenkes Nomor 392 Tahun 2010 Pasal 7 menyebutkan jika perusahaan air minum tidak dapat memenuhi standar yang ditetapkan dalam peraturan ini, maka pemerintah daerah dapat memberikan sanksi administrasi.

Adapun standar kualitas air minum ditentukan dengan 3 parameter fisika, kimia, dan biologi. Ketiga parameter tersebut dikelompokkan menjadi 2 parameter umum, yaitu parameter wajib dan parameter tambahan. Parameter Wajib dalam Pengolahan Air Minum, di bagi lagi menjadi parameter yang berhubungan langsung dengan kesehatan dan yang tidak berhubungan langsung dengan kesehatan.

Parameter yang langsung berhubungan dengan kesehatan, yaitu parameter mikrobiologi (misalnya : bakteri E.coli dan coliform) dan zat kimia anorganik (misalnya: arsen, fluorida, kromium, kadmium, sianida, selenium dan lainnya). Parameter yang tidak berhubungan langsung dengan kesehatan, yaitu parameter fisik (misalnya; bau, warna, rasa, suhu, kekeruhan) dan parameter zat kimia hasil pengolahan air (seperti; aluminium, besi, klorida, mangan, besi, pH).

Parameter Tambahan dalam Pengolahan Air Minum, yaitu parameter kimia dan parameter radioaktif. Parameter kimia, air harus bebas dari pencemaran zat kimia organik dan anorganik, deterjen, desinfektan atau hasil sampingannya dan juga pestisida. Parameter radioaktif, yaitu batas maksimal hasil pengolahan air tercemar gross alpha activity sebesar 0,1 Bq per liter air dan gross beta activity 1 Bq per liter air.

O. Parameter penilaian penyakit akibat paparan lingkungan

Penyakit yang dapat ditoleransi terkait dengan air biasanya dinyatakan dalam hasil riset kesehatan seperti frekuensi maksimum penyakit diare atau kejadian kanker. Namun, deskripsi ini tidak mempertimbangkan tingkat keparahan penyakit. Berbagai bahaya yang mungkin ada dalam air terkait dengan kesehatan adalah sangat beragam dengan dampak yang berbeda pula, mulai dari diare ringan hingga yang berpotensi parah seperti tipes, kanker atau pengeroposan tulang.

Sebuah "metrik" umum digunakan untuk mengukur dan membandingkan penyakit terkait dengan air, dengan mempertimbangkan probabilitas, tingkat keparahan dan durasi efek. Organisasi Kesehatan Dunia-WHO- telah menggunakan disability-adjusted life years (DALYs) untuk mengevaluasi beban penyakit yang terkait dengan paparan lingkungan, terutama untuk bahaya mikroba.

DALY digunakan untuk menentukan beban penyakit yang dapat ditoleransi. Beban penyakit yang dapat ditoleransi didefinisikan sebagai batas atas, contohnya risiko menderita kanker (yaitu 1 kasus kanker per 100.000 orang yang menelan air minum pada target kualitas air setiap hari selama periode 70 tahun), yang merupakan tingkat risiko yang digunakan dalam menentukan karsinogen genotoksik.

Berbagai bahaya yang ada dalam air dapat memiliki dampak kesehatan yang sangat berbeda. Beberapa berdampak ringan misalnya diare, sedangkan yang lain

bisa parah (misalnya kolera, sindrom uremik hemolitik yang berhubungan dengan *Escherichia coli* O157 atau kanker). Beberapa bersifat akut (misalnya diare), sementara yang lain tertunda (misalnya hepatitis menular atau kanker). Beberapa berkaitan dengan usia dan kelompok tertentu (misalnya fluorosis tulang pada orang dewasa yang lebih tua sering terjadi akibat paparan jangka panjang terhadap fluoride tingkat tinggi di masa kanak-kanak; infeksi virus hepatitis E memiliki tingkat kematian yang sangat tinggi di antara wanita hamil). Beberapa dapat menyebabkan efek (misalnya gastroenteritis, sindrom *Guillain-Barré*, artritis reaktif, dan kematian yang terkait dengan *Campylobacter*).

Untuk mendukung penetapan prioritas kesehatan masyarakat, ukuran umum diterapkan dan berlaku untuk semua jenis bahaya dan memperhitungkan hasil kesehatan yang berbeda, termasuk probabilitas, tingkat keparahan dan durasi efek. Prinsip dasar DALY adalah menimbang setiap dampak kesehatan dalam hal tingkat keparahan dalam kisaran 0 untuk kesehatan yang baik hingga 1 untuk kematian. Pembobotan tersebut kemudian dikalikan dengan durasi efek dan jumlah orang yang terkena dampak. Dalam kasus kematian, durasi dianggap sebagai tahun yang hilang kaitannya dengan harapan hidup normal.

Misalnya, infeksi rotavirus (di negara maju) menyebabkan:

1. Diare ringan (tingkat keparahan 0,1) yang berlangsung selama 7 hari pada 97,5% kasus;

2. Diare berat (tingkat keparahan 0,23) yang berlangsung selama 7 hari pada 2,5% kasus;
3. Kematian yang jarang terjadi pada anak-anak yang sangat kecil pada 0,015% kasus.

DALY per kasus kemudian dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{DALY} &= (0,1 \times 7/365 \times 0,975) + (0,23 \times 7/365 \times 0,025) \\ &\quad + (1 \times 70 \times 0,00015) \\ &= 0,0019 + 0,0001 + 0,0105 \\ &= 0,0125 \end{aligned}$$

Infeksi *Cryptosporidium* dapat menyebabkan diare berair (berat bobot 0,067) terakhir- selama 7 hari dengan kematian yang sangat jarang pada 0,0001% kasus. Ini sama dengan DALY per kasus = 0,0015

P. Pengelolaan dan Pengolahan Air Minum

Pengelolaan sumber daya air merupakan aspek integral dari pengelolaan kualitas air minum. Pencegahan kontaminasi mikroba dan kimia dari sumber air adalah upaya pertama mencegah kontaminasi air minum. Pengelolaan sumber daya air dan potensi pencemaran dari aktivitas manusia di daerah tangkapan air akan mempengaruhi kualitas air di hilir dan di hulu. Hal ini berdampak pada upaya pemeliharaan dan penjagaan kualitas air yang aman. Pengaruh penggunaan lahan terhadap kualitas air seharusnya merupakan bagian integral dari pengelolaan sumber daya air. Pengelolaan sumberdaya air yang perlu diperhatikan antara lain, berupa:

1. modifikasi tutupan lahan;
2. kegiatan ekstraksi;
3. pembangunan/modifikasi saluran air;
4. penggunaan pupuk, herbisida, pestisida dan bahan kimia lainnya;
5. kepadatan hewan ternak dan aplikasi pupuk kandang;
6. pembangunan, pemeliharaan dan penggunaan jalan;
7. berbagai bentuk tempat rekreasi;
8. pengembangan perumahan perkotaan atau pedesaan, dengan perhatian khusus pada pembuangan kotoran, sanitasi, penimbunan dan pembuangan sampah;
9. aktivitas manusia lainnya yang berpotensi menimbulkan polusi, seperti industri, pertambangan, dan lokasi militer.

Sejauh mana tanggung jawab badan penyedia air minum atau kesehatan mencakup pengelolaan sumber daya air sangat bervariasi antar negara dan daerah. Terlepas dari struktur pemerintah dan tanggung jawab sektor, penting bahwa otoritas kesehatan bermitra dan berkolaborasi dengan sektor-sektor yang mengelola sumber daya air dan mengatur penggunaan lahan di daerah tangkapan air.

Kerjasama yang erat antara otoritas kesehatan masyarakat, pemasok air dan badan pengelolaan sumber daya air membantu mitigasi potensi bahaya kesehatan akibat penggunaan air. Penting pula kerjasama perlindungan sumber daya air minum dengan

melibatkan sektor-sektor terkait, seperti pertanian, pariwisata, perhubungan atau pembangunan perkotaan.

Manajemen pasokan air minum bervariasi antar daerah, dari sistem perkotaan yang sangat besar yang melayani populasi dengan puluhan juta orang hingga sistem komunitas kecil yang menyediakan air hanya untuk populasi yang sangat kecil. Di sebagian besar negara, pipa digunakan untuk mengirimkan pasokan air kepada masyarakat. Badan penyedia air minum (Perusahaan Daerah Air Minum-PDAM) bertanggung jawab atas jaminan kualitas air bersih yang dipasok kepada masyarakat. Tanggung jawab utama PDAM adalah menyiapkan dan menerapkan rencana keamanan air.

Dalam banyak kasus, pemasok air tidak bertanggung jawab atas pengelolaan daerah tangkapan air yang menjadi sumber pasokan air. Peran pemasok air sehubungan dengan daerah tangkapan adalah untuk berpartisipasi dalam kegiatan pengelolaan sumber daya air yang dilakukan antar lembaga.

Sistem pengelolaan air minum oleh dan untuk masyarakat, dengan distribusi perpipaan dan non-perpipaan, adalah umum di seluruh dunia, baik di negara maju maupun negara berkembang. Meskipun pengelolaan air minum oleh komunitas ini memiliki definisi yang beragam. Pendekatan manajemen memberikan perbedaan antara sistem air minum masyarakat kecil dan kota-kota besar.

Sering sekali air minum yang dikelola oleh masyarakat sangat tergantung pada peran serta

anggotanya. Keberlanjutan pengelolaan kualitas air minum oleh masyarakat memerlukan dukungan aktif dan keterlibatan masyarakat setempat. Masyarakat harus dilibatkan pada semua tahap program air minum, termasuk survei awal, keputusan tentang penempatan sumur, penetapan zona perlindungan, pemantauan dan pengawasan air minum, pemeliharaan, tindakan perbaikan dan tindakan pendukung, termasuk praktek sanitasi dan kebersihan.

Vendor yang menjual air ke rumah tangga atau di tempat pengumpulan adalah hal biasa di banyak bagian dunia di mana kelangkaan air atau kurangnya infrastruktur membatasi akses air minum. Penjual air menggunakan berbagai moda transportasi untuk membawa air minum untuk dijual langsung ke konsumen, termasuk truk tangki dan gerobak dorong atau troli. Ada sejumlah masalah kesehatan yang terkait dengan air yang dipasok oleh penjual air kepada konsumen. Termasuk perlakuan yang tidak standar dalam produksi, pengemasan, dan pengangkutan yang dapat mengakibatkan kontaminasi.

Sertifikasi digunakan untuk memverifikasi bahwa perangkat dan bahan yang digunakan dalam pasokan air minum memenuhi tingkat kualitas dan keamanan tertentu. Sertifikasi adalah sebuah proses dimana sebuah organisasi independen memvalidasi klaim dari produsen terhadap standar formal atau kriteria atau memberikan penilaian independen dari kemungkinan risiko kontaminasi dari bahan atau proses. Lembaga sertifikasi mungkin bertanggung jawab untuk mencari data dari

produsen, mengeluarkan hasil pengujian, melakukan inspeksi dan audit dan mungkin membuat rekomendasi tentang kinerja produk.

Sertifikasi telah diterapkan pada teknologi yang digunakan di tingkat rumah tangga dan masyarakat, seperti mesin pompa air; bahan kimia pengolahan air. Sertifikasi produk atau proses yang terlibat dalam pengumpulan, pengolahan, penyimpanan dan distribusi air diawasi oleh lembaga pemerintah atau organisasi swasta.

Lembaga Sertifikasi Profesi Air Minum Indonesia disingkat LSP-AMI adalah Lembaga Sertifikasi independen dalam menyelenggarakan sertifikasi kompetensi bagi profesi pengelola sistem penyediaan air minum di Indonesia. LSP-AMI bertugas mengembangkan Standar Kompetensi di bidang air minum. Memiliki tanggung jawab teknis dan administrasi atas implementasi, pembinaan dan pengembangan standar kompetensi dan sertifikat kompetensi.

Program sertifikasi nasional, pemerintah lokal atau swasta (audit pihak ketiga) memiliki beberapa tujuan:

1. sertifikasi produk untuk memastikan bahwa penggunaannya tidak mengancam keselamatan pengguna atau masyarakat umum, seperti menyebabkan pencemaran air minum dengan zat beracun, zat yang dapat mempengaruhi penerimaan konsumen atau zat yang mendukung pertumbuhan mikroorganisme;

2. pengujian produk, untuk menghindari pengujian ulang di tingkat lokal atau sebelum setiap pengadaan;
3. memastikan kualitas dan kondisi produk yang seragam;
4. sertifikasi dan akreditasi laboratorium analisis dan pengujian lainnya;
5. pengendalian bahan dan bahan kimia yang digunakan untuk pengolahan air minum;
6. memastikan bahwa rencana keamanan air efektif

Q. Pengelolaan Air Rumah Tangga

Setiap orang mungkin mengkonsumsi air lebih dari satu sumber. Setiap rumah tangga memiliki tanggung jawab untuk memastikan bahwa tindakan mereka tidak berdampak buruk pada kualitas air. Pemasangan dan pemeliharaan sistem perpipaan rumah tangga sebaiknya dilakukan oleh tukang ledeng yang berkualifikasi dan berwenang yang dengan keahlian dapat memastikan bahwa antar sambungan saluran air tidak mengakibatkan kontaminasi.

Di sebagian daerah, ada populasi yang airnya berasal dari sumber rumah tangga, seperti sumur pribadi dan air hujan. Dalam beberapa keadaan, rumah tangga dan individu yang ingin mengolah air sendiri mungkin disebabkan oleh tidak ada pasokan air minum atau pasokan air minum yang ada diketahui terkontaminasi.

Memasak air sampai mendidih penting dilakukan. Setelah mendidih, air harus dibiarkan dingin sendiri tanpa penambahan es. Prosedur ini efektif di semua

ketinggian dan dengan air keruh. Pertimbangan untuk memasak air sampai mendidih meliputi:

1. Penurunan kualitas sumber air;
2. Kerusakan sistem distribusi;
3. Disinfektan tidak memadai;
4. Organisme patogen terdeteksi dalam air minum

Soal Latihan:

1. Air adalah kebutuhan yang sangat penting bagi manusia. Berapakah volume rata-rata kebutuhan air pada setiap individu per hari?
A. 50-100 liter
B. 100-150 liter
C. 150-200 liter (jawaban)
D. 200-250 liter
E. 250-300 liter
2. Standar mutu baku kesehatan penting ditetapkan pada pengumpulan dan pengangkutan air. Manakah yang bukan termasuk pengumpulan dan pengangkutan yang baik dari media di atas?
A. Mengangkut dan menyimpan air dalam wadah yang bersih dan bebas dari kontaminasi
B. Dilengkapi dengan alat pengeluaran seperti keran
C. Jika pengiriman menggunakan mobil tank, maka tank harus dibersihkan secara menyeluruh
D. Pengumpulan dan pengangkutan tidak memerlukan wadah yang bersih
E. Menjaga kebersihan yang ada saat pengangkutan ataupun pengumpulan air
3. Warga di Desa X mengalami diare setelah menggunakan air yang dialirkan sebagai sumber minuman, seorang surveilans melakukan observasi ke desa tersebut untuk mengidentifikasi masalah tersebut. Setelah di teliti ternyata aliran air tersebut

terkontaminasi oleh sesuatu zat. Kontaminan apakah yang paling mungkin mengkontaminasi media di atas?

- A. Kontaminan akibat bakteri
B. Kontaminan akibat virus
C. Kontaminan akibat sampah
D. Kontaminan akibat cucian piring
E. Kontaminan akibat zat radioaktif
4. Standar mutu baku media air salah satunya adalah bebas dari pencemaran bakteri patogen. Bakteri manakah yang berpeluang besar mengkontaminasi media di atas?
A. Strongyloides sp
B. Haemophilus influenzae
C. E.Coli
D. Klebsiella pneumonia
E. Plasmodium ovale
5. Industri X diketahui membuang limbah radioaktif dari hasil olahan industri mereka ke sungai. Apakah penyakit yang merupakan hasil dari dampak kontaminasi tersebut?
A. Diare
B. Konstipasi
C. Kanker
D. Taeniasis
E. Insomnia

6. Limbah radioaktif sangat berbahaya dan tidak dapat dibuang sembarangan ke lingkungan. Siapakah pihak yang menetapkan batas ambang limbah tersebut dapat dibuang ke lingkungan?
- A. PERMENKES
 - B. PEMDA
 - C. DPR
 - D. BAPETEN
 - E. BUMN
7. Pencemaran air oleh zat kimia salah satunya diakibatkan limbah pertanian. Apakah yang bukan merupakan contoh limbah tersebut?
- A. Pencemaran pestisida
 - B. Pencemaran fosfat dari pupuk
 - C. Pencemaran detergen
 - D. Pencemaran nitrat dari pupuk
 - E. Pencemaran organofosfat
8. Pencemaran air oleh detergen dapat membunuh organisme/biota air. Apa saja zat berbahaya yang terkandung dalam bahan tersebut?
- A. Ion ion kalsium dan ion ion magnesium
 - B. Surfaktan (alkil benzena sulfonat atau natrium alkil Hidrogen sulfat)
 - C. Nitrat dan fosfat
 - D. Tembaga
 - E. Titanium

9. Seorang peneliti memperoleh hasil pengelolaan air minum rumah tangga dengan menggunakan teknologi Filtrasi didapati target kinerja penurunan log10 untuk bakteri 4, virus 5, dan protozoa 4 adalah sebagai penghapusan pathogen sangat tinggi. Berdasarkan Hasil penelitian tersebut, termasuk klasifikasi performa tingkat berapakah teknologi yang diteliti tersebut?
- A. Bintang satu
 - B. Bintang tiga
 - C. Bintang dua
 - D. tidak ada bintang
 - E. bintang empat
10. Pemerintah telah menetapkan standar minimal persentase akses penduduk kota yang mendapat layanan air minum yang aman melalui Peraturan Pemerintahan no 1 tahun 2004. Berapa persenkah angka minimalnya untuk kabupaten atau kota?
- A. 12%
 - B. 100%
 - C. 81.77%
 - D. 99.31 %
 - E. 13.4%

Daftar Pustaka

1. http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/204284/1/9789241509947_eng.pdf?ua=1
2. Catatan teknis tentang air minum, sanitasi dan kebersihan dalam keadaan darurat (2013): http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/2011/
3. WHO_TN_03_Cleaning_and_disinfecting_water_storage_tanks_and_tankers.pdf)
4. target berbasis ysteman dan spesifikasi kinerja mikrobiologi (2011): http://www.who.int/water_sanitasi_health/publications/2011/household_water/en/
5. <http://www.presidenri.go.id> (Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 16 Tahun 2005 tentang pengembangan sistem penyediaan air minum)
6. Environmental Protection Agency. Sampling guidance for unknown contaminants in drinking water. United States Environ Prot Agency. 2017:1-60. https://www.oecd-ilibrary.org/environment/diffuse-pollution-degraded-waters_9789264269064-en.
7. Stamm C, Räsänen K, Burdon FK, et al. Unravelling the impacts of micropollutants in aquatic ecosystems: interdisciplinary studies at the interface of large-scale ecology. *Advances in Ecological Research*. 4th ed.; 2016.
8. Piglowski M. Microorganisms in the rapid alert system for food and feed. *international J Environ Res Public Heal Health*. 2019;16(3):477.
9. Afianti F. Mikroba pencemar di perairan teluk jakarta. *Oseana*. 2017;3(XLII):31-39.
10. Direktorat Jenderal Cipta Karya PUPR. Buku panduan pengembangan air minum. *Pupr*. 2017;(20):1-47.

BAB II

PEMUKIMAN SEHAT

A. TIU:

Pada akhir bab ini mahasiswa diharapkan dapat menjelaskan mengenai pemukiman sehat

B. TIK:

1. Menjelaskan definisi rumah dan rumah sehat
2. Menjelaskan kriteria minimal rumah sehat
3. Menjelaskan kriteria material rumah sehat
4. Menjelaskan rumah sebagai kebutuhan dasar manusia
5. Menjelaskan pengaruh rumah terhadap kesehatan
6. Menjelaskan pedoman rumah dan kesehatan menurut WHO

C. Pendahuluan

Sesuai hirarki kebutuhan dari Abraham Maslow, setelah manusia terpenuhi kebutuhan jasmaniahnya (sandang, pangan, dan kesehatan), maka kebutuhan akan rumah merupakan salah satu motivasi untuk mengembangkan kehidupan yang lebih baik dan lebih tinggi.

Pemukiman yang sehat adalah hunian yang mendukung keadaan sejahtera fisik, mental, dan sosial yang utuh. Perumahan yang sehat memberikan perasaan nyaman, rasa memiliki, keamanan dan privasi.

Pemukiman yang sehat juga mengacu pada struktur fisik tempat tinggal, dan sejauh mana hal itu mendukung kesehatan fisik, termasuk menyediakan perlindungan dari kelembaban yang berlebihan, dan memfasilitasi suhu yang nyaman, sanitasi yang memadai, penerangan yang baik, ruang yang cukup, sambungan listrik yang aman, dan perlindungan dari polutan, bahaya cedera, jamur dan hama.

Pemukiman sehat juga dipengaruhi lingkungan di luar rumah. Hal ini dipengaruhi oleh masyarakat, yang memungkinkan interaksi sosial yang mendukung kesehatan dan kesejahteraan. Akhirnya, perumahan yang sehat bergantung pada lingkungan dan akses layanan, ruang hijau, dan transportasi umum serta perlindungan dari limbah, polusi, dan dampak bencana, baik alam maupun buatan manusia.



Gambar 2.1 hirarki kebutuhan manusia menurut Abraham Maslow

D. Definisi Rumah

Definisi rumah menurut beberapa ahli :

1. Dr. Heinz Frick (2006)

“Rumah sebagai tempat perlindungan, untuk menikmati kehidupan, beristirahat dan bersuka ria bersama keluarga, rumah harus menjamin kepentingan keluarga, yaitu untuk tumbuh, memberi ketenangan, kesenangan, dan kenyamanan.”

2. UU No.4 Tahun 1992 tentang perumahan dan pemukiman

“Rumah sebagai salah satu kebutuhan dasar manusia serta dapat meningkatkan kesejahteraan penghuni didalamnya karena akan menunjang pembangunan ekonomi, sosial budaya dan bidang-bidang yang lain.”

E. Definisi Rumah Sehat

Pengertian rumah sehat adalah rumah yang dapat memenuhi kebutuhan rohani dan jasmani secara layak sebagai suatu tempat tinggal atau perlindungan dari pengaruh dalam luar.

Rumah sehat menurut WHO, adalah tempat untuk berlindung dari pengaruh keadaan alam sekitarnya (misalnya hujan, matahari, dll) serta tempat untuk beristirahat setelah bertugas memenuhi sehari-hari.

F. Kriteria minimal Rumah Sehat

Beberapa kriteria rumah sehat adalah sebagai berikut:

1. Kering

Rumah dikondisikan dengan membangun sistem bangunan yang dikonstruksi dengan lingkungan dalam ruangan yang terkontrol. Bisa dilakukan dengan menjaga agar sistem saluran air, saluran pembuangan terjaga dengan baik. Begitu pun masalah perembesan dan kebocoran rumah, hendaknya diatur agar tidak terjadi.

2. Bersih

Sistem bangunan yang dimiliki memungkinkan agar rumah bebas kotoran, debu, asap serta kontaminan lainnya. Rumah yang berada di dekat jalan raya jelas berbeda penangannya dengan rumah yang ada di kompleks persawahan.

3. Aman

Rumah hendaknya dibangun dengan bentuk, fungsi, dan peralatan yang aman bagi penghuni. Konsep ergonomis di setiap piranti hendaknya juga dipikirkan dengan matang. Sisi keamanan adalah faktor yang penting, demi menghindari terjadinya kecelakaan di dalam maupun di sekitar rumah.

4. Bebas Kontaminasi

Gunakan cat rumah dan produk-produk bangunan yang aman dan tidak mengganggu kesehatan. Jauhi penggunaan formaldehida untuk meminimalisir kontaminasi anggota keluarga.

5. Memiliki Ventilasi

Ventilasi berfungsi untuk memperlancar pertukaran udara segar. Standarnya harus ada di setiap ruangan.

6. Bebas dari hewan pengganggu

Penghuni hendaknya menjaga agar setiap sudut rumah bebas dari hewan pengganggu seperti tikus, kecoa, cicak, dll. Hewan-hewan ini selalu berusaha untuk mencari makanan dan sarang di dalam rumah sehingga anda harus benar-benar ekstra bekerja keras untuk mengenyahkannya.

7. Terawat

Rumah yang sehat adalah rumah yang setiap elemennya terawat dan terpelihara dengan baik. Para penghuni rumah hendaknya mengatur jadwal khusus untuk saling berbagi tugas melakukan tugas ini demi kepentingan bersama.

G. Kriteria Material Rumah Sehat

Kriteria Rumah Sehat Menurut Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 829/Menkes/SK/VII/1999:

- 1) Bahan-bahan bangunan. Tidak terbuat dari bahan yang dapat melepaskan zat yang dapat membahayakan kesehatan, antara lain:
 - a) Debu total kurang dari 150 mg per meter persegi
 - b) Asbestos kurang dari 0,5 serat per kubik, per 24 jam
 - c) Timbal (Pb) kurang dari 300 mg per kg bahan
 - d) Tidak terbuat dari bahan yang dapat menjadi tumbuh dan berkembangnya mikroorganisme patogen
 - e) Komponen dan penataan ruang
 - f) Lantai kedap air dan mudah dibersihkan

- g) Dinding rumah memiliki ventilasi, di kamar mandi dan kamar cuci kedap air dan mudah dibersihkan
- h) Langit-langit rumah mudah dibersihkan dan tidak rawan kecelakaan
- i) Bubungan rumah 10 m dan ada penangkal petir
- j) Ruang ditata sesuai dengan fungsi dan peruntukannya
- k) Dapur harus memiliki sarana pembuangan asap
- l) Pencahayaan
 Pencahayaan alam dan/atau buatan langsung maupun tidak langsung dapat menerangi seluruh ruangan dengan intensitas penerangan minimal 60 lux dan tidak menyilaukan mata.
- m) Kualitas Udara
 - i) Suhu udara nyaman antara 18-30 °C
 - ii) Kelembaban udara antara 40-70%
 - iii) Pertukaran udara 5 kali 3 per menit untuk setiap penghuni
 - iv) Gas CO kurang dari 100 ppm per 8 jam
 - v) Gas formaldehid kurang dari 120 mg per meter kubik.
- n) Ventilasi
 Luas lubang ventilasi alamiah yang permanen minimal 10% luas lantai
- o) Vektor Penyakit
 Tidak ada lalat, nyamuk ataupun tikus yang bersarang di dalam rumah
- p) Penyediaan Air

- i) Tersedia sarana penyediaan air bersih dengan kapasitas minimal 60 liter per orang setiap hari.
- ii) Kualitas air harus memenuhi persyaratan kesehatan air bersih dan/atau air minum menurut Permenkes 416 tahun 1990 dan Kepmenkes 907 tahun 2002
- q) Pembuangan Limbah
 - i) Limbah cair yang berasal rumah tangga tidak mencemari sumber air, tidak menimbulkan bau, dan tidak mencemari permukaan tanah
 - ii) Limbah padat harus dikelola dengan baik agar tidak menimbulkan bau, tidak mencemari permukaan tanah dan air tanah
- r) Kepadatan Hunian
 - i) Luas kamar tidur minimal 8-meter persegi, dan dianjurkan tidak untuk lebih dari 2 orang tidur.

Kriteria Rumah Sehat Menurut Ditjen Cipta Karya, 1997:

- 1) Pondasi yang kuat guna meneruskan beban bangunan ke tanah dasar, memberi kestabilan bangunan, dan merupakan konstruksi penghubung antara bangunan dengan tanah
- 2) Lantai kedap air dan tidak lembab, tinggi minimum 10 cm dari pekarangan dan 25 cm dari badan jalan, bahan kedap air, untuk rumah panggung dapat terbuat dari papan atau anyaman bambu
- 3) Memiliki jendela dan pintu yang berfungsi sebagai ventilasi dan masuknya sinar matahari dengan luas minimum 10% luas lantai

- 4) Dinding rumah kedap air yang berfungsi untuk mendukung atau menyangga atap, menahan angin dan air hujan, melindungi dari panas dan debu dari luar, serta menjaga kerahasiaan (privacy) penghuninya
- 5) Langit-langit untuk menahan dan menyerap panas terik matahari, minimum 2,4 m dari lantai, bisa dari bahan papan, anyaman bambu, tripleks atau gipsum
- 6) Atap rumah yang berfungsi sebagai penahan panas sinar matahari serta melindungi masuknya debu, angin dan air hujan.

H. Rumah sebagai Kebutuhan Dasar Manusia

Hierarchy of need oleh Abraham Maslow dapat digolongkan beberapa tingkatan, yaitu:

1. kebutuhan faal (physiology need), rumah merupakan tempat untuk beristirahat dan kebutuhan kesehatan bagi manusia.
2. kebutuhan akan keselamatan diri (safety or security needs), rumah memberikan perlindungan pada penghuni dan gangguan manusia dan keadaan lingkungan yang tidak diinginkan seperti hujan, sinar matahari, dingin, dll.
3. kebutuhan bersosialisasi (sosial needs), rumah sebagai tempat berinteraksi dengan keluarga dan teman.
4. kebutuhan akan penghargaan dan penghormatan diri (self-esteem or ego need), rumah memberikan status bagi penghuninya.

5. kebutuhan akan perwujudan diri (self actualisation needs), rumah bukan hanya sebagai tempat untuk tinggal tetapi menjadi tempat untuk manusia mengaktualisasikan dirinya.
6. kebutuhan akan ilmu dan keindahan (cognitive and aesthetic needs), suatu keinginan untuk menerapkan pengetahuan dan memperindah rumahnya.

I. Pengaruh Rumah terhadap Kesehatan

Memiliki rumah yang bersih dan sehat merupakan impian setiap orang. Namun kenyataannya, masih banyak orang yang tinggal dalam rumah yang kotor dan tidak memenuhi standar kesehatan. Padahal, kondisi rumah seperti ini dapat menjadi tempat bagi virus, kuman, dan hama penyakit, seperti kecoa dan tikus, untuk berkembang biak, sehingga penghuninya dapat dengan mudah terkena berbagai penyakit, seperti diare, tifus, dan demam berdarah dengue (DBD). Terlebih lagi, bila kebersihan rumah tidak terjaga. Virus dan bakteri dari tempat-tempat yang kotor di dalam rumah dapat menyebar dan menempel pada permukaan tubuh, khususnya tangan. Selain itu, kuman juga dapat berpindah ke makanan, terutama bila kebersihan dapur tidak dijaga dengan baik

Paparan dan risiko kesehatan di lingkungan rumah sangat penting karena manusia menghabiskan sebagian waktu di rumah. Di negara-negara maju, sekitar 70% waktu orang dihabiskan di dalam rumah mereka. Di beberapa tempat, termasuk di mana tingkat

pengangguran tinggi, dan di masa kini, lebih banyak orang bekerja di industri berbasis rumahan, persentase manusia tinggal di rumah mereka bahkan dapat lebih tinggi lagi. Anak-anak, orang tua, dan penyandang disabilitas atau penyakit kronis cenderung menghabiskan sebagian besar waktu mereka di rumah, dan oleh karena itu lebih rentan terhadap risiko kesehatan yang terkait dengan perumahan. Anak-anak juga berisiko lebih tinggi terhadap bahaya dari beberapa racun yang ada di sekitar perumahan, seperti yang ada di cat yang menggunakan timbal.

Perumahan akan menjadi semakin penting bagi kesehatan karena perubahan demografis dan iklim. Jumlah orang berusia di atas 60 tahun, yang menghabiskan sebagian besar waktu mereka di rumah, akan berlipat ganda pada tahun 2050. Perubahan pola cuaca yang terkait dengan perubahan iklim juga menitikberatkan pentingnya perumahan yang memberikan perlindungan dari cuaca dingin, panas, dan cuaca ekstrem.

Perumahan yang buruk dapat membuat orang menghadapi beberapa risiko kesehatan. Misalnya, perumahan yang secara struktural tidak memadai, karena konstruksi atau pemeliharaan yang buruk, dapat meningkatkan kemungkinan orang terpeleset atau jatuh, sehingga meningkatkan risiko cedera. Aksesibilitas yang buruk ke rumah dapat mengekspos penghuni cacat dan lansia pada risiko cedera, stres, dan isolasi. Perumahan yang tidak aman, terkadang karena masalah

keterjangkauan atau keamanan kepemilikan yang lemah, membuat stres.

Perumahan dengan ventilasi jelek dapat berkontribusi pada risiko pernapasan dan kardiovaskular yang buruk, sementara suhu dalam ruangan yang tinggi dapat meningkatkan kematian terkait sistem kardiovaskular. Polusi udara dalam ruangan membahayakan kesehatan pernapasan dan dapat memicu reaksi alergi dan iritasi, seperti asma. Perumahan yang padat meningkatkan risiko terkena penyakit menular dan stres.

Pasokan air dan fasilitas sanitasi yang tidak memadai mempengaruhi keamanan pangan dan kebersihan pribadi. Desain perkotaan yang menghambat aktivitas fisik berkontribusi terhadap obesitas dan kondisi terkait, seperti diabetes serta kesehatan mental dan kardiovaskular yang buruk. Bahan bangunan atau praktik bangunan yang tidak aman, atau membangun rumah di lokasi yang tidak aman, dapat membuat orang menghadapi berbagai risiko, seperti cedera akibat keruntuhan bangunan.

Perumahan di daerah kumuh dapat menimbulkan risiko khusus bagi kesehatan. Saat ini, sekitar 1 miliar orang hidup dalam kondisi kumuh, yang dapat terus meningkat seiring perencanaan pemukiman yang buruk. Menurut WHO “rumah tangga kumuh” adalah sekelompok individu di bawah atap yang sama, di daerah perkotaan, kekurangan satu atau lebih dari hal-hal berikut ini:

1. Perumahan tahan lama (perumahan yang dapat memberikan perlindungan;
2. Ruang terbuka yang cukup;
3. Keamanan kepemilikan;
4. Sanitasi dan infrastruktur; dan
5. Akses ke sumber air yang baik (tidak tercemar).

Oleh karena itu, penduduk daerah kumuh terpapar pada banyak risiko yang terkait dengan perumahan, seperti bangunan fisik tempat tinggal yang rusak, fasilitas perumahan yang tidak memadai dan kepadatan penduduk yang tinggi, tetapi juga menghadapi risiko kesehatan tertentu dari sanitasi yang buruk dan sambungan listrik yang tidak aman, bahan bangunan menggunakan bahan beracun, fasilitas memasak yang tidak berventilasi, dan lingkungan infrastruktur-termasuk jalan yang tidak aman. Selain itu, pemukiman kumuh terkadang berada di lokasi yang lebih mungkin mengekspos penghuninya terhadap bahaya seperti tanah longsor, banjir, dan polusi industri.

Dalam kaitannya dengan kesejahteraan, permukiman kumuh seringkali menampung para pendatang, pengungsi, dan orang-orang yang terlantar. Diperkirakan ada 1 miliar migran di dunia saat ini: 250 juta migran internasional, dan 763 juta migran internal. Jumlah ini termasuk 65 juta orang, yang telah mengungsi secara paksa dan membutuhkan solusi perumahan yang mendesak.

Sejumlah besar orang hidup dalam kondisi perumahan yang buruk. Misalnya, 6% rumah tangga di Amerika Latin dan Karibia (dibandingkan dengan 0,4%

di Uni Eropa) di huni lebih dari tiga orang per kamar. Sekitar 9% dari populasi global tidak memiliki akses ke sumber air minum yang baik (tidak terkontaminasi). Hampir setengah dari semua orang yang menggunakan sumber air minum berkualitas buruk atau terkontaminasi tinggal di sub-Sahara Afrika, sementara seperlima tinggal di Asia Selatan. Selain itu, 41% populasi dunia memasak menggunakan api terbuka dan kompor sederhana yang menggunakan bahan bakar padat. Ini menghasilkan udara dalam ruangan yang tercemar dan ventilasi yang tidak memadai.

Secara global, banyak rumah memiliki bangunan fisik yang jelek. Misalnya, 15% dari populasi Eropa tinggal di perumahan dengan atap bocor, atau dinding, lantai, atau fondasi yang lembab, atau membusuk di bingkai jendela, lantai, dan elemen struktural lainnya, sementara 13% melaporkan bahwa perumahan mereka tidak nyaman selama musim dingin. Di Inggris Raya, 72% dari orang dewasa dengan masalah mobilitas melaporkan bahwa pintu masuk ke perumahan mereka tidak dapat diakses dengan baik. Di Amerika Serikat, 5,2% perumahan diklasifikasikan sebagai tidak memadai, memiliki masalah fisik yang parah atau sedang menghadapi masalah kekurangan dalam pemanas, pemipaan atau pemeliharaan.

J. Beban Penyakit yang Berhubungan dengan Perumahan

Kondisi kesehatan yang terkait dengan perumahan menghadirkan beban kesehatan tersendiri. Beberapa di antaranya disebabkan oleh akses yang buruk ke air dan kualitas lingkungan yang buruk. Air, sanitasi dan kebersihan lingkungan bertanggung jawab atas 829.000 kematian akibat penyakit diare di seluruh dunia pada tahun 2016. Ini merupakan 1,9% dari beban penyakit global (DALYs)(16). Pada tahun 2016, 3,8 juta kematian secara global disebabkan oleh polusi udara rumah tangga dari penggunaan bahan bakar padat untuk memasak, hampir semuanya terjadi di negara-negara berpenghasilan rendah dan menengah. Sekitar 15% insidensi asma pada anak di Eropa telah dikaitkan dengan kelembaban dalam ruangan.

Perumahan juga berkontribusi pada beban penyakit dengan memaparkan manusia pada zat atau bahan berbahaya, atau penyakit menular. Sebagai contoh, hampir 110.000 orang meninggal setiap tahun di Eropa sebagai akibat dari cedera di rumah atau selama kegiatan rekreasi, dan 32 juta lainnya memerlukan perawatan di rumah sakit karena cedera tersebut. Di Eropa, diperkirakan bahwa 7500 kematian disebabkan oleh kurangnya pelindung jendela dan detektor asap. Sekitar 10% dari pasien yang masuk ke rumah sakit per tahun di Selandia Baru disebabkan oleh kepadatan rumah tangga. Pada tahun 2012, India mencatat lebih dari 2.600 kematian dan 850 dari berbagai cedera akibat runtuhnya lebih dari 2.700 bangunan. Di Kirgistan, kepadatan

rumah tangga menyebabkan 18,13 kematian per 100.000 akibat tuberkulosis (TB) per tahun. Paparan timbal diperkirakan telah menyebabkan 853.000 kematian pada tahun 2013. Sementara setiap orang dapat terkena risiko yang terkait dengan perumahan yang tidak sehat, orang-orang dengan penghasilan rendah dan kelompok rentan lebih mungkin untuk tinggal di perumahan yang tidak sesuai atau tidak aman sama sekali.

K. Pedoman Perumahan dan Kesehatan WHO

Dampak perumahan terhadap kesehatan dan prevalensi kondisi perumahan yang buruk di seluruh dunia, membenarkan perlunya pedoman praktis dan dapat diterima secara global yang akan memastikan perumahan yang sehat dan demi keselamatan manusia. Prinsip yang mendasari pedoman tersebut adalah agar perumahan memberikan perlindungan yang memadai dari semua potensi bahaya yang ada di lingkungan setempat. Prinsip ini harus berlaku untuk perumahan yang ada dan tempat tinggal yang baru akan dibangun.

Meskipun ada sejumlah pedoman peraturan perumahan terkait kesehatan, namun pembahasannya komprehensif untuk menangani semua aspek perumahan, kesehatan dan keselamatan manusia. Misalnya, WHO juga memiliki pedoman untuk kualitas udara dalam ruangan atau air dan sanitasi tetapi masih kurang komprehensif. Sementara memperbaiki perumahan mungkin bukan prioritas kebijakan utama di semua negara, panduan global yang dapat diandalkan untuk membentuk kebijakan saat ini dan masa depan

adalah langkah pertama untuk melindungi orang yang hidup dalam berbagai kondisi iklim dari perumahan yang tidak sehat. Ini adalah prioritas kesehatan masyarakat yang penting. Pedoman yang direkomendasikan WHO berkaitan dengan aspek perumahan, termasuk infrastruktur vital, hunian fisik dan penggunaan serta lokasi hunian. Manfaat besar dalam efektivitas biaya terkait risiko kesehatan sejalan dengan lingkungan yang sehat.

Berdasarkan sifatnya, peraturan penggunaan lahan dan bangunan bertindak untuk mengatasi berbagai risiko, termasuk menghindari bahaya. Menerapkan pedoman perumahan ini akan mendukung pencapaian Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs), termasuk SDG 3 untuk memastikan kehidupan yang sehat dan mempromosikan kesejahteraan untuk semua kelompok umur dan SDG 11 untuk menjadikan kota dan pemukiman manusia nyaman, aman, tangguh, dan berkelanjutan. Pedoman tersebut juga memastikan ketersediaan sanitasi di tingkat rumah tangga (SDG 6), memenuhi target energi terbarukan dan efisiensi energi (SDG 7) dan tindakan mitigasi perubahan iklim (SDG 13).

Hak atas perumahan yang layak diakui dalam undang-undang hak asasi manusia internasional sebagai komponen hak atas standar hidup yang layak, yang diabadikan dalam Deklarasi Universal Hak Asasi Manusia (diadopsi pada tahun 1948) dan Konvensi Internasional tentang Hak Ekonomi, Sosial dan Budaya (diadopsi pada tahun 1966). Agar perumahan layak, tujuh kriteria berikut harus dipenuhi:

1. keamanan kepemilikan;
2. ketersediaan jasa,
3. material,
4. sarana dan prasarana;
5. keterjangkauan;
6. kelayakhunian;
7. aksesibilitas lokasi

L. Kesimpulan

Rumah menjadi tempat manusia istirahat, berlindung dari cuaca dan kondisi lingkungan di sekitar, menyatukan sebuah keluarga, meningkatkan tumbuh kembang setiap kehidupan manusia dan menjadi bagian dari kebutuhan dasar hidup manusia yaitu, sandang, pangan, papan dan kesehatan.

Rumah sehat adalah tempat berlindung dimana lingkungan yang sehat berguna untuk kesehatan jasmani dan rohani demi kesehatan keluarga dan individu.

Kriteria rumah sehat yaitu kering, bersih, aman, bebas dari kontaminan, memiliki ventilasi, bebas dari hewan pengganggu dan terawat.

Kriteria material rumah sehat yaitu, aman dari alat dan bahan bangunan yang berbahaya bagi kesehatan penghuninya seperti bebas dari debu, menggunakan bahan bangunan yang kedap air dan tidak mudah lembab sehingga patogen tidak mudah berkembang, minim penggunaan bahan berbahaya seperti timbal, ventilasi udara yang baik sehingga pertukaran gas dan cahaya matahari dapat masuk, membuat langit-langit rumah dengan bahan yang dapat menahan panas

matahari dan jaraknya 2,4 m dari lantai agar tidak pengap.

Rumah berpengaruh terhadap kesehatan, rumah yang bersih membuat penghuninya sehat juga dan sedangkan rumah yang kotor akan menyebabkan virus, bakteri dan hama patogen dapat dengan mudah berkembang.

Rumah yang tidak sehat dapat menimbulkan berbagai penyakit dari penyakit yang tidak menular sampai penyakit menular sehingga perlu dijaga kebersihan rumah dan lingkungannya, kelembaban rumah, ventilasi udara yang cukup, pencahayaan matahari yang cukup, tidak berdebu, dan terlindungi dari limbah.

Soal Latihan

1. Dalam lingkungan pemukiman yang sehat harus tersedia fasilitas sanitasi. Apakah fasilitas sanitasi yang dimaksud?
 - A. Penyediaan Air Bersih, Sarana Pembuangan Tinja dan Air Limbah, Pengolahan sampah dan fasilitas pembangunan
 - B. Penyediaan Air Bersih, Sarana Pembuangan Tinja dan Air Limbah, Pengolahan sampah dan fasilitas jalan.
 - C. Penyediaan Air Bersih, Sarana Pembuangan Tinja dan Air Limbah, Pengolahan sampah
 - D. Penyediaan Air Bersih, Sarana Pembuangan Tinja dan Air Limbah, Pengolahan sampah dan fasilitas Kesehatan
 - E. Penyediaan tempat bermain anak dan tempat berkumpul lansia
2. Kesehatan lingkungan melingkupi berbagai aspek kegiatan. Di bawah ini yang tidak termasuk ke dalam ruang lingkup kegiatan di atas adalah
 - A. Penyediaan air
 - B. Perumahan
 - C. Kesehatan anak
 - D. Hygiene perusahaan
 - E. Standar pencemaran tanah

3. Pengolahan air terdiri atas beberapa tujuan. Apakah tujuan yang tidak benar dari pengolahan di atas
- A. Mengolah menjadi air minum
 - B. Menghilangkan kuman patogen
 - C. Menambah mineral
 - D. Menghilangkan mineral
 - E. Menambahkan zat radioaktif
4. Suatu tempat berlindung/bernaung dan tempat untuk beristirahat, sehingga menumbuhkan kehidupan yang sempurna baik fisik, rohani maupun sosial. Hal di atas merupakan definisi dari?
- A. Rumah sakit
 - B. Rumah sehat
 - C. Rumah nenek
 - D. Rumah hantu
 - E. Rumah-rumahan
5. Seorang laki-laki berusia 35 tahun bermaksud membangun rumahnya di daerah dengan tanah yang datar. Ia bermaksud menggali sumur sebagai sumber mata air, tetapi dekat rumahnya terdapat septic tank tetangganya. Berapakah jarak minimal yang paling tepat antara kedua struktur tersebut?
- A. ± 5 m
 - B. ± 7 m
 - C. ± 10 m
 - D. ± 13 m
 - E. ± 15 m

6. Undang-undang telah membuat definisi rumah bersih dan sehat. Apakah Undang-undang yang dimaksud?
- A. Undang - undang No 1 tahun 2011
 - B. Undang - undang No 1 tahun 2012
 - C. Undang - undang No 11 tahun 2011
 - D. Undang - undang No 11 tahun 2012
 - E. Undang - undang No 11 tahun 2013
7. Berbagai variasi permasalahan kesehatan di Indonesia. Yang manakah bukan termasuk masalah di atas?
- A. Air bersih
 - B. Budaya ramah lingkungan
 - C. Pembuangan kotoran/tinja
 - D. Kesehatan pemukiman
 - E. Pencemaran udara
8. Perumahan yang sehat mengacu pada struktur fisik tempat tinggal dan keadaan lingkungan perumahan terdekat. Perumahan yang tidak memenuhi kriteria rumah sehat akan meningkatkan morbiditas dan mortalitas dari suatu penyakit. Berikut ini merupakan salah satu kriteria di atas?
- A. Tidak memiliki sumber air bersih
 - B. Kamar mandi dan wc yang kotor
 - C. Memiliki ventilasi yang cukup
 - D. Terdapat banyak tempat sampah
 - E. Tingginya vektor penyakit

9. Penerapan Pedoman Perumahan dan Kesehatan WHO (HHGL) berbasis bukti akan mendukung pencapaian Tujuan Pembangunan Berkelanjutan-Sustainable Development Goals (SDGs). Yang manakah pencapaian tujuan yang dimaksud?
 - A. SDG 3, 5, 6, 7 dan 9
 - B. SDG 3, 6, 7, 11 dan 13
 - C. SDG 1, 2, 4, 6, dan 7
 - D. SDG 2,4,6,8, dan 10
 - E. SDG 1, 3, 5, 9

Daftar Pustaka

1. Wibisono AF, Huda AK. Upaya peningkatan pengetahuan rumah sehat bagi keluarga. J Inov dan Kewirausahaan. 2016;3(1):17-20.
2. Herdiani I, Kurniawan A, Nuradillah H, Putri GW, Gunawan IP. Penyuluhan kesehatan rumah sehat pada masyarakat. Abdimas PHB. 2021;4(1):47-52.
3. Puteri AD. Analisis faktor yang berhubungan dengan kondisi rumah sehat di desa bandur Picak Kecamatan Koto Kampar Hulu tahun 2017. J Kesehat Masy. 2017;1(2):1-14.
4. Sukei TW, Maurizka IR, Pratiwi RD, Kahar MV. Peningkatan pengetahuan rumah sehat dengan metode ceramah dan leaflet di Dusun Modalan. 2020;4(2):183-90.
5. Dharmayanti I, Hapsari TD, Sari HP, dkk. The impact of environmental health and socio-economic condition on mental health in indonesia. 2018;64-74.
6. Jennings CP, Aldinger SG, Kangu FN, Jennings CP, Purba JM, Alotaibi MN. Hubungan karakteristik kepala keluarga dengan rumah sehat di Desa Duwet Kecamatan Baki Kabupaten Sukoharjo. 2015;3(7):59-78.
7. Housing WHO. Housing and health.
8. Suwita, Syafri M, Fahri S. Analisis determinan rumah sehat dalam mendukung pembangunan berwawasan lingkungan di Kelurahan Kebun Handil Kota Jambi. J Pembang Berkelanjutan. 2019;2(1):60-73.

BAB III

DAMPAK PEMBUANGAN LIMBAH DAN POTENSI PENGELOLAAN LIMBAH MANUSIA TERHADAP KESEHATAN

A. TIU:

Pada akhir bab ini mahasiswa diharapkan dapat menjelaskan dampak pembuangan limbah dan potensi pengelolaan limbah manusia terhadap kesehatan

B. TIK:

1. Menjelaskan informasi terbaru tentang limbah dan pilihan pembuangan limbah
2. Menjelaskan potensi dampak langsung dan tidak langsung dari kegiatan pengelolaan sampah terhadap kesehatan
3. Menjelaskan efek limbah radioaktif
4. Menjelaskan dampak yang merugikan terhadap kesehatan bagi masyarakat dari proses pengelolaan limbah

C. Pendahuluan

Aktivitas manusia selalu menghasilkan sampah. Ketika populasi manusia masih relatif kecil dan nomaden hal ini

bukan masalah besar, tetapi menjadi masalah serius dengan urbanisasi dan pertumbuhan populasi besar. Pengelolaan limbah yang buruk menyebabkan pencemaran air, tanah dan atmosfer dan berdampak besar pada kesehatan masyarakat. Pada abad pertengahan, epidemi yang terkait dengan air yang terkontaminasi dengan patogen membinasakan populasi Eropa dan bahkan pada abad ke-19, kolera masih menjadi wabah. Beberapa dampak kesehatan langsung dari pengelolaan sampah yang salah sudah diketahui dan dapat diamati terutama di negara-negara berkembang.

Seiring berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi, pengelolaan sampah dengan volume yang semakin meningkat menjadi kegiatan yang sangat terorganisir, terspesialisasi dan kompleks. Karakteristik bahan limbah berkembang sejalan dengan perubahan gaya hidup, dan jumlah zat kimia baru yang ada di berbagai aliran limbah meningkat secara dramatis. Efek kesehatan jangka panjang dari paparan zat yang ada dalam limbah, atau yang dihasilkan dari fasilitas pembuangan limbah lebih sulit diukur, terutama jika konsentrasinya sangat kecil dan jika ada jalur paparan lain (misalnya makanan dan tanah). Meskipun demikian, kurangnya bukti dapat menyebabkan kekhawatiran publik.

Kecelakaan industri yang dipublikasikan dengan kurang baik, meskipun seringkali tidak terkait dengan kegiatan pengelolaan limbah, telah menyebabkan penolakan keras terhadap pembangunan tempat pembuangan sampah, insinerator, atau fasilitas

pembuangan limbah lainnya. Pemerintah dan pihak kesehatan terkait diuntut masyarakat untuk memberikan bukti epidemiologis dari potensi efek kesehatan yang merugikan yang dihasilkan oleh kegiatan pengelolaan limbah tersebut. Ribuan manuskrip telah diterbitkan tentang dampak emisi di dekat lokasi pembuangan limbah. Studi epidemiologis sering menunjukkan adanya hubungan antara penyakit manusia dan kedekatan mereka dengan tempat pembuangan limbah, atau lama tinggal di dekat tempat tersebut, tetapi sebagian besar belum dapat memberikan bukti signifikan tentang hubungan sebab akibat.

D. Produksi Limbah

1. Limbah padat kota

Kuantitas sampah yang dihasilkan di dunia telah berkembang pesat selama beberapa dekade terutama di negara-negara maju sebagaimana data yang ditunjukkan oleh Bank dunia tentang adanya hubungan antara produk domestik bruto (PDB) nasional dan dampak sampah per kapita. Meskipun data dampak limbah seringkali tidak lengkap, perkiraan terbaru menunjukkan bahwa limbah padat kota saja yang dihasilkan secara global melebihi 2 miliar ton per tahun.

Pada tahun 2006, Amerika Serikat (AS) memproduksi lebih dari 228 juta ton limbah padat atau 750 kg per kapita. Pada tahun 2006, 15 negara Uni Eropa (Austria, Belgia, Denmark, Finlandia, Prancis, Jerman, Yunani, Italia, Irlandia, Luksemburg, Belanda, Portugal, Spanyol, Swedia, Inggris) menghasilkan 219 juta ton atau

560 kg/tahun/kapita sampah padat. Karena negara-negara berkembang seperti Cina dan India melakukan industrialisasi dan populasi mereka berurbanisasi, sejumlah besar sampah kota dibuang, meskipun produksi per kapita (kurang dari 0,5 kg/hari/kapita di India dan kurang dari 0,9 kg/hari/kapita di China), masih relatif kecil dibandingkan dengan produksi sampah di sebagian besar individu di negara maju (sampai 2,1 kg/hari/kapita di AS). Selain limbah padat kota, fasilitas pengomposan dan instalasi pengolahan limbah juga sedang berkembang akhir-akhir ini.

2. Sampah radioaktif

Limbah radioaktif dihasilkan pada setiap langkah siklus bahan bakar nuklir, mulai dari pengayaan uranium, fabrikasi dan pemrosesan ulang bahan bakar, hingga pembangkit listrik tenaga nuklir. Produksi senjata di sektor militer merupakan sumber utama lain dari limbah radioaktif. Menurut perkiraan 2007, ada sekitar 5,5 juta ton sumber daya uranium yang teridentifikasi, dan total produksi dunia adalah sekitar 40.000 ton uranium dengan produsen utama termasuk Kanada (25%), Australia (19%), Kazakhstan (13%), Niger (9%), dan Federasi Rusia (8%). Permintaan tahunan uranium oleh industri nuklir adalah sekitar 67.000 ton, terutama untuk sumber militer dan pabrik.

Energi nuklir saat ini menyediakan sekitar 15% listrik dunia, hampir 24% listrik di 34% di Uni Eropa. Di Eropa, Perancis adalah produsen terbesar (sekitar 42% dari seluruh listrik Uni Eropa), diikuti oleh Jerman (14%)

dan Inggris (9%). Sekitar 10.000-12.000-ton logam berat bahan bakar bekas diproduksi setiap tahun. Sejauh ini, lebih dari 30% dari 290.000-ton logam berat yang dikeluarkan dari pembangkit listrik tenaga nuklir komersial telah diproses ulang untuk memulihkan uranium dan plutonium. Kapasitas pemrosesan ulang komersial dunia adalah 5550-ton logam berat per tahun dan sebagian besar bahan bakar bekas disimpan di fasilitas penyimpanan. Fasilitas pemrosesan ulang utama berada di La Hague (Prancis), Sellafield (Inggris) dan Mayak (Rusia).

3. Praktik pengelolaan sampah

Sejumlah insiden polusi yang serius dan dipublikasikan terkait dengan praktik pengelolaan limbah yang salah, menyebabkan kekhawatiran publik tentang kurangnya kontrol, undang-undang yang tidak memadai, dampak lingkungan dan kesehatan manusia. Di banyak negara, sebagian besar limbah saat ini tidak dapat digunakan kembali, didaur ulang atau dibuat kompos sehingga metode pembuangan utamanya adalah penimbunan dan pembakaran.

Di Eropa, penimbunan merupakan metode pembuangan utama. Pada tahun 1999, 57% dari limbah padat ditimbun (67% pada tahun 1995) di Eropa barat, dan 83,7% di Eropa tengah dan timur . Pada tahun 2000, sekitar 18% limbah padat dibakar dan 25% didaur ulang di Eropa barat, sedangkan pembakaran dan daur ulang masing-masing menyumbang 6% dan 9%, di Eropa tengah dan timur (Eurostat, 2002). Secara keseluruhan,

daur ulang meningkat di Eropa barat. Kurangnya data membuat sulit untuk mengidentifikasi tren untuk negara lain.

Pada tahun 2006 AS menimbun 54% limbah padat, membakar 14%, dan memulihkan, mendaur ulang atau membuat kompos sisanya 32%. Persentase limbah padat yang dibuang di tempat pembuangan sampah 3% di Jepang, 18% di Jerman, 36% di Prancis, 54% di Italia dan Amerika Serikat, dan 64% di Inggris. Karena undang-undang menjadi lebih ketat, dan penimbunan menjadi pilihan yang lebih murah, maka hal ini dijadikan solusi alternatif. Misalnya, telah terjadi pengurangan yang signifikan dalam jumlah sampah yang ditimbun di Inggris dan Italia.

Perlu disebutkan bahwa berbagai macam bahan limbah (lumpur limbah, limbah industri) semakin tersebar di lahan pertanian. Tidak diragukan lagi menghasilkan sejumlah efek positif pada kualitas tanah, tetapi juga meningkatkan kekhawatiran tentang potensi jangka pendek (misalnya kelangsungan hidup patogen) dan efek jangka panjang (misalnya akumulasi logam berat). Perubahan iklim juga akan menjadi pendukung utama untuk penggunaan biosolid di lahan pertanian, terutama di daerah dengan periode curah hujan rendah yang lama dan dengan suhu rata-rata yang lebih tinggi. Sekitar 5,5 juta ton limbah lumpur kering digunakan atau dibuang setiap tahun di Amerika Serikat dan sekitar 60% digunakan untuk aplikasi lahan. Aplikasi biosolid ke tanah kemungkinan akan meningkat sebagai akibat dari pengalihan limbah dari lokasi TPA, dan karena

meningkatnya biaya pupuk buatan. Jenis praktik pengelolaan sampah yang diadopsi di setiap negara sebagian besar merupakan fungsi pertimbangan ekonomi, tetapi juga merupakan cerminan dari aspek teknis karena jenis sampah yang akan ditangani.

E. Masalah kesehatan

Terlepas dari kemajuan teknologi yang penting, peningkatan undang-undang dan sistem peraturan di bidang pengelolaan limbah, dan pengawasan kesehatan yang lebih canggih, penerimaan publik terhadap lokasi fasilitas pembuangan dan pengolahan limbah baru masih sangat rendah karena kekhawatiran tentang efek buruk pada lingkungan dan kesehatan manusia. Masalah kesehatan terkait dengan setiap langkah penanganan, pengolahan, dan pembuangan limbah, baik secara langsung (melalui kegiatan pemulihan dan daur ulang atau pekerjaan lain dalam industri pengelolaan limbah, dengan paparan zat berbahaya dalam limbah atau emisi dari insinerator dan tempat pembuangan akhir, hama, bau dan kebisingan) atau tidak langsung (misalnya melalui konsumsi air, tanah dan makanan yang terkontaminasi).

Jalur utama paparan adalah inhalasi (terutama karena emisi dari insinerator dan tempat pembuangan akhir), konsumsi air (dalam kasus persediaan air yang terkontaminasi dengan tempat pembuangan sampah), rantai makanan (terutama konsumsi makanan yang terkontaminasi bakteri dan virus dari penyebaran limbah dan pupuk kandang, dan makanan yang diperkaya

dengan bahan kimia organik persisten yang mungkin dilepaskan dari insinerator). Penting juga untuk diingat bahwa kecelakaan kerja di industri pengelolaan limbah relatif sering terjadi.

Efek kesehatan tidak langsung akibat kontribusi gas rumah kaca dari kegiatan pembuangan limbah bisa menjadi signifikan. Meningkatnya suhu akibat perubahan iklim akan mempengaruhi kesehatan orang tua seperti meningkatnya masalah kardiovaskular dan masalah pernapasan seperti asma. Sisi positifnya, lebih sedikit orang yang meninggal karena penyakit yang berhubungan dengan flu. Penyakit infeksi (misalnya malaria) yang disebarkan oleh vektor seperti nyamuk bisa menjadi lebih meningkat. Naiknya permukaan air laut, banjir dan cuaca ekstrim juga kemungkinan akan menyebabkan kerusakan dan korban jiwa. Kontribusi utama terhadap efek rumah kaca di Uni Eropa adalah dari metana yang dilepaskan dari tempat pembuangan sampah di mana limbah biodegradable mengalami dekomposisi anaerobik. Mengingat tingginya proporsi limbah yang ditimbun secara tradisional di Eropa, *Landfill Directive* menyebabkan pengurangan limbah biodegradable yang dibuang di tempat pembuangan sampah, selain untuk pengumpulan gas *landfill*.

F. Investigasi epidemiologis

Studi epidemiologi yang berhubungan dengan dampak kegiatan pengelolaan sampah terhadap kesehatan manusia biasanya observasional, sebagai lawan eksperimental, karena alasan etis. Studi eksperimental

khas dilakukan oleh industri farmasi, yang melibatkan populasi uji (terpapar zat tertentu, atau obat) dan populasi kontrol (tidak terpapar). Dalam hal ini, hasil yang diharapkan biasanya positif (misalnya hasil kesehatan yang baik sebagai akibat dari pemberian vitamin, penurunan tekanan darah tinggi dengan obat hipotensi).

Ada berbagai macam studi observasional, jenis investigasi yang paling umum adalah sebagai berikut: Studi kohort prospektif: Dua kelompok orang (kelompok terpajan dan kelompok tidak terpajan) dinilai selama periode waktu yang lama di mana dimana tingkat keterpaparan populasi dan laju perkembangan penyakit dicatat, di samping informasi lain yang dikumpulkan melalui kuesioner. Studi ini biasanya melibatkan pengumpulan dan analisis cairan atau jaringan manusia (misalnya darah, urin, rambut, gigi). Agar dapat mengontrol faktor-faktor pengganggu yang mungkin ada dan untuk memastikan signifikansi statistik hasil, biaya keseluruhan dapat menjadi cukup besar.

Studi kasus-kontrol retrospektif: Dalam hal ini, kelompok kasus orang dipilih (yaitu pasien penyakit tertentu), dan kelompok kontrol orang sehat. Semua peserta diwawancarai, dan informasi tentang paparan masa lalu dikumpulkan secara retrospektif. Studi ini biasanya lebih murah daripada studi kohort prospektif, melibatkan kelompok orang yang lebih kecil, dan membutuhkan lebih sedikit peneliti, tetapi lebih rentan terhadap bias.

Studi cross-sectional: dilakukan pada sub kelompok tertentu dari populasi yang terpapar selama periode waktu yang relatif singkat. Mereka adalah kebalikan dari studi longitudinal yang dilakukan dalam jangka waktu yang lama. Studi cross-sectional dapat berguna untuk menghasilkan hipotesis yang dapat diuji kemudian dengan studi yang lebih komprehensif. Mereka bisa efektif jika penyakit yang diselidiki cukup umum, dan biasanya lebih murah untuk dilakukan. Sayangnya, sulit untuk membedakan apakah penyakit tertentu berkembang sebelum atau setelah kelompok tersebut terpapar potensi bahaya.

Paparan manusia terhadap zat yang dilepaskan di fasilitas pengelolaan limbah dapat terjadi secara :

1. Akut, dalam kasus kecelakaan serius yang menyebabkan pajanan jangka pendek ke zat yang berpotensi berbahaya tingkat tinggi, radiasi pengion, bioaerosol, debu
2. kronis, ketika melibatkan paparan jangka panjang terhadap zat radiasi konsentrasi rendah.

Untuk memiliki peluang yang baik untuk mendeteksi perbedaan klinis yang signifikan antara populasi kontrol dan populasi 'uji', penelitian perlu di dukung kekuatan statistik untuk menghindari membuat kesimpulan positif palsu atau negatif palsu. Karena perbedaan insiden efek klinis spesifik antara kedua populasi biasanya kecil, kekuatan penyelidikan sangat bergantung pada ukuran sampel. Ini biasanya berarti mempelajari setidaknya ribuan atau puluhan ribu orang di area paparan dan di area kontrol. Ukuran

populasi teoritis yang diperlukan untuk interpretasi data yang valid secara statistik mungkin lebih besar dari seluruh populasi di wilayah geografis yang dipelajari. Sumber daya yang diperlukan untuk investigasi semacam itu jarang tersedia. Pendekatan kompromi didasarkan pada meta-analisis yang menggabungkan hasil dari sejumlah studi tunggal, meskipun jenis analisis ini memiliki kelemahannya sendiri (misalnya kesulitan mengendalikan bias dalam studi asli, kesulitan mengakses studi yang tidak menunjukkan hasil yang signifikan secara statistik dan dengan demikian tetap tidak dipublikasikan).

Keterbatasan potensial lainnya dalam studi epidemiologi meliputi: data emisi yang tidak mencukupi, tidak ada data tentang paparan langsung terhadap emisi dari fasilitas pengelolaan limbah dan sumber lainnya, faktor pengganggu (misalnya etnis, pendapatan), mobilitas penduduk, dan periode latensi yang panjang dari beberapa penyakit. Bias publikasi umum terjadi dalam kasus studi berdaya rendah. Ini berarti bahwa literatur dapat mencakup publikasi preferensial dengan hasil yang signifikan secara statistik.

Langkah penting dalam studi epidemiologi adalah untuk menentukan kekuatan hubungan antara paparan zat yang berpotensi beracun dan efek kesehatan tertentu. Hal ini biasanya dicapai dengan menghitung rasio kejadian penyakit pada populasi yang terpajan dengan kejadian penyakit yang sama pada populasi yang tidak terpajan. Ini disebut Risiko Relatif (Relative Risk). Dalam studi kasus-kontrol, indeks asosiasi serupa yang disebut

Risiko Ganjil (Odd Risk) digunakan. Peningkatan risiko kesehatan tertentu ditunjukkan oleh $RR > 1$. Misalnya, jika $RR = 5$, artinya risikonya lima kali lebih tinggi (atau meningkat 400%).

Untuk menilai apakah agen benar-benar menyebabkan efek kesehatan, banyak masalah terkait yang perlu dipertimbangkan. Salah satunya adalah signifikansi statistik dari asosiasi yang ditemukan, karena seseorang harus mencoba dan mengecualikan bahwa asosiasi mungkin karena kebetulan. Tingkat kepercayaan (interval kepercayaan) yang dilaporkan biasanya 95%, kadang-kadang 99%. Bukti kuat dari efek kesehatan yang merugikan yang terkait dengan beberapa faktor lingkungan ditunjukkan oleh nilai RR yang tinggi, tetapi sebagian besar studi epidemiologi tentang hasil kesehatan yang mungkin terkait dengan kegiatan pengelolaan limbah melaporkan nilai RR atau OR kurang dari 1,5, dan jarang lebih dari 2.

G. Dampak Kesehatan dari Kegiatan Pengelolaan Sampah

1. TPA

Banyak ulasan tentang hubungan antara kedekatan atau paparan lokasi tempat pembuangan akhir (TPA) dan kesehatan yang buruk. Sebagai contoh, peningkatan risiko cacat lahir dan beberapa jenis kanker pada populasi yang tinggal di dekat lokasi TPA. Bukti ilmiah tentang efek kesehatan yang merugikan dari tempat pembuangan sampah digambarkan sebagai buruk atau tidak memadai. Organisasi Kesehatan Dunia pernah menerbitkan temuan

dari dua lokakarya, yang pertama tentang efek kesehatan dari tempat pembuangan sampah dan yang kedua pada efek kesehatan dari tempat pembuangan sampah dan pembakaran. Dalam kedua kasus, kesimpulan utama adalah bahwa bukti yang menghubungkan tempat pembuangan sampah dan insinerator dengan masalah kesehatan (terutama kanker, hasil reproduksi, dan kematian) tidak memadai.

2. Pembakaran

Insinerator berpotensi mengeluarkan sejumlah polutan. Perhatian utama tentang insinerator adalah emisi dari sekelompok senyawa organik persisten yang dikenal sebagai "dioksin", lebih khusus lagi *dibenzo-P-dioksin* (PCDD), *polychlorinated dibenzofurans* (PCDFs), dan *polychlorinated biphenyls* (PCBs). PCDD dan PCDF dihasilkan melalui proses pembakaran, dan sebagian besar oleh pembakaran tidak sempurna dari sampah kota, limbah medis, limbah rumah tangga, oleh kebakaran hutan, dengan membakar kayu dan batu bara, selama pembuatan pestisida dan bahan kimia lainnya, asap rokok serta knalpot mobil. Zat-zat ini cukup tahan terhadap biodegradasi, mereka terakumulasi dalam makanan (produk susu, telur, ikan, lemak hewani), dan dianggap beracun. Zat beracun (karsinogenik), menurut Badan Internasional untuk Penelitian Kanker (IARC), adalah 2,3,7,8-tetraklorodibenzo-P-dioxin (TCDD), berdasarkan percobaan laboratorium pada hewan dan studi kohort kelompok yang tinggal di kawasan industri.

Toksisitas dioksin ditunjukkan dalam satuan *Toxicity Equivalent Factor* (TEF). TEF TCDD (paling

beracun) dinilai sebagai 1, dan yang lainnya kurang dari 1. Dengan asumsi bahwa efek berbagai dioksin adalah aditif, nilai TEF setiap dioksin dikalikan dengan konsentrasinya dan jumlah ekivalen toksik akhir diperoleh, *International Toxic Equivalent Quantity* (I-TEQ). Meskipun ada beberapa ketidakpastian baik karena kurangnya data atau kualitas yang buruk dari beberapa data asli yang dimasukkan dalam penelitian, karya ini menunjukkan komplikasi yang dihadapi oleh peneliti dampak kesehatan karena berbagai sumber potensial, dan beberapa kemungkinan penyebabnya.

Penyakit yang sering diselidiki dalam studi epidemiologi di sekitar insinerator limbah padat adalah limfoma non-Hodgkin dan sarkoma jaringan lunak. Banyak penelitian telah dilakukan, khususnya di Perancis, negara dengan jumlah insinerator terbesar di Uni Eropa. Contohnya adalah penyelidikan di sekitar insinerator Besançon, dan sekitar 13 insinerator Prancis lainnya. Fasilitas ini bertanggung jawab atas emisi dioksin yang tinggi. Meskipun hubungan antara limfoma non-Hodgkin dan paparan (berdasarkan tempat tinggal dan tingkat tanah dioksin) terhadap dioksin yang dipancarkan oleh insinerator limbah padat kota ditemukan, kekuatan hubungan ini lemah, hasil ini tidak dapat diekstrapolasi ke insinerator rendah emisi modern dan bahwa polutan lain (misalnya hidrokarbon aromatik polisiklik, logam berat) yang dipancarkan oleh insinerator mungkin juga bertanggung jawab atas kanker pada populasi yang terpapar.

3. Pengolahan limbah dan penyebaran lahan

Sejumlah makalah berfokus pada efek kesehatan dari air mandi yang tercemar bakteri yang berasal dari limbah yang dikeluarkan dari pabrik pengolahan limbah. Mereka melaporkan bukti yang meyakinkan tentang risiko tinggi peningkatan gejala (kebanyakan masalah pencernaan, tetapi juga gejala pernapasan dan telinga dan mata) terkait dengan patogen yang dilepaskan ke badan air, meskipun ada banyak kontroversi tentang penyebab sebenarnya dari penyakit ini (yaitu virus).

Kotoran hewan, lumpur dan kompos (terutama kompos yang berasal dari pengolahan kotoran) mungkin mengandung sejumlah besar patogen seperti *Salmonella*, *Campylobacter*, *Escherichia coli*, *Giardia* dan *Cryptosporidium* virus. Di Inggris, peningkatan besar dalam kasus keracunan makanan yang dilaporkan diduga karena adanya *E. coli* dalam limbah organik yang diaplikasikan pada tanah pertanian. Risiko terhadap kesehatan manusia muncul pada tahap penyebaran (sebagai bioaerosol), tetapi juga sebagai akibat dari kontaminasi bakteri dan virus pada air permukaan. Insiden kontaminasi air tawar dan air laut di berbagai belahan dunia telah dikaitkan dengan pembuangan dari instalasi pengolahan limbah dan sebagai akibat dari aplikasi pupuk kandang.

4. Pengomposan

Sebagian besar limbah rumah tangga dan limbah hijau yang dikomposkan diolah dengan sistem terbuka, meskipun ada pergeseran bertahap menuju sistem

pabrik. Penyakit pernapasan dapat disebabkan oleh paparan debu dan bakteri, jamur, actinomycetes, endotoksin yang dilepaskan di fasilitas pengomposan. Beberapa penelitian menemukan dampak kesehatan pada penduduk yang tinggal di dekat fasilitas pengomposan. Definisi jarak penyangga yang aman masih terhambat oleh terbatasnya pengetahuan tentang bahaya yang terkait dengan bioaerosol, dan hubungan dosis-respons.

5. Pengelolaan limbah radioaktif

Di Eropa, sebagian besar kasus leukemia telah dilaporkan pada anak-anak yang tinggal di dekat pembangkit listrik tenaga nuklir atau fasilitas pemrosesan ulang nuklir. Studi-studi ini tidak menghasilkan bukti konklusif tentang hubungan antara tempat tinggal di dekat lokasi nuklir dan efek kesehatan yang merugikan. Kejadian leukemia dan limfoma di kalangan anak muda di dekat pembangkit listrik tenaga nuklir Sellafield di Inggris menimbulkan beberapa kekhawatiran, tetapi penyelidikan sampai pada kesimpulan bahwa tidak ada dasar statistik yang valid untuk hubungan sebab-akibat seperti itu. Studi kohort retrospektif terbesar yang dilakukan pada 598.068 pekerja (90% laki-laki) di industri nuklir di 15 negara menyimpulkan bahwa ada sedikit kelebihan risiko kanker untuk dosis kumulatif 100 mSv (90% pekerja menerima dosis kumulatif kurang dari 50 mSv, 5 % menerima lebih dari 100 mSv, dan kurang dari 0,1% menerima dosis kumulatif lebih dari 500 mSv), setara dengan 1-2% kematian akibat kanker dari radiasi.

6. Pengelolaan limbah, pertimbangan kesehatan dan keselamatan kerja

Kinerja kesehatan dan keselamatan industri pengelolaan limbah kemungkinan akan sangat bervariasi di seluruh dunia, dengan perbedaan besar antara negara maju dan negara berkembang. Di negara maju, perlindungan pekerja dan langkah-langkah kesehatan dan keselamatan telah secara substansial mengurangi kemungkinan kecelakaan fatal atau besar. Di Inggris, sekitar 160.000 pekerja dipekerjakan di sektor pengelolaan limbah, dan total sekitar 3800-4300 kecelakaan dilaporkan setiap tahun. Tingkat kecelakaan cedera fatal adalah sekitar 10 per 100.000 dan tingkat cedera utama adalah sekitar 330 per 100.000 pekerja, dengan sebagian besar kecelakaan (cedera penanganan/keseleo, tertabrak kendaraan pengumpul sampah) terjadi selama pengumpulan dan pembongkaran sampah.

Studi epidemiologis tentang dampak daur ulang terhadap kesehatan kerja sangat jarang. Mengingat tingkat daur ulang yang meningkat di banyak negara maju dan berkembang, penelitian di bidang ini sangat diperlukan. Di negara berkembang, masalah utama terkait dengan infeksi dan cedera akibat daur ulang (pemulungan) yang tidak diatur di tempat pembuangan terbuka.

7. Pengelolaan limbah, epidemiologi dan biomarker

Jumlah total toksikan yang terpapar pada seseorang tidak selalu berkorelasi langsung dengan kemungkinan efek samping. Bahkan jika dosis efektif diketahui,

individu cenderung bereaksi berbeda tergantung pada usia, jenis kelamin, dan kerentanan genetik. Kehadiran zat beracun dalam air tanah atau air permukaan yang terkontaminasi dari TPA yang dioperasikan dengan buruk tidak selalu berarti paparan pada air minum penduduk di wilayah tersebut bukan bersumber dari tempat lain. Ini menyoroti kelemahan penyelidikan epidemiologi yang mendasarkan hubungan dosis-respons pada data paparan emisi dengan titik sumber.

Epidemiologi biomarker telah mengembangkan pendekatan baru yang penting untuk penilaian kesehatan lingkungan dalam penelitian epidemiologi. Biomarker adalah parameter atau indeks biologis yang dapat digunakan untuk mengukur paparan dosis efektif zat beracun dan efek sampingnya pada tingkat seluler atau molekuler. Biomarker dapat secara luas diklasifikasikan menjadi tiga kelompok, meskipun ada beberapa tumpang tindih antara ini: (i) biomarker paparan, (ii) biomarker efek kesehatan (hasil), dan (iii) biomarker kerentanan.

Biomarker paparan dapat berupa zat xenobiotik atau metabolit yang terdapat dalam tubuh manusia, atau zat yang dihasilkan dari interaksi antara xenobiotik atau metabolit dengan zat lain yang ada di dalam tubuh. Konsentrasi mereka biasanya ditentukan dalam darah, serum, urin, gigi, dan jaringan adiposa, tetapi biomarker napas juga dapat disertakan. Biomarker paparan juga merupakan perubahan seluler, molekuler atau DNA, dan variasi gen yang diwariskan yang dihasilkan dari paparan zat beracun. Biomarker paparan memungkinkan

perkiraan jumlah agen toksik yang diserap oleh setiap individu.

Biomarker efek kesehatan adalah indikator fungsi abnormal tubuh atau organ tertentu sebagai akibat dari paparan zat tertentu (biomarker spesifik) atau sekelompok zat (biomarker non-spesifik). Mereka memungkinkan penilaian dampak (permanen atau reversibel) dari racun yang diserap. Biomarker kerentanan adalah parameter (fisik, kimia, genetik) yang dapat membuat seseorang lebih sensitif terhadap zat beracun dan meningkatkan risiko kesehatan yang timbul dari paparan. Misalnya, polimorfisme nukleotida tunggal (SNPs) adalah variasi gen yang diwariskan yang dapat meningkatkan atau mengurangi kerentanan penyakit setelah paparan lingkungan.

Biomarker memungkinkan deteksi dini (pada tingkat seluler atau molekuler) dari perubahan patologi yang terkait dengan paparan bahan kimia dan radiasi. Kegunaan, kelemahan, dan penerapan biomarker pada epidemiologi lingkungan dan pekerjaan dapat ditemukan di banyak publikasi. Beberapa contoh penerapan biomarker dalam epidemiologi lingkungan dan pekerjaan disebutkan di sini. Sayangnya, pencarian literatur tidak memberikan banyak contoh penggunaan biomarker untuk menilai efek paparan masyarakat umum terhadap emisi dari fasilitas pengelolaan limbah padat kota.

Penentuan biomarker kerusakan genotoksik (misalnya penyimpangan kromosom pada limfosit) dan indeks proliferasi sel dapat digunakan untuk deteksi dini

hubungan antara paparan limbah berbahaya dan kerusakan/ perubahan DNA. Kemungkinan akan lebih sulit untuk menemukan efek genotoksik pada populasi penduduk lokal, meskipun mungkin dapat digunakan untuk mendeteksi respon perbaikan DNA abnormal dibandingkan dengan sel-sel dari populasi kontrol. Hal ini ditunjukkan dalam sebuah studi kasus, penduduk yang terpapar limbah dari penambangan dan penggilingan uranium, isotop radiogenik digunakan sebagai biomarker paparan, yaitu ^{238}U Rasio isotop U dan Pb dalam sampel tanah.

Biomarker disfungsi ginjal berkorelasi positif dengan kadar Pb dalam darah remaja yang tinggal di dekat pabrik peleburan Pb. Dalam studi yang sama, biomarker kerusakan DNA berkorelasi positif dengan metabolit urin dari hidrokarbon aromatik polisiklik (PAH) dan senyawa organik volatil (VOC). menggunakan metabolit urin 1-hydroxypyrene (1-OHP) untuk menilai paparan PAH. Konsentrasi 1-OHP pada kelompok yang terpapar adalah 0,28 $\mu\text{mol/mol}$ kreatinin, dan 0,078 $\mu\text{mol/mol}$ kreatinin pada kelompok yang tidak terpapar (kontrol).

Biomarker memungkinkan peneliti untuk mendeteksi paparan berlebihan dan perubahan pada tingkat seluler atau molekuler sebelum hasil potensial mencapai tahap klinis. Oleh karena itu, tindakan pencegahan yang tepat waktu dan memadai untuk mengurangi kemungkinan risiko menjadi mungkin dilakukan.

H. Kesimpulan

Bukti epidemiologi yang ada menghubungkan pengelolaan limbah dan kesehatan manusia cukup kontroversial. Sebagian besar penelitian menyelidiki dampak kesehatan dari fasilitas pengelolaan limbah jenis lama, terutama dalam kasus insinerator. Ada sangat sedikit data tentang paparan langsung pada manusia, dan sebagian besar penelitian menggunakan pengganti seperti informasi tempat tinggal, dengan penelitian terbaru termasuk data tentang jalur paparan potensial (misalnya konsentrasi polutan di tanah, model paparan atmosfer). Faktor perancu belum cukup dikendalikan dalam banyak penelitian, terutama deprivasi sosial dan paparan sumber lain daripada yang diselidiki.

Dalam kasus tempat pembuangan sampah, hubungan terkuat dengan kesehatan manusia adalah untuk malformasi kongenital. Pembakaran sering dilaporkan terkait dengan peningkatan risiko pengembangan limfoma dan sarkoma non-Hodgkin. Dosis-respon dioksin serum menunjukkan bahwa jalur asupan utama zat-zat ini bukanlah inhalasi tetapi makanan. Beberapa penelitian tersedia pada insinerator generasi baru yang dilengkapi dengan teknologi pengurangan emisi modern.

Soal Latihan

1. Dilaporkan peningkatan insidensi anak-anak menderita leukemia akibat menjadi korban penanganan limbah yang tidak memenuhi standar. Apakah jenis limbah yang dapat menyebabkan penyakit di atas?
A. Limbah radioaktif
B. TPA
C. Pengomposan
D. Pengolahan dan penyebaran lahan
E. Pembakaran
2. Limbah padat merupakan sebagai sisa kegiatan sehari-hari manusia dan/atau proses alam yang berbentuk padat. Dimanakah definisi tersebut dicantumkan?
A. SNI 19-2454-2002
B. UU Nomor 08 Tahun 2008
C. UU Nomor 18 Tahun 2008
D. UU Nomor 28 Tahun 2008
E. UU Nomor 18 Tahun 2018
3. Pemerintah telah menetapkan standar pengelolaan limbah dalam AMDAL. Apa kepanjangan dari istilah tersebut?
A. Analisis Mengenai Dampak Alam Liar
B. Analisis Mengenai Dampak Lingkungan
C. Analisis Mengenai Dampak Alam dan Lingkungan
D. Analisis Masalah Dampak Lingkungan
E. Analisis Mengenai Dampak Lingkungan dan Alam
4. Pemerintah telah menetapkan standar pengelolaan limbah dalam AMDAL. Apakah tujuannya?
A. Meningkatkan produktivitas
B. Menjaga dan meningkatkan kualitas lingkungan
C. Mencegah timbulnya kerugian pengusaha
D. Membuka lapangan kerja
E. Meningkatkan pendapatan masyarakat
5. Setiap kegiatan manusia yang tidak dikelola dengan baik akan menghasilkan pencemaran lingkungan. Jenis kegiatan apa yang dapat menimbulkan pencemaran air, udara, tanah, gangguan kebisingan, bau, dan getaran sekaligus?
A. Kehutanan
B. Kesehatan
C. Perhubungan
D. Perindustrian
E. Perikanan
6. Kegiatan manusia yang tidak terkendali menyebabkan efek rumah kaca. Bagaimana cara mencegahnya?
A. Membakar sampah
B. Mendaur ulang sampah
C. Mengurangi tanaman pohon
D. Mengurangi kendaraan bermotor
E. Menebang pohon

7. Proses pembakaran yang tidak sempurna oleh sampah kota, limbah medis, limbah rumah tangga, kebakaran hutan, asap tembakau dan knalpot akan menghasilkan senyawa organik yang merupakan kontaminan. Apakah nama senyawa kontaminan tersebut?
- A. PCDD dan PCDF
 - B. TCDD
 - C. MSW
 - D. TEF
 - E. PCBs
8. Badan Internasional telah merumuskan klasifikasi senyawa kimia yang dapat meracuni lingkungan. Apakah senyawa kimia yang paling beracun tersebut?
- A. TEF
 - B. TCDD
 - C. TEF dan TCDD
 - D. PCBs
 - E. PCDF
9. Hasil studi epidemiologi penyakit telah mendefinisikan berbagai penyakit akibat insinerator MSW. Apakah contoh penyakit yang paling banyak?
- A. Limfoma Hodgkin
 - B. Kanker Paru
 - C. Limfoma non-Hodgkin dan Sarkoma
 - D. Leukemia limfositik kronis

E. DBD

10. Paparan utama senyawa kimia PCDD dan PCDF dapat dilakukan melalui beberapa cara kontaminasi. Apakah contoh paparan utama kontaminasi senyawa kimia di atas?
- A. Air minum, produk susu, dan telur
 - B. Makanan laut, produk susu, lemak hewani dan telur.
 - C. radioaktif
 - D. Kotoran hewan, kompos
 - E. Virus dan bakteri
11. Limbah padat kering menghasilkan metallic rubbish. Apakah contoh dari limbah padat kering tersebut?
- A. Besi tua dan kaleng bekas
 - B. Kaca, mika, dan keramik
 - C. daun-daunan, tulang, sisa makanan, sayuran, buah-buahan
 - D. kaleng, plastik, besi, logam-logam
 - E. Kain, kardus
12. Program SDG's merupakan suatu program kesehatan yang dicanangkan pemerintah untuk meningkatkan derajat kesehatan masyarakat dan kelanjutan dari program MDG's ini terdiri atas beberapa tujuan salah satunya yaitu menjamin ketersediaan dan pengelolaan air serta sanitasi yang berkelanjutan bagi semua orang. Goals SDG's ke

berapakah yang terkait dengan air dan sanitasi yang berkelanjutan?

- A. 5
- B. 6
- C. 7
- D. 8
- E. 9

13. Fasilitas sanitasi seperti air bersih, pembuangan limbah air, jamban keluarga, pengolahan sampah, dan pengendalian vektor harus tersedia dalam rumah. Apakah persyaratan jamban keluarga yang sesuai standar?

- A. Tersedia air bersih yang cukup, tidak bau, cukup ventilasi, selalu dalam keadaan bersih
- B. Tersedia air yang cukup, cukup ventilasi, selalu dalam keadaan bersih dan ada *grease trap*
- C. Tersedia air yang cukup, cukup ventilasi, selalu dalam keadaan bersih dan tidak terang
- D. Tersedia air yang cukup, cukup ventilasi, selalu dalam keadaan bersih dan di dalam ruang tamu
- E. Tersedia air yang cukup, tidak bau, cukup ventilasi, bersih dan lembab

14. Dalam konteks pembangunan sanitasi, diperlukan perubahan sikap dan perilaku masyarakat terhadap sanitasi yang selama ini dianggap bukan prioritas. Pemerintah Indonesia berusaha mewujudkan hal ini dengan membuat suatu program berupa pendekatan yang menekankan pada perubahan

perilaku hidup bersih dan sehat dengan melibatkan masyarakat sebagai subjek pembangunan yang berperan aktif dalam proses pengambilan keputusan. Apakah program pemerintah yang sesuai dengan pembangunan sanitasi?

- A. Perilaku Hidup Bersih dan Sehat (PHBS)
- B. Kesehatan lingkungan
- C. Pemberantasan Sarang Nyamuk (PSN)
- D. Pencegahan dan Pemberantasan Penyakit Menular (P3M)
- E. Sanitasi Total Berbasis Masyarakat (STBM)

15. Sanitasi Total Berbasis Masyarakat (STBM) merupakan pendekatan untuk merubah perilaku hygiene dan sanitasi. Apakah salah satu pilar dari Sanitasi Total Berbasis Masyarakat (STBM)?

- A. Stop Buang Air Besar Sembarangan (STOP BABS)
- B. Menggunakan masker
- C. Makan makanan bergizi
- D. Menjaga jarak
- E. Perilaku Hidup Bersih dan Sehat (PHBS)

Daftar Pustaka

1. Fazzo L, Minichilli F, Santoro M, *et al.* Hazardous waste and health impact: a systematic review of the scientific literature. *Environ Health* **16**, 107 (2017). <https://doi.org/10.1186/s12940-017-0311-8>
2. Ferronato N, Torretta V. Waste mismanagement in developing countries: a review of global issues. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2019; 16(6):1060. <https://doi.org/10.3390/ijerph16061060>
3. Yang H, Ma M, Thompson JR, *et al.* Waste management, informal recycling, environmental pollution and public health. *J Epidemiol Community Health* 2018;**72**:237-243
4. Srivastava, Ruchi. "solid waste management and its impact on the environment." *Handbook of Research on Environmental and Human Health Impacts of Plastic Pollution*, edited by Khursheed Ahmad Wani, et al., IGI Global, 2020, pp. 389-400. <http://doi:10.4018/978-1-5225-9452-9.ch019>
5. Gutberlet, J., & Uddin, S. M. N. (2017). Household waste and health risks affecting waste pickers and the environment in low-and middle-income countries. *International journal of occupational and environmental health*, 23(4), 299-310
6. de Titto, E., & Savino, A. (2019). Environmental and health risks related to waste incineration. *Waste Management & Research*, 37(10), 976-986

BAB IV

SANITASI MAKANAN

A. TIU:

1. Pada akhir bab ini mahasiswa diharapkan dapat menjelaskan tentang makanan sehat dan menghindari makanan dari pencemaran

B. TIK:

1. Menjelaskan definisi makanan sehat
2. Menjelaskan tujuan pengolahan makanan sehat
3. Menjelaskan pengolahan makan sehat
4. Menjelaskan cara mencegah makanan tercemar COVID-19

C. Definisi Makanan Sehat

Sanitasi makanan didefinisikan sebagai suatu pencegahan yang menitikberatkan pada kegiatan dan tindakan yang perlu untuk membebaskan makanan dan minuman dari segala bahaya yang merusak kesehatan mulai dari sebelum makanan itu siap di konsumsi. Sanitasi menitikberatkan pada faktor lingkungan sedangkan *hygiene* pada usaha kebersihan individu. *Hygiene* sanitasi makanan adalah upaya kesehatan dan kebersihan untuk mengendalikan faktor makanan, orang, tempat, dan perlengkapannya yang dapat menimbulkan penyakit/ gangguan kesehatan atau keracunan makanan.

Makanan yang sehat yaitu makanan yang di dalamnya terkandung zat-zat gizi. Sedangkan zat gizi itu sendiri adalah zat-zat yang dibutuhkan oleh tubuh. Zat-zat gizi tersebut yaitu karbohidrat, protein dan lemak, juga vitamin dan mineral yang sangat banyak manfaatnya yaitu:

- 1) Karbohidrat merupakan sumber energi utama dalam kebanyakan makanan kita. Karbohidrat yang kita konsumsi dapat berupa zat pati dan zat gula. Karbohidrat yang terdapat pada sereal dan umbi-umbian biasa disebut zat pati. Sedangkan yang berasal dari gula pasir (sukrosa), sirup, madu dan gula dari buah-buahan disebut zat gula.
- 2) Protein dapat berasal dari hewan maupun tumbuhan (nabati). Di dalam tubuh banyak sekali manfaat protein ini. Di antaranya untuk pembentukan sel-sel tubuh, memperbaiki sel-sel yang rusak, dapat dipecah untuk menghasilkan energi dan sebagainya. Agar dapat diperoleh kandungan protein yang lengkap, maka perlu untuk mengkombinasikan sumber pangan, dari bahan hewani dan nabati. Kebutuhan protein untuk orang dewasa untuk diet barat menurut *FAO/WHO* sekitar 0,8 g/kg berat badan. Untuk orang Indonesia dewasa diperkirakan sekitar 0,9 g/kg berat badan (Puslitbang Gizi). Bahan makanan yang banyak mengandung protein misalnya telur, susu sapi, daging sapi, ayam, kedelai, dan lain-lain.
- 3) Lemak merupakan bahan pangan berenergi tinggi karena setiap gramnya memberi lebih banyak

energi daripada karbohidrat atau protein. Lemak merupakan cadangan energi yang disimpan dalam jaringan adiposa.

- 4) Vitamin merupakan zat-zat gizi yang dibutuhkan dalam jumlah sangat sedikit. Vitamin-vitamin tersebut esensial dalam arti tidak dapat disintesis oleh jaringan tubuh manusia semuanya atau dalam jumlah yang cukup untuk memenuhi kebutuhan dalam kondisi normal. Berdasarkan kelarutannya, vitamin dibagi menjadi dua. Yaitu vitamin yang larut dalam air (vitamin B dan C) dan yang larut dalam lemak (vitamin A, D, E, K) Contoh-contoh bahan makanan yang mengandung vitamin tsb di antaranya:
 - Vitamin B misalnya kacang, telur, biji-bijian, hati, dll
 - Vitamin C misalnya jeruk, tomat, kubis, buah-buahan, dll
 - Vitamin A misalnya wortel, hati, minyak ikan, dll
 - Vitamin D misalnya minyak ikan, telur
 - Vitamin E misalnya sayur-sayuran hijau, minyak, dll
 - Vitamin K misalnya daun hijau, sayur-sayuran, keju, kuning telur.
- 5) Mineral juga merupakan unsur yang diperlukan tubuh. Mineral yang dibutuhkan tubuh secara umum dapat dibagi menjadi dua, yaitu makro mineral dan mikro mineral. Makro mineral yang dibutuhkan oleh tubuh yaitu Ca, P (phospor), S (belerang), K (kalium), Na (natrium), Cl (chlor) dan Mg (magnesium). Banyak didapatkan dari keju,

kerang-kerangan, garam meja, kacang-kacangan , dll. Sedangkan mikromineral yang dibutuhkan tubuh misalnya Fe, Flour, Zn (seng), Si (silicon), dll. Namun di antara mikro mineral tersebut, Fe adalah mikromineral yang paling banyak dalam tubuh manusia.

- 6) Air bukan merupakan salah satu zat gizi. Namun sangat dibutuhkan oleh tubuh. Sekitar 70% komponen massa tubuh orang dewasa adalah air. Karena itu usahakan untuk mengkonsumsi air 2-2,5 liter per hari untuk orang dewasa.
- 7) Zat nabati sekunder atau fungsional. Sekarang ini telah diketahui bahwa di samping zat-zat makanan yang telah diulas di atas terdapat pula zat-zat lainnya di dalam bahan makanan nabati (asal dari tanaman) yang tidak mempunyai sifat sebagai zat gizi, namun sangat diperlukan oleh tubuh karena mengkondisikan tubuh untuk terhindar dari berbagai macam penyakit. Kelompok zat ini dinamakan zat nabati sekunder atau fungsional dan terdapat terutama pada buah dan sayur. Zat-zat sekunder ini jumlahnya kecil sekali, namun sudah cukup untuk menghasilkan efek positif yang sangat besar terhadap kesehatan. Di samping sebagai sumber zat nabati fungsional, bahan pangan nabati juga mengandung serat kasar yang meskipun tidak menyumbang energi namun mutlak diperlukan untuk proses pencernaan. Serat kasar akan dikeluarkan kembali oleh tubuh dalam bentuk feses (kotoran) saat buang air besar. Jadi, makanan kita

hendaknya tidak hanya mengenyangkan dan mendatangkan energi, namun juga mengandung zat-zat gizi lengkap sesuai kebutuhan tubuh serta zat nabati fungsional dan serat.

D. Tujuan Pengolahan Makanan Sehat

Higiene adalah upaya kesehatan dengan cara memelihara dan melindungi kebersihan subyeknya seperti kebersihan piring, membuang bagian makanan yang rusak untuk melindungi keutuhan makanan secara keseluruhan. Sanitasi makanan adalah salah satu usaha pencegahan yang menitikberatkan kegiatan dan tindakan yang perlu untuk membebaskan makanan dan minuman dari segala bahaya yang dapat mengganggu atau merusak kesehatan, mulai dari sebelum makanan diproduksi, selama dalam proses pengolahan, penyimpanan, pengangkutan, sampai pada saat dimana makanan dan minuman tersebut siap untuk dikonsumsi masyarakat atau konsumen.

Tujuan pengolahan bahan makanan adalah agar terciptanya makanan yang memenuhi syarat kesehatan, mempunyai cita rasa yang sesuai serta mempunyai bentuk yang merangsang selera. Tujuan pengolahan makanan juga agar Diperolehnya makanan yang sehat, aman dan diterima oleh masyarakat, sehingga terjamin :

- 1) Kenyamanan dan kepuasan masyarakat/konsumen
- 2) Menjamin keamanan dan kebersihan makanan
- 3) Pertumbuhan jiwa dan fisik yang produktif
- 4) Mencegah penularan wabah penyakit

- 5) Mencegah beredarnya produk makanan yang merugikan masyarakat
- 6) Mengurangi tingkat kerusakan atau pembusukan pada makanan.

E. Pengolahan Makanan Yang Aman

Cara pengolahan makanan yang baik adalah tidak terjadinya kerusakan-kerusakan makanan sebagai akibat cara pengolahan makanan yang salah dan mengikuti kaidah atau prinsip-prinsip higiene dan sanitasi yang baik atau disebut *GMP (Good Manufacturing Practice)*.

6 prinsip yang harus diperhatikan dalam pengolahan makanan:

- 1) P1 = pemilihan bahan makanan
 - 2) P2 = penyimpanan bahan makanan
 - 3) P3 = pengolahan makanan
 - 4) P4 = penyimpan makanan masak
 - 5) P5 = pengangkutan makanan masak, siap saji
 - 6) P6 = penyajian makanan masak
1. Pemilihan bahan makanan (P1)
 - 1) Bahan makanan dibedakan: bahan makanan mentah (segar), makanan terolah (pabrikan), makanan siap santap.
 - 2) Ciri -ciri bahan makanan mentah yang baik:
 - a) daging, susu, telur, ikan/udang, buah dan sayuran harus dalam keadaan baik, segar dan tidak rusak atau berubah bentuk, warna dan rasa, serta sebaiknya berasal dari tempat resmi yang diawasi.

- b) jenis tepung dan biji-bijian harus dalam keadaan baik, tidak berubah warna, tidak bernoda dan tidak berjamur.
- c) makanan fermentasi yaitu makanan yang diolah dengan bantuan mikroba seperti ragi atau cendawan, harus dalam keadaan baik, tercium aroma fermentasi, tidak berubah warna, aroma, rasa serta tidak bernoda dan tidak berjamur.

2. Penyimpanan bahan makanan (P2)
 - 1) Tempat penyimpanan bahan makanan harus terhindar dari kemungkinan kontaminasi baik oleh bakteri, serangga, tikus dan hewan lainnya maupun bahan berbahaya.
 - 2) Penyimpanan harus memperhatikan prinsip first in first out (FIFO) dan first expired first out (FEFO) yaitu bahan makanan yang disimpan terlebih dahulu dan yang mendekati masa kadaluarsa dimanfaatkan/digunakan lebih dahulu.
 - 3) Tempat atau wadah penyimpanan harus sesuai dengan jenis bahan makanan contohnya bahan makanan yang cepat rusak disimpan dalam lemari pendingin dan bahan makanan kering disimpan ditempat yang kering dan tidak lembab
3. Pengolahan makanan (P3)

Pengolahan makanan adalah proses pengubahan bentuk dari bahan mentah menjadi makanan jadi/masak

atau siap santap, dengan memperhatikan kaidah cara pengolahan makanan yang baik yaitu:

- 1) Tempat pengolahan makanan atau dapur harus memenuhi persyaratan teknis higiene sanitasi untuk mencegah risiko pencemaran terhadap makanan dan dapat mencegah masuknya lalat, kecoa, tikus dan hewan lainnya.
- 2) Peracikan bahan, persiapan bumbu, persiapan pengolahan dan prioritas dalam memasak harus dilakukan sesuai tahapan dan harus higienis dan semua bahan yang siap dimasak harus dicuci dengan air mengalir.
- 3) Wadah penyimpanan makanan
 - a) Wadah yang digunakan harus mempunyai tutup yang dapat menutup sempurna dan dapat mengeluarkan udara panas dari makanan untuk mencegah pengembunan (kondensasi).
 - b) Terpisah untuk setiap jenis makanan, makanan jadi/masak serta makanan basah dan kering
4. Penyimpanan makanan jadi/masak (P4)
 - 1) Penyimpanan harus memperhatikan prinsip first in first out (FIFO) dan first expired first out (FEFO) yaitu makanan yang disimpan terlebih dahulu dan yang mendekati masa kadaluwarsa dikonsumsi lebih dahulu.
 - 2) Tempat atau wadah penyimpanan harus terpisah untuk setiap jenis makanan jadi dan mempunyai tutup yang dapat menutup sempurna tetapi berventilasi yang dapat mengeluarkan uap air.

- 3) Makanan jadi tidak dicampur dengan bahan makanan mentah.

5. Pengangkutan makanan (P5)
 - 1) Tidak bercampur dengan bahan berbahaya dan beracun (B3).
 - 2) Menggunakan kendaraan khusus pengangkut bahan makanan yang higienis.
 - 3) Bahan makanan tidak boleh diinjak, dibanting dan diduduki.
 - 4) Bahan makanan yang selama pengangkutan harus selalu dalam keadaan dingin, diangkut dengan menggunakan alat pendingin sehingga bahan makanan tidak rusak seperti daging, susu cair dan sebagainya.
 - 5) Pengangkutan makanan jadi/masak/siap santap.
 - a) Tidak bercampur dengan bahan berbahaya dan beracun (B3).
 - b) Menggunakan kendaraan khusus pengangkut makanan jadi/masak dan harus selalu higienis.
 - c) Setiap jenis makanan jadi mempunyai wadah masing-masing dan tertutup.
 - d) Wadah harus utuh, kuat, tidak karat dan ukurannya memadai dengan jumlah makanan yang akan ditempatkan.
 - e) Isi tidak boleh penuh untuk menghindari terjadi uap makanan yang mencair (kondensasi).
 - 6) Pengangkutan untuk waktu lama, suhu harus diperhatikan dan diatur agar makanan tetap

panas pada suhu 60 C atau tetap dingin pada suhu 40 C

6. Penyajian makanan (P6)

- 1) Makanan dinyatakan layak santap apabila telah dilakukan uji organoleptik, uji biologis, uji laboratorium dan dilakukan bila ada kecurigaan.
- 2) Uji organoleptik yaitu memeriksa makanan dengan cara meneliti dan menggunakan 5 (lima) indera manusia yaitu dengan melihat (penampilan), meraba (tekstur, keempukan), mencium (aroma), mendengar (bunyi misal telur), menjilat (rasa). Apabila secara organoleptik baik maka makanan dinyatakan laik santap.
- 3) Uji biologis yaitu dengan memakan makanan secara sempurna dan apabila dalam waktu 2 (dua) jam tidak terjadi tanda - tanda kesakitan, makanan tersebut dinyatakan aman. Uji laboratorium dilakukan untuk mengetahui tingkat cemaran makanan baik kimia maupun mikroba. Untuk pemeriksaan ini diperlukan sampel makanan yang diambil mengikuti standar/prosedur yang benar dan hasilnya dibandingkan dengan standar yang telah baku.
- 4) Makanan yang berasal dari tempat pengolahan makanan memerlukan pengangkutan makanan untuk disimpan dan disajikan. Pengangkutan makanan perlu mendapat perhatian agar tidak terjadi kontaminasi baik dari serangga, debu

maupun bakteri. Wadah yang dipergunakan harus utuh, kuat, dan tidak berkarat atau bocor. Pengangkutan untuk waktu yang lama harus diatur suhunya dalam keadaan panas 60°C atau tetap dingin 40°C.

- 5) Penyaji sopan serta selalu senantiasa menjaga kesehatan dan kebersihan pakaiannya, tangan penyaji tidak boleh kontak langsung dengan makanan yang disajikan.

Untuk meningkatkan mutu makanan, perlengkapan/sarana disarankan juga memenuhi syarat kesehatan, antara lain:

1. Mudah dibersihkan.
2. Harus terlindungi dari debu dan pencemar.
3. Tersedia tempat untuk :
 - a. Air bersih.
 - b. Penyimpanan bahan makanan.
 - c. Penyimpanan makanan jadi/siap.
 - d. Penyimpanan peralatan.
 - e. Tempat cuci (alat, tangan, bahan makanan).

F. Mencegah Makanan tercemar COVID-19

COVID-19 adalah penyakit pernapasan dan jalur penularan utamanya adalah melalui kontak orang-ke-orang dan melalui kontak langsung dengan tetesan pernapasan yang dihasilkan ketika orang yang terinfeksi batuk atau bersin. Penelitian terbaru mengevaluasi kelangsungan hidup virus COVID-19 pada permukaan yang berbeda dan melaporkan bahwa virus dapat bertahan hingga 72 jam pada plastik dan baja tahan karat,

hingga 4 jam pada tembaga, dan hingga 24 jam pada karton. Masalah yang paling penting adalah bagi staf untuk dapat mengenali gejala sejak dini sehingga mereka dapat mencari perawatan dan pengujian medis yang tepat, dan meminimalkan risiko menulari sesama pekerja.

Gejala umum COVID-19 termasuk:

- 1) Demam (suhu tinggi – 37,5 derajat Celcius atau lebih tinggi)
- 2) Batuk - ini bisa berupa batuk apa saja, tidak hanya batuk kering
- 3) Sesak napas
- 4) Kesulitan bernafas
- 5) Kelelahan

Staf yang tidak sehat atau memiliki gejala COVID-19 tidak boleh bekerja dan harus diberitahu tentang cara menghubungi profesional medis.

Praktik kebersihan staf yang baik meliputi:

- 1) Menyediakan APD seperti masker wajah, jaring rambut, sarung tangan sekali pakai, baju terusan bersih, dan sepatu kerja anti slip untuk staf.
- 2) Ruang kerja keluar, yang mungkin memerlukan pengurangan kecepatan jalur produksi.
- 3) Membatasi jumlah staf di area persiapan makanan pada satu waktu.
- 4) Mengatur staf ke dalam kelompok kerja atau tim untuk memfasilitasi interaksi yang berkurang antar kelompok.
- 5) Kebersihan tangan yang tepat – mencuci dengan sabun dan air setidaknya selama 20 detik.

- 6) Sering menggunakan pembersih tangan berbasis alkohol.
- 7) Kebersihan pernapasan yang baik (menutup mulut dan hidung saat batuk atau bersin; membuang tisu dan mencuci tangan).
- 8) Sering membersihkan/desinfeksi permukaan kerja dan titik sentuh seperti gagang pintu.
- 9) Menghindari kontak dekat dengan siapa pun yang menunjukkan gejala penyakit pernapasan seperti batuk dan bersin.

Efek potensial dari kegiatan produksi utama pada keamanan dan kesesuaian makanan harus selalu diperhatikan. Secara khusus, ini termasuk mengidentifikasi setiap titik-titik tertentu dalam kegiatan tersebut di mana kemungkinan besar kontaminasi mungkin ada dan mengambil tindakan khusus untuk meminimalkan kemungkinan itu.

Praktik keamanan pangan di tempat makanan harus terus disampaikan dengan standar kebersihan tertinggi meliputi:

1. kebersihan tangan yang tepat – mencuci dengan sabun dan air setidaknya selama 20 detik (ikuti saran *WHO*)
2. sering menggunakan pembersih tangan berbasis alkohol
3. kebersihan pernapasan yang baik (menutup mulut dan hidung saat batuk atau bersin; membuang tisu dan mencuci tangan)

4. sering membersihkan/desinfeksi permukaan kerja dan titik sentuh seperti gagang pintu
5. menghindari kontak dekat dengan siapa pun yang menunjukkan gejala penyakit pernapasan seperti batuk dan bersin.

Contoh langkah-langkah praktis untuk mematuhi panduan jarak fisik di lingkungan pemrosesan makanan adalah:

1. jalur pemrosesan masuk dan keluar dipisah sehingga pekerja makanan tidak saling berhadapan.
2. menyediakan APD seperti masker wajah, jaring rambut, sarung tangan sekali pakai, baju terusan bersih, dan sepatu kerja anti slip untuk staf. Penggunaan APD akan rutin dilakukan di area berisiko tinggi tempat makanan yang menghasilkan makanan siap saji dan dimasak. Ketika staf mengenakan APD, jarak antar pekerja dapat dikurangi.
3. ruang kerja keluar, yang mungkin memerlukan pengurangan kecepatan jalur produksi.
4. membatasi jumlah staf di area persiapan makanan pada satu waktu.
5. mengatur staf ke dalam kelompok kerja atau tim untuk memfasilitasi pengurangan interaksi antar kelompok.

G. Kesimpulan

Makanan yang sehat yaitu makanan yang di dalamnya terkandung zat-zat gizi. Sedangkan zat gizi itu sendiri adalah zat-zat yang dibutuhkan oleh tubuh. Zat-zat gizi tersebut yaitu karbohidrat, protein dan lemak. Tujuan pengolahan bahan makanan adalah agar terciptanya makanan yang memenuhi syarat kesehatan, mempunyai cita rasa yang sesuai serta mempunyai bentuk yang merangsang selera. Untuk meningkatkan mutu makanan, perlengkapan/sarana disarankan juga memenuhi syarat kesehatan, antara lain:

1. Mudah dibersihkan.
2. Harus terlindungi dari debu dan pencemar.
3. Tersedia tempat untuk :
 - a. Air bersih.
 - b. Penyimpanan bahan makanan.
 - c. Penyimpanan makanan jadi/siap.
 - d. Penyimpanan peralatan.
 - e. Tempat cuci (alat, tangan, bahan makanan).

Soal Latihan

1. Dalam proses pengolahan makanan, kita harus memilih bahan makanan yang sehat dan segar. Prinsip apakah yang terkait dengan pemilihan bahan dalam proses pengolahan makanan?
 - a. P1
 - b. P2
 - c. P3
 - d. P4
 - e. P5
2. COVID-19 adalah penyakit pernapasan dan jalur penularan utamanya adalah melalui kontak orang-ke-orang dan melalui kontak langsung dengan tetesan pernapasan yang dihasilkan ketika orang yang terinfeksi batuk atau bersin. Berapa lamakah virus ini dapat bertahan pada baja dan plastik?
 - a. 24 jam
 - b. 12 jam
 - c. 72 jam
 - d. 4 jam
 - e. 8 jam
3. Pengolahan makanan adalah proses pengubahan bentuk dari bahan mentah menjadi makanan jadi/masak atau siap santap, dengan memperhatikan kaidah cara pengolahan makanan yang baik. Syarat wadah untuk menyimpan makanan adalah
 - a. Mempunyai tutup yang dapat menutup sempurna dan dapat mengeluarkan udara panas dari makanan untuk mencegah pengembunan (kondensasi)
 - b. Terbuat dari plastik
 - c. Terbuat dari aluminium
 - d. Dapat menyerap panas
 - e. Kedap air
4. Proses pengubahan bentuk dari bahan mentah menjadi makanan jadi/masak atau siap santap, dengan memperhatikan kaidah cara pengolahan makanan yang baik merupakan pengertian dari:
 - a. Penyimpanan bahan makanan
 - b. Pemilihan bahan makanan
 - c. Pengolahan makanan
 - d. Penyimpanan makanan jadi
 - e. Pengangkutan makanan
5. Dalam proses pengolahan makanan, kita harus memilih bahan makanan yang sehat dan segar. Prinsip apakah yang terkait dengan pengangkutan makanan masak, siap saji?
 - a. P1
 - b. P2
 - c. P3
 - d. P4
 - e. P5

6. Untuk mengelola tampilan makanan terbuka secara higienis dan untuk menghindari penularan COVID-19 melalui kontak permukaan, pengecer makanan harus:
- Pertahankan seringnya mencuci dan membersihkan semua permukaan dan peralatan yang bersentuhan dengan makanan
 - Menyediakan toilet bersih
 - Ganti sarung tangan 1x sehari
 - Mencuci tangan dengan sabun hanya pada saat pertama kali datang
 - Mengharuskan pekerja layanan makanan untuk sering membersihkan toilet
7. Kehidupan yang bersih dan sehat merupakan kehidupan yang diinginkan semua orang. Penerapan kehidupan yang sehat salah satunya dapat memperhatikan pengelolaan makanan yang dimakan sehari-hari. Apakah hal yang perlu diperhatikan dalam pengelolaan makanan sehat dan aman berdasarkan prinsip pengelolaan makanan?
- makanan yang enak dan lezat
 - makanan dengan harga tinggi
 - Tempat pengolahan makanan atau dapur memenuhi persyaratan higiene
 - Tempat makanan yang mewah
 - semua benar

8. Indonesia menjadi salah satu negara yang terpapar covid19, dan angka masyarakat yang sudah terpapar covid19 cukup tinggi, sehingga masyarakat memiliki faktor resiko yang besar untuk penyebaran covid19. Salah satu hal untuk meminimalkan risiko penularan COVID-19 yaitu dengan mengidentifikasi titik kontak tinggi dan memastikannya dibersihkan dan didesinfeksi secara teratur, apakah contoh dari titik kontak tinggi sebagai penularan covid19 ?
- makanan
 - pakaian
 - gagang pintu
 - sarung tangan
 - perabotan rumah
9. Suatu usaha pencegahan penyakit yang menitikberatkan kegiatan pada usaha kesehatan lingkungan hidup manusia merupakan pengertian dari
- Hygiene
 - Sanitasi
 - Personal hygiene
 - Hygiene dapur
 - Kualitas hidup sehat

10. Ruang lingkup sanitasi meliputi aspek pengolahan makanan, dibawah ini hal-hal yang termasuk dalam pengolahan makanan dan minuman yaitu :
- Tenaga kerja, cara kerja, penyimpanan bahan baku.
 - Pengendalian serangga, peralatan pembuangan, ruang kerja
 - Pengadaan bahan baku, penyimpanan bahan baku, pengolahan makanan
 - Pengangkutan makanan, cara pemeliharaan, cara kerja
 - Peralatan, pembuangan, cara pengolahan, penyajian makanan

Daftar Pustaka

1. Frisca Siahaan R. Mengawal kesehatan keluarga melalui pemilihan dan pengolahan pangan yang tepat. *J Kel Sehat Sejah*. 2017;15(2):57-64. doi:10.24114/jkss.v15i2.8775
2. Atmoko TPH. Peningkatan higiene sanitasi sebagai upaya menjaga kualitas makanan dan kepuasan pelanggan di rumah makan dhamar palembang. *J Khasanah Ilmu*. 2017;8(1):1-9.
3. Interim P. COVID-19 dan keamanan pangan : panduan untuk otoritas yang berwenang atas sistem pengawasan keamanan pangan nasional. 2020;(April):1-5.
https://www.who.int/docs/default-source/searo/indonesia/covid19/covid-19-dan-keamanan-pangan.pdf?sfvrsn=88696ca0_2
4. *Food Hygiene Basic*.; 2009.
https://www.who.int/docs/default-source/searo/indonesia/covid19/covid-19-dan-keamanan-pangan.pdf?sfvrsn=88696ca0_2
5. Codex U. Critical preparedness, readiness and response actions for COVID-19: Interim guidance 19 March 2020 <https://www.who.int/publications-detail/critical-preparedness-readiness-and-response-actions-for-covid-19>
6. Isnadi, Y., Malaka, T., Dahlan, H., & Novrikasari, N. (2018). Food hygiene and sanitation in six food providers at University X, South Sumatra. *Kesmas: Jurnal Kesehatan Masyarakat Nasional (National Public Health Journal)*, 12(4), 194-201.

doi:<http://dx.doi.org/10.21109/kesmas.v12i4.1414>

7. Haryanti, D., & Suryaningsih, Y. (2021). Food safety knowledge of food sanitation hygiene practices in the era of pandemic COVID-19. *The Indonesian Journal of Health Science*, 13(1), 25-34. doi:<https://doi.org/10.32528/ijhs.v13i1.5292>

BAB V

JAMBAN DAN PENGOLAHAN LIMBAH CAIR

A. TIU :

Mahasiswa mampu menjelaskan pengelolaan limbah cair yang sesuai standar

B. TIK:

Mahasiswa mampu menjelaskan definisi jamban

C. Definisi

Toilet adalah fasilitas sanitasi untuk tempat buang air besar dan kecil, tempat cuci tangan dan muka, sedangkan toilet umum adalah sebuah ruangan yang bersih, aman, nyaman dan higienis yang dirancang khusus lengkap dengan kloset, persediaan air bersih dan perlengkapan lainnya, dimana masyarakat luas pada saat di tempat - tempat domestik, komersial maupun publik dapat membuang hajat serta memenuhi kebutuhan fisik maupun sosial dan psikologis lainnya. Jamban, merujuk tempat buang air; kakus; tandas. Struktur atas Jamban dapat berupa struktur yang berdiri sendiri, atau Jamban dapat ditempatkan di dalam bangunan (misalnya rumah

pribadi, sekolah, fasilitas perawatan kesehatan, tempat kerja atau tempat umum lainnya).

D. Standar Pengelolaan Toilet

Prinsip utama untuk pengelolaan toilet yang aman adalah berdasarkan dari desain, konstruksi, pengelolaan dan penggunaan yang diatur sedemikian rupa sehingga pengguna aman dan terhindar langsung dari kotoran, (misalnya dari permukaan yang kotor) dan kontak pasif (misalnya melalui lalat atau vektor lainnya).

Toilet harus terjaga kebersihannya melalui pembersihan yang baik (yang menghilangkan bahan feses dan patogen), sehingga risiko bagi pengguna diminimalkan. Mereka yang bertanggung jawab untuk pembersihan dan pemeliharaan toilet harus melakukannya dengan menggunakan metode dan peralatan yang melindungi mereka dari bahaya

Desain toilet yang baik harus:

- 1) Mengikuti desain teknologi yang lebih modern yang membuat tangan lebih higienis dan tidak terkontaminasi langsung dengan kotoran contoh penggunaan sensor
- 2) Kompatibel dengan teknologi pengolahan untuk mengelola kotoran yang dihasilkan melalui penggunaan toilet dengan aman
- 3) Aman digunakan untuk semua pengguna, dengan mempertimbangkan jenis kelamin, usia, dan mobilitas fisik (misalnya, cacat, sakit, dll.)

Untuk mengurangi kemungkinan paparan, tingkat keparahan paparan terhadap kejadian berbahaya; atau kemungkinan dan tingkat keparahannya, serta untuk mendorong penggunaan, Jamban harus memiliki sejumlah fitur (diuraikan di bawah).

- 1) Kompatibel dengan ketersediaan air saat ini dan yang diperkirakan di masa depan untuk pembilasan (jika diperlukan), pembersihan, dan kebersihan tangan.
- 2) Kompatibel dengan teknologi penahanan, pengangkutan, dan pengolahan berikutnya (di lokasi atau di luar lokasi) untuk mengelola kotoran yang dihasilkan melalui penggunaan Jamban dengan aman.
- 3) Cocok, pribadi dan aman digunakan untuk semua pengguna yang dituju, dengan mempertimbangkan jenis kelamin, usia dan mobilitas fisik mereka (misalnya cacat, sakit, dll.).
- 4) Pelat (atau alas) harus dirancang dan dibangun:
 - a) Dari bahan tahan lama yang dapat dibersihkan dengan mudah (misalnya beton, fiberglass, porselen, baja tahan karat, plastik tahan lama atau kayu halus)
 - b) Ukuran dan susunannya sesuai untuk semua pengguna yang dituju (termasuk misalnya anak-anak dan orang tua).
 - c) Air hujan tidak masuk ke dalam teknologi kontainer.
- 5) Untuk Jamban flush – dilengkapi dengan segel air atau pintu untuk mengontrol bau dan mencegah

tikus atau serangga memasuki teknologi penahanan.

- 6) Untuk Jamban kering – dilengkapi dengan penutup yang dapat dilepas dan dipasang rapat, untuk mencegah masuknya hewan pengerat atau serangga ke dalam teknologi pengungkungan dan, jika dilengkapi dengan pipa ventilasi, kasa lalat tahan korosi.
- 7) Superstruktur harus dirancang dan dibangun sedemikian rupa sehingga mencegah intrusi air hujan, air hujan, hewan, hewan pengerat atau serangga. Itu harus memberikan keamanan dan privasi dengan pintu yang dapat dikunci dari dalam untuk Jamban umum, atau Jamban bersama di antara rumah tangga.
- 8) Bahan pembersih anus yang sesuai dengan budaya harus tersedia di dalam Jamban (yaitu persediaan air dan wadah untuk mencuci, atau bahan untuk menyeka – dengan wadah pembuangan jika diperlukan) dan fasilitas cuci tangan dengan sabun dan air yang dapat diakses harus tersedia di dekat lokasi yang mendorong menggunakan.

Pemeliharaan jamban sehat

Kebersihan jamban dan semua permukaan ruangan (misalnya kamar mandi, kamar kecil, kamar kecil, bilik, dll.) harus dijaga kebersihannya dan bebas dari kotoran. Pengaturan pembersihan, bahan pembersih yang tersedia secara lokal harus disimpan dan digunakan dengan aman, dan semua orang yang melakukan pembersihan

harus mematuhi praktik kerja yang aman. Di mana Jamban umum atau bersama, jadwal pembersihan rutin harus ada, dengan ketentuan dibuat untuk pasokan bahan pembersih dan alat pelindung diri (APD). Jika Jamban kering digunakan, persediaan abu, tanah, kapur atau serbuk gergaji harus tersedia di dalam fasilitas, sehingga pengguna dapat menutupi kotoran setelah buang air besar. Ini membantu mencegah lalat dan meminimalkan bau.

Fitur tambahan

Selain aspek desain, konstruksi, operasi dan pemeliharaan, ada beberapa fitur lain yang mempengaruhi penggunaan Jamban dan fasilitas tetap bersih, termasuk:

- 1) Ketersediaan: Harus ada fasilitas yang memadai yang membatasi menunggu hingga jangka waktu yang dapat diterima yang tidak menghalangi penggunaan atau menyebabkan ketidaknyamanan, termasuk di rumah tangga, fasilitas kesehatan, sekolah, tempat kerja dan tempat umum.
- 2) Aksesibilitas: Fasilitas harus dapat diakses setiap saat untuk semua pengguna yang dituju, dengan mempertimbangkan usia, jenis kelamin, dan disabilitas pengguna. Jika Jamban dipisahkan berdasarkan jenis kelamin, pengguna harus dapat mengakses Jamban yang sesuai dengan identitas gender mereka. Superstruktur harus memberikan privasi dan keamanan bagi pengguna, misalnya melalui penyediaan lampu dan pintu yang dapat

dikunci dari dalam; ini sangat penting di mana Jamban digunakan bersama atau umum atau di sekolah, fasilitas perawatan kesehatan atau tempat kerja. Fasilitas untuk manajemen kebersihan menstruasi yang aman harus disediakan, seperti wadah tertutup untuk pembuangan produk kebersihan menstruasi. Jika Jamban digunakan bersama atau umum, wadah harus berukuran sesuai dengan penggunaan yang diharapkan, dengan pengaturan dan jadwal pembuangan yang aman dan aman. Produk kebersihan menstruasi bekas tidak boleh dibuang ke bawah atau dibuang ke Jamban.

Aspek yang terkait dengan kualitas tercakup dalam bagian di atas tentang pengurangan kemungkinan atau tingkat keparahan kejadian berbahaya di Jamban dan mendorong penggunaan. Sebaliknya, contoh Jamban yang tidak mengurangi kemungkinan atau tingkat keparahan kejadian berbahaya meliputi:

- 1) Jamban yang tidak dibangun dengan baik dan/atau terbuat dari bahan yang tidak tahan lama yang mencegah pembersihan pelat (atau alas).
- 2) Jamban yang tidak dijaga kebersihannya dan tempat kotoran tertinggal di Jamban dan/atau permukaan ruangan yang menampung Jamban.
- 3) Jamban di mana tidak tersedia produk pembersih anus, dan/atau fasilitas cuci tangan dan/atau fasilitas pembuangan produk kebersihan menstruasi.

- 4) Jamban yang terkunci dalam waktu lama, siang atau malam, dan/atau tidak memberikan keamanan dan/atau privasi yang memadai.
- 5) Jamban yang tidak memenuhi kriteria keamanan, kenyamanan, dan kebersihan dapat menyebabkan pengguna melakukan buang air kecil dan buang air besar sembarangan.

Catatan tambahan

Bagian ini menyoroti langkah-langkah yang dapat dipertimbangkan untuk mengatasi masalah kontekstual tertentu seperti kemiskinan, ketersediaan sumber daya dan kepadatan penduduk.

Di daerah pedesaan terpencil, misalnya, di mana ketersediaan bahan merupakan faktor hambatan dan/atau biaya pengangkutan kloset tahan lama dari kota dianggap terlalu tinggi, rumah tangga setidaknya harus menutupi pelat kayu jongkok dengan lapisan mortar. Pendekatan ini harus memungkinkan pelat dibersihkan lebih efektif; namun, material tersebut mungkin tidak akan tahan lama.

Jamban bersama atau umum

Sedapat mungkin, setiap rumah tangga harus menggunakan dan mengelola Jamban mereka sendiri, yang tidak digunakan bersama dengan keluarga lain atau pengguna lain. Namun, ada konteks di mana hal ini tidak praktis, seperti:

- 1) Di pemukiman perkotaan yang padat di mana mungkin ada masalah yang berkaitan dengan

kepemilikan lahan dan/ atau ketersediaan lahan untuk pembangunan Jamban.

- 2) Rumah tangga individu; dalam situasi darurat di mana keadaan menentukan bahwa pembangunan Jamban individu tidak layak. Dimana situasi ini ditemui, *bersama* atau Jamban umum adalah tindakan yang paling mungkin dilakukan.
- 3) Jamban tunggal *bersama* antara dua atau lebih rumah tangga atau Jamban umum dapat memberikan solusi yang memuaskan asalkan setiap anggota rumah tangga memiliki akses yang sama dan siap ke fasilitas dan Jamban tetap bersih.

Semua Jamban bersama atau umum harus memiliki:

- 1) Lokasi dan rute akses yang aman
- 2) Pintu yang dapat dikunci dari dalam, dan lampu
- 3) Fasilitas cuci tangan dengan persediaan air dan sabun
- 4) Fasilitas kebersihan
- 5) Bilik terpisah untuk pria dan wanita, atau bilik netral gender yang mencakup fasilitas pengelolaan cuci tangan dan kebersihan
- 6) Modifikasi yang sesuai untuk semua pengguna, misalnya akses jalan dan pegangan tangan untuk penyandang disabilitas
- 7) Sistem manajemen untuk mengoperasikan dan memelihara semua fasilitas yang disediakan.

Jamban bersama dan umum dapat mencakup fasilitas shower dan binatu. Jamban bersama atau umum yang dikelola dengan baik dapat menjadi titik fokus atau tempat pertemuan bagi penduduk setempat, yang secara

tidak langsung dapat menguntungkan penggunanya. Pengelolaan dan pemeliharaan Jamban umum berpotensi lebih menantang daripada pengelolaan Jamban bersama, terutama di lokasi yang populer atau sibuk, di mana penggunaan yang tinggi dan tanggung jawab yang tersebar berarti bahwa pembersihan yang lebih sering diperlukan untuk memelihara setiap Jamban.

Jika pengguna dikenakan biaya, ini harus terjangkau bagi semua untuk memastikan bahwa itu tidak membatasi akses ke fasilitas, yang berpotensi mendorong buang air kecil dan buang air besar sembarangan.

Penahanan – penyimpanan/ pengolahan limbah cair

Langkah penahanan hanya relevan untuk sistem sanitasi non-selokan dan mengacu pada wadah, biasanya terletak di bawah permukaan tanah, yang terhubung dengan Jamban. Ini termasuk wadah yang dirancang untuk:

- 1) Penahanan, penyimpanan dan pengolahan lumpur tinja dan limbah (misalnya tangki septik, jamban kering dan basah, Jamban kompos, kubah dehidrasi, tangki penyimpanan urin, dll.); atau
- 2) Penahanan dan penyimpanan (tanpa pengolahan) lumpur tinja dan air limbah (misalnya tangki berlapis penuh, sanitasi berbasis wadah).

Prinsip utama yang terkait dengan langkah penyimpanan adalah bahwa produk yang dihasilkan dari

Jamban disimpan dalam teknologi penahanan dan/atau dibuang ke lingkungan setempat dengan cara yang tidak membahayakan siapa pun. Lumpur tinja, misalnya, harus ditampung dalam teknologi kedap air (seperti tangki septik) atau dalam teknologi permeabel seperti lubang basah yang merembes langsung ke lapisan tanah bawah. Dalam kedua kasus tersebut, lumpur tidak boleh masuk ke lingkungan yang dapat langsung terpapar pengguna dan lokal *masyarakat* terhadap patogen feses.

Efluen cair dari wadah kedap air harus dibuang ke saluran pembuangan atau struktur lapisan tanah melalui lubang perendaman atau bidang resapan atau harus sepenuhnya ditampung untuk pengangkutan selanjutnya. Seharusnya tidak dibuang ke saluran pembuangan terbuka atau badan air di mana, melalui kontak atau konsumsi, dapat mengakibatkan paparan: *Komunitas lokal* dan/atau *masyarakat luas* terhadap patogen feses.

Dimana lindi dari teknologi permeabel atau efluen dari teknologi impermeabel merembes ke dalam struktur lapisan tanah, ada risiko bahwa air tanah dan air permukaan di sekitarnya dapat tercemar, berpotensi mencemari sumber air lokal yang digunakan untuk minum dan tugas-tugas rumah tangga (misalnya mencuci piring).

Jika air tanah tidak digunakan untuk keperluan rumah tangga dan sumber air minum aman lainnya tersedia, maka risiko dari air tanah akan lebih rendah tetapi masih dapat menimbulkan risiko jika air tanah sesekali digunakan (misalnya ketika sumber yang aman

tidak tersedia atau tidak terjangkau). Di mana air tanah digunakan untuk minum, penilaian risiko harus mempertimbangkan faktor-faktor berikut:

- 1) Jenis teknologi penahanan atau teknologi di area tersebut dan tingkat penghilangan patogen;
- 2) Beban hidrolik dari wadah di atas air tanah;
- 3) Kedalaman muka air tanah dan jenis tanah/sub-tanah;
- 4) Jarak horizontal dan vertikal dari teknologi sumber air minum ke teknologi sungkup atau teknologi di wilayah tersebut; dan
- 5) Tingkat perlakuan (jika ada) yang diterapkan pada air yang terkontaminasi sebelum digunakan.

Sebagai aturan umum dan tanpa penilaian risiko yang diuraikan di atas, untuk mengurangi risiko kontaminasi, dasar wadah permeabel dan lubang perendaman atau bidang resapan harus tidak kurang dari 1,5 m hingga 2,0 m di atas permukaan air pada tingkat tertingginya. sepanjang tahun, wadah permeabel dan bidang resapan harus ditempatkan menurun lereng, dan jarak horizontal setidaknya 15 m dari sumber air minum. Jika jarak ini tidak dapat dicapai karena kepadatan penduduk atau kondisi geografis, desain alternatif (misalnya lubang yang ditinggikan) harus dipertimbangkan. Beberapa aspek desain dan konstruksi, serta operasi dan pemeliharaan perlu dipertimbangkan untuk memastikan penahanan yang aman dan perawatannya.

Desain dan pembangunan

Teknologi penahanan harus sesuai dengan konteks lokal, dengan mempertimbangkan:

- 1) Jenis dan frekuensi dan aksesibilitas untuk pengosongan selanjutnya (yaitu alat angkut);
- 2) Teknologi pengolahan selanjutnya (jika ada)
- 3) Jenis tanah dan sub-tanah;
- 4) Kepadatan populasi dan teknologi penahanan lainnya;
- 5) Tabel air tanah dan sumber air minum lokal yang digunakan;
- 6) Potensi banjir;
- 7) Jamban yang terhubung dengannya; dan
- 8) Jumlah pengguna dan jenis produk input (misalnya feses, urin, *greywater* dan air pembilasan, produk kebersihan pribadi dan produk pembersih dubur).

Di mana Jamban terhubung ke Tangki septik: ini harus berfungsi dengan benar, tertutup rapat, dan kedap air, dengan dua ruang dan saluran pembuangan limbah dialirkan ke lubang perendaman, bidang resapan atau saluran pembuangan pipa (saluran pembuangan padat cukup jika sambungannya melalui tangki septik).

Tangki yang dilapisi penuh: tangki ini seharusnya tidak memiliki saluran keluar limbah dan oleh karena itu diperlukan pengosongan atau pertukaran wadah yang sering (dan mungkin mahal) (misalnya model layanan sanitasi berbasis wadah). Jamban lubang atau tangki dengan dasar terbuka: ini harus berfungsi dengan benar melalui perkolasi ke sub-struktur tanah.

Tabel 3 menunjukkan teknologi penahanan khas dan kinerjanya dalam hal tingkat pengurangan patogen (PRL). Tabel menyoroti bahwa produk

Jamban dan penahanan	Tujuan pengobatan	Patogen	Patogen	Produk perawatan dan tingkat
Teknologi		pengurangan mekanisme	Tingkat Pengurangan*	patogen**
Siram Jamban dengan septic tank	Oksigen biokimia	Penyimpanan	Rendah	Lumpur cair dengan patogen tinggi. Efluen memiliki patogen yang tinggi, tetapi ini teradsorpsi secara aerobik di lubang perendaman atau bidang pelindian.
yang terhubung ke lubang	pengurangan permintaan (BOD)	Adsorpsi (dalam rendam		
rendaman atau bidang resapan	(kecil) Stabilisasi	lubang)		
Jamban siram dengan lubang tunggal	Stabilisasi/nutrisi	adsorpsi	Rendah	Lumpur cair dengan patogen tinggi. Cairan

atau tangki dengan dasar terbuka	pengelolaan			(lindi) tinggi patogen diserap secara aerobik ke dalam tanah. Penghapusan patogen tergantung pada kondisi tanah.
Jamban kering dengan lubang tunggal (ditinggalkan saat penuh)	Pengurangan patogen Stabilisasi/nutrisi pengelolaan.	Penyimpanan NB: lubang tunggal seharusnya tidak dikosongkan dengan tangan	Tinggi	Sludge distabilkan menjadi humus dengan patogen rendah.
Siram Jamban dengan lubang kembar untuk penggunaan bergantian	Pengurangan patogen Stabilisasi/nutrisi pengelolaan	Penyimpanan (Setidaknya 2 tahun) adsorpsi	Tinggi (kecuali Ascaris telur)	Sludge di pit 'at rest' stabil menjadi humus dengan patogen rendah. Cairan (lindi) diserap secara

				aerobik ke dalam tanah.
Jamban kering dengan lubang kembar (fossa alterna)	Pengurangan patogen Stabilisasi	Penyimpanan (minimal 2 tahun)	Tinggi (kecuali Ascaris telur)	Sludge di pit 'at rest' stabil secara aerobik menjadi humus dengan patogen rendah.
Jamban kompos	Pengurangan patogen Stabilisasi/nutrisi pengelolaan	Suhu Penyimpanan	Lumpur – Med Lindi – Rendah	Lumpur stabil yang dikeringkan (kompos) dengan jumlah patogen sedang. Lindi dengan patogen tinggi.

Dari beberapa sistem, seperti lubang kembar bergantian dan Jamban kompos, dapat menghasilkan lumpur stabil yang aman untuk digunakan dan digunakan sebagai kondisioner tanah, jika dioperasikan dengan benar (yang mungkin sulit dilakukan dalam praktiknya) dan asalkan isinya tetap kering. Sebaliknya, lumpur yang dikosongkan dari tangki septik mungkin memiliki tingkat patogen yang tinggi, tergantung pada lama penyimpanannya, dan memerlukan pengolahan lebih lanjut sebelum digunakan.

Demikian juga, efluen dari tangki septik mana pun harus dibuang ke lubang perendaman (atau bidang resapan) di mana ia dapat diserap secara aerobik atau dialirkan dalam saluran pipa atau saluran pembuangan bebas padatan ke pabrik pengolahan. Pengangkutan dan pengolahan lumpur dan air limbah di luar lokasi

E. Perawatan dan Pemeliharaan

- 1) Di mana ruang pengomposan digunakan (yaitu Jamban lubang kembar kering, Jamban pengalihan urin, sanitasi berbasis wadah), sejumlah kecil abu, kapur, tanah kering atau limbah biomassa (misalnya serbuk gergaji, ampas tebu yang diparut, kulit kacang yang dihancurkan) harus digunakan untuk menutupi feses setelah digunakan. Ini membantu mencegah lalat, meminimalkan bau dan mendorong pengeringan dan pembusukan.
- 2) Setiap teknologi penyimpanan harus dikosongkan (atau ditutup dan disegel sebelum ada risiko bahwa isinya mengalir ke lingkungan setempat. Sebagai panduan, ini harus dilakukan ketika jarak dari bagian bawah dari atas wadah ke permukaan lumpur tinja (atau supernatan) sekitar 0,5 meter.
- 3) Tingkat akumulasi lumpur sangat bervariasi menurut pengaturan, kebiasaan dan teknologi.
- 4) Jamban lubang kembar harus dikelola dengan hati-hati, memastikan bahwa hanya satu lubang yang digunakan secara konsisten sampai penuh, dan kemudian ditutup dan disimpan setidaknya selama dua tahun, saat menggunakan lubang lainnya.
- 5) Saat penuh, beberapa teknologi penahanan tidak dikosongkan di tingkat rumah tangga tetapi seluruh wadah harus dikeluarkan dari tempat dan diangkut. Sebagai ganti wadah penuh, rumah tangga menerima wadah kosong yang bersih. Pendekatan ini dikenal sebagai sanitasi berbasis kontainer.

- 6) Pipa pembuangan limbah (jika ada) harus dijauhkan dari penyumbatan.

Sebaliknya, contoh teknologi penahanan yang tidak aman dari paparan peristiwa berbahaya meliputi:

- 1) Setiap teknologi penahanan (tangki septik, tangki berlapis penuh, jamban, tangki dasar terbuka, dll.) yang memiliki saluran pembuangan limbah ke saluran pembuangan terbuka, badan air atau ke tanah terbuka.
- 2) Setiap teknologi penahanan yang dirancang atau dibangun dengan buruk dan di mana ada kemungkinan besar lindi mencemari air tanah, sumber air minum lokal atau air minum di dalam pipa bawah tanah.
- 3) Di mana jamban ember disediakan. Teknologi penahanan ini tidak memisahkan pengguna atau pekerja dari kotoran.
- 4) Di mana disediakan Jamban gantung, misalnya disediakan Jamban tetapi tidak ada teknologi penahanan atau koneksi ke saluran pembuangan, dan sebaliknya Jamban dibuang langsung ke badan air atau tanah. Pengaturan ini menimbulkan risiko bagi komunitas lokal dan masyarakat luas.
- 5) Pengoperasian yang tidak sesuai dengan desain teknologi (misalnya lubang kembar digunakan bersama-sama daripada bergantian).
- 6) Pipa pembuangan limbah yang tersumbat, menyebabkan lumpur tinja dan/atau limbah

meluap ke Jamban dan/atau ke badan air atau ke tanah terbuka; atau

- 7) Setiap teknologi penahanan yang secara fisik tidak dapat dikosongkan, tidak dikosongkan saat penuh (untuk teknologi yang memerlukan pengosongan berkala) atau tidak ditutup dan disegel, menyebabkan lumpur tinja dan/atau limbah meluap ke Jamban dan/atau ke badan air atau ke tanah terbuka.

Di beberapa lokasi, di mana teknologi penahanan dibuang ke saluran pembuangan terbuka, saluran air ditutup atau sebagian ditutupi dengan beton atau bongkahan batu. Namun, ini tidak dianggap sebagai ukuran kontrol tambahan yang sesuai. Penutup kedap air mengurangi beberapa risiko dari patogen feses dalam limbah bagi masyarakat setempat. Namun, drainase tepi jalan terbuka disediakan untuk pengelolaan air hujan, dan menutup saluran pembuangan tidak akan memudahkan pembersihan yang, jika tersumbat, dapat menyebabkan banjir selama periode hujan deras, menyebabkan peningkatan paparan air limbah (dan karenanya patogen) bagi masyarakat lokal dan masyarakat luas. Praktik ini tidak praktis dan/atau mahal jika dimensi saluran pembuangannya besar.

F. Pengangkutan Limbah

Pengangkutan mengacu pada pemindahan air limbah atau lumpur tinja yang disengaja dari teknologi penahanan ke pengolahan di luar lokasi, dan/atau

penggunaan akhir/ pembuangan. Sistem pengangkutan dapat berbasis saluran pembuangan atau berdasarkan pengosongan dan pengangkutan manual atau bermotor.

G. Sistem Berbasis Saluran Pembuangan

Sistem berbasis saluran pembuangan terdiri dari jaringan pipa bawah tanah. Jenis saluran pembuangan antara lain:

- 1) Saluran pembuangan gravitasi konvensional: mengalirkan blackwater dari Jamban dan greywater bersama dengan, dalam banyak kasus, limbah industri dan air hujan melalui pipa berdiameter besar ke fasilitas pengolahan, menggunakan gravitasi (dan pompa bila perlu).
- 2) Saluran pembuangan yang disederhanakan: desain biaya yang lebih murah dipasang menggunakan pipa yang lebih kecil pada kedalaman yang lebih dangkal dan kemiringan yang sedikit landai daripada saluran pembuangan gravitasi konvensional.
- 3) Saluran pembuangan padat: desain serupa dengan saluran pembuangan yang disederhanakan tetapi termasuk pra-pengolahan lumpur untuk menghilangkan padatan.
- 4) Selokan yang disederhanakan dan bebas padatan dapat diimplementasikan sebagai skema *sewerage* kondominium yang menggabungkan jaringan dan konsultasi pengguna dan otoritas.

H. Sistem Pengosongan dan Pengangkutan Manual dan Bermotor

Pengosongan lubang, kubah, dan tangki secara manual dapat dilakukan dengan salah satu dari dua cara berikut:

- 1) Menggunakan ember dan sekop; atau
- 2) Menggunakan pompa lumpur portabel yang dioperasikan secara manual (walaupun ini mungkin dimekanisasi, masih memerlukan penanganan manual/fisik)
- 3) Pengosongan manual dan bermotor dapat membawa risiko kemungkinan kontak dengan bahan feces dan dalam beberapa kasus mobil tinja perlu dikombinasikan dengan pengosongan manual untuk menghilangkan bahan terpadat. Teknologi ini paling sering dikosongkan dengan sekop karena bahannya padat dan tidak dapat dihilangkan dengan vakum atau pompa. Lumpur tinja yang telah dikosongkan dikumpulkan dalam tong atau kantong atau dimasukkan ke dalam gerobak dan diangkut jauh dari lokasi.
- 4) Pengosongan dan pengangkutan bermotor (juga dikenal sebagai pengosongan dan pengangkutan mekanis) mengacu pada penggunaan kendaraan atau perangkat apa pun yang dilengkapi dengan pompa bermotor dan tangki penyimpanan untuk mengosongkan dan mengangkut lumpur tinja. Orang-orang diharuskan untuk mengoperasikan pompa dan menggerakkan selang, tetapi lumpur tinja tidak diangkat atau diangkut secara manual. Sistem basah seperti tangki septik dan tangki

berlapis penuh biasanya dikosongkan menggunakan pengosongan dan pengangkutan bermotor.

I. Pengangkutan yang Aman

Prinsip utama untuk pengangkutan yang aman adalah membatasi paparan antara pekerja yang melakukan tugas pemeliharaan, masyarakat yang tinggal dan bekerja di sekitar pekerjaan, dan masyarakat luas yang masing-masing dapat terpapar patogen melalui konsumsi dan inhalasi patogen feces saat berada di rumah. atau bekerja, dalam rantai pasokan rekreasi dan air minum dan pasokan makanan.

J. Selokan

Jika dirancang, dibangun, dioperasikan, dan dipelihara dengan baik, saluran pembuangan merupakan sarana yang efisien untuk mengangkut air limbah, yang membutuhkan perawatan yang relatif sedikit. Namun, semua pipa saluran pembuangan dapat tersumbat oleh limbah padat dan padatan lainnya, yang perlu dihilangkan dengan cara ditumbuk, disiram, dibuang, atau ditekuk. Jika digunakan, pompa, tangki pencegat, dan ruang akses memerlukan perawatan. Melakukan pemeliharaan saluran pembuangan dapat membuat pekerja terpapar air limbah berbahaya dan/atau gas beracun.

Kebocoran dari saluran pembuangan menimbulkan risiko pembuangan air limbah dan resapan air tanah. Eksfiltrasi ke air tanah dan persediaan air dapat

mengekspos komunitas lokal dan komunitas yang lebih luas terhadap patogen feces melalui konsumsi. Jika ada kekhawatiran bahwa kualitas air tanah atau air perpipaan terganggu, penilaian risiko harus didasarkan pada :

- 1) Frekuensi rusaknya saluran pembuangan;
- 2) Usia dan metode konstruksi saluran pembuangan;
- 3) Kedalaman saluran pembuangan relatif terhadap pipa pasokan air;
- 4) Gradasi material di sekitar pipa; dan
- 5) Tingkat air tanah.

K. Pengosongan dan Pengangkutan Manual dan Bermotor

Baik teknologi manual maupun bermotor memerlukan pekerja (penyedia layanan, pengosongan, penyedot dan pembuangan) untuk menangani perkakas dan peralatan yang memiliki kontak dengan lumpur tinja (termasuk supernatan cair atau limbah jika ada). Pekerja yang memasuki lubang harus dicegah karena risiko cedera atau kematian dari lubang yang runtuh atau menghirup gas beracun. Pengosongan dapat menempatkan pengguna dan masyarakat pada risiko yang tidak dapat diterima akibat paparan tumpahan saat pekerjaan berlangsung. Oleh karena itu, prinsip kunci untuk pengosongan dan pengangkutan yang aman adalah membatasi paparan kelompok-kelompok ini terhadap lumpur tinja yang berbahaya.

Tingkat risiko tergantung pada jenis dan jumlah lumpur tinja yang dikosongkan. Misalnya, lumpur tinja segar yang dikosongkan dari tangki septik yang

terhubung ke Jamban umum lebih berbahaya bagi kesehatan manusia daripada lumpur tinja yang telah terkumpul perlahan di jamban kering rumah tangga selama dua tahun atau lebih karena akan ada beberapa patogen. mati dalam akumulasi lumpur yang sudah lama.

Dari sudut pandang kesehatan masyarakat, pengosongan manual membawa risiko lebih besar daripada mobil tinja, karena ada kemungkinan lebih besar pekerja memiliki kontak dengan lumpur tinja. Pengosongan manual distigmatisasi, pekerjaan berstatus rendah mempengaruhi kesejahteraan pribadi dan sosial pekerja sanitasi. Oleh karena itu, sedapat mungkin pengosongan dan pengangkutan bermotor harus diprioritaskan daripada pengosongan dan pengangkutan manual.

L. Mengurangi Risiko pada Langkah Pengangkutan

Desain dan konstruksi sistem pengangkutan harus:

- 1) Kompatibel dengan teknologi penahanan;
- 2) Sesuai dengan karakteristik isi yang akan dikosongkan;
- 3) Kompatibel dengan teknologi pengolahan dan penggunaan akhir/pembuangan berikut; dan sesuai untuk konteks lokal dengan mempertimbangkan kejadian berbahaya yang diidentifikasi, khususnya meminimalkan kebutuhan untuk penanganan manual lumpur tinja oleh pekerja sanitasi.

Pertimbangan operasi dan pemeliharaan meliputi:

- 1) Semua pekerja harus dilatih tentang risiko bekerja dengan sistem sanitasi, termasuk menangani air limbah dan/atau lumpur tinja, dan dilengkapi untuk mengikuti prosedur operasi standar.
- 2) Semua pekerja harus secara konsisten dan benar memakai APD : sarung tangan, masker, topi, baju terusan lengkap dan alas kaki tahan air tertutup, terutama bila diperlukan pemeriksaan dan pembersihan saluran pembuangan manual atau pengosongan manual
- 3) Untuk menghindari sesak napas, ventilasi yang memadai harus dilakukan sebelum memasuki ruang terbatas (kontainmen atau saluran pembuangan), menggunakan peralatan ventilasi bila diperlukan. Memasuki ruang yang dikonfirmasi tidak boleh dilakukan sendirian.
- 4) Pekerja harus menghindari memasuki lubang baik dengan menggunakan peralatan yang menghindari kebutuhan untuk masuk atau dengan hanya mengosongkan sebagian lubang.
- 5) Hanya perkakas dan perlengkapan khusus yang boleh digunakan, yang sesuai dengan tujuannya (misalnya sekop bergagang panjang dan selang hisap panjang) dan dibersihkan dengan air di antara penggunaan. Air cucian harus diarahkan ke dalam teknologi penahanan
- 6) Semua pekerja harus segera mencuci dengan sabun setelah bersentuhan dengan air limbah berbahaya dan/atau lumpur tinja.

- 7) Semua pakaian (baik APD maupun pakaian dalam) harus dicuci setiap hari dan semua sepatu boot karet dan sarung tangan harus dibersihkan dengan air. Air cucian harus diarahkan ke dalam teknologi penahanan.
- 8) Tumpahan harus diminimalkan, dan tumpahan harus ditampung dan dibersihkan saat terjadi. Misalnya, setelah menyelesaikan pengosongan teknologi penahanan, setiap properti yang terkena dampak di sekitar kejadian, harus dicuci/dibersihkan dengan air.

•Semua pekerja harus diberikan pemeriksaan kesehatan rutin, menerima saran dan pengobatan medis (misalnya obat cacing), dan divaksinasi secara memadai terhadap infeksi yang berpotensi relevan (seperti tetanus, polio, demam tifoid, hepatitis A dan B, tergantung pada konteks epidemiologi).

Contoh metode pengangkutan yang tidak mengurangi kemungkinan atau tingkat keparahan paparan meliputi:

- 1) Setiap air limbah yang tidak diolah di saluran pembuangan, yang tidak dikirim ke instalasi pengolahan tetapi dibuang ke saluran pembuangan terbuka, badan air atau ke tanah. Contohnya termasuk penyumbatan saluran pembuangan atau kegagalan pompa yang menyebabkan air limbah meluap ke permukaan air dan kerusakan saluran pembuangan yang menyebabkan infiltrasi

membebani sistem, atau eksfiltrasi mencemari air tanah dan/atau jaringan pipa pasokan air setempat.

- 2) Semua lumpur tinja yang tidak diolah diangkut secara manual atau mekanis, yang tidak dikirim ke instalasi pengolahan tetapi dibuang ke tempat lain. Misalnya, di mana lumpur tinja yang tidak diolah dibuang ke saluran pembuangan terbuka, sungai atau sungai terdekat, atau di mana ia digunakan sebagai kondisioner tanah.
- 3) Penggunaan keluar (atau pengosongan gravitasi) dari lubang. Di sinilah lubang dikosongkan dengan mencuci isinya melalui pipa yang dimasukkan ke dalam lubang. Pipa dihubungkan ke saluran pembuangan yang terletak lebih rendah, badan air atau lubang yang digali untuk menerima lumpur tinja.
- 4) Setiap transportasi manual atau bermotor yang membawa lumpur tinja yang, saat digerakkan atau dioperasikan, menyebabkan lumpur tinja bocor atau tumpah ke pengguna jalan lain. Misalnya, lumpur tinja dari tangki septik yang dibawa dalam trailer yang ditarik traktor yang bocor keluar dari trailer ke jalan.
- 5) Daya pompa: Lumpur basah yang relatif segar dapat dipompa dengan truk vakum, sedangkan yang lebih kering, biasanya lumpur tinja yang lebih tua biasanya memerlukan pembuangan dengan sekop. Kehadiran limbah padat dalam wadah juga mengurangi daya pompa.

- 6) Ketersediaan dan aksesibilitas instalasi pengolahan: Jika instalasi pengolahan tersedia dan dirancang untuk menerima lumpur tinja, lokasi seringkali terletak jauh dari populasi, dengan biaya tambahan yang menyebabkan biaya tinggi. Rumah tangga mungkin menggunakan pengosongan manual yang tidak selalu dilakukan dengan aman. Dalam keadaan ini, rumah tangga harus mengubur dan menutupi lumpur tinja di dekatnya atau membangun jamban baru
- 7) Penerimaan: Dalam konteks dimana diskusi tentang kotoran atau bagaimana mengelolanya adalah hal yang tabu, mengosongkan di malam hari ketika aktivitas dianggap tersembunyi dari pandangan sering disukai dan pengosongan manual daripada bermotor adalah pilihan terpisah dalam keadaan ini. Bekerja dalam kegelapan bisa jadi sulit dan berbahaya.
- 8) Di mana kondisi ini berlaku, pengosongan manual teknologi penahanan mungkin satu-satunya solusi yang layak. Namun demikian, pengosongan manual harus diminimalkan; misalnya, pompa bermotor dan/atau manual harus digunakan untuk mengeluarkan sebanyak mungkin isinya sebelum menggunakan sekop dan ember untuk mengosongkan sisanya. Di mana pengosongan manual digunakan, langkah-langkah pengendalian paparan di bagian pengurangan risiko paparan pada langkah pengangkutan harus diikuti. Namun,

jika pengosongan manual bersifat informal, langkah-langkah ini mungkin sulit diterapkan.

M. Stasiun Transfer dan Stasiun Pembuangan Saluran Pembuangan

Stasiun transfer dan stasiun pembuangan saluran pembuangan bertindak sebagai titik pembuangan antara lumpur tinja ketika tidak dapat dengan mudah diangkut ke fasilitas pengolahan jarak jauh.

Stasiun pembuangan saluran pembuangan terhubung ke saluran pembuangan gravitasi konvensional. Lumpur tinja yang dikosongkan ke stasiun pembuangan dilepaskan ke saluran pembuangan yang bersebelahan baik secara langsung atau sebaiknya pada interval waktu (misalnya dengan pemompaan) untuk mengoptimalkan kinerja saluran pembuangan dan instalasi pengolahan dan/atau mengurangi beban puncak.

Stasiun transfer dan stasiun pembuangan saluran pembuangan adalah pilihan yang baik untuk digunakan di daerah perkotaan di mana instalasi pengolahan lumpur tinja jauh. Mendirikan beberapa stasiun dapat mengurangi biaya transportasi dan membantu mengurangi pembuangan lumpur tinja, terutama di mana pengosongan dan pengangkutan manual biasa dilakukan, dan pabrik pengolahan terletak jauh. Penempatan dan kebutuhan lahan untuk stasiun transfer mungkin juga lebih ringan daripada untuk instalasi pengolahan.

Stasiun pembuangan saluran pembuangan perlu dirancang dan/atau dioperasikan dengan benar, terutama jika dipasang kembali ke sistem air limbah yang ada. Jika lumpur tinja yang kental dibuang ke saluran pembuangan yang tidak dirancang untuk menerima lumpur tersebut, hal itu dapat menyebabkan penyumbatan dan mengakibatkan saluran pembuangan meluap atau, jika pekerjaan pengolahan terkait tidak dirancang untuk menerima lumpur tinja pekat, hal itu dapat menyebabkan kegagalan dari proses pengobatan. Kedua masalah bisa mahal untuk diperbaiki.

Sistem saluran pembuangan gabungan mengumpulkan kombinasi air hujan, air limbah domestik, dan air limbah industri ke dalam satu saluran pembuangan. Dalam kondisi cuaca normal (kering), sistem gabungan mengangkut semua air limbah yang terkumpul ke instalasi pengolahan air limbah, sebelum dibuang untuk penggunaan akhir/pembuangan. Namun, pada kondisi aliran (puncak) yang tinggi, misalnya akibat hujan deras, volume air limbah dapat melebihi kapasitas instalasi pengolahan. Ketika ini terjadi, air hujan dan air limbah yang tidak diolah tanpa pengolahan ke sungai terdekat hal ini dapat mengakibatkan beban patogen yang tinggi di perairan penerima,

Karena risiko tinggi akibat paparan patogen, saluran pembuangan gabungan tidak dianggap menyediakan sanitasi yang aman. Namun, di banyak lokasi di seluruh dunia, saluran pembuangan gabungan terus beroperasi. Dalam situasi ini, disarankan agar

sistem saluran pembuangan gabungan apa pun dipertimbangkan sebagai tindakan pengendalian tambahan dan harus dikombinasikan dengan tindakan lain untuk mencegah paparan (misalnya kesadaran publik atau luapan air dan penutupan sementara tempat pemandian yang terkontaminasi).

Penanganan limbah

Pengolahan mengacu pada proses yang mengubah karakteristik fisik, kimia dan biologi atau komposisi lumpur tinja atau air limbah sehingga memiliki kualitas yang sesuai untuk tujuan penggunaan atau pembuangan berikutnya dengan mempertimbangkan hambatan tambahan yang ada pada langkah penggunaan/pembuangan akhir.

Penanganan limbah dapat dibagi menjadi tiga kelompok:

- 1) Yang terdiri dari teknologi untuk penahanan dan penyimpanan/pengolahan air limbah dan lumpur tinja di lokasi
- 2) Yang terdiri dari teknologi untuk pengolahan air limbah (mengandung satu atau lebih *blackwater*, *brownwater*, *greywater* atau efluen) yang diolah di luar lokasi
- 3) Yang terdiri dari teknologi untuk pengolahan lumpur di luar lokasi.

Untuk menjaga kesehatan masyarakat, sangat penting untuk merancang dan mengoperasikan fasilitas untuk tujuan penggunaan akhir/pembuangan tertentu.

Ini adalah prinsip utama pada langkah perawatan. Misalnya, jika limbah akan digunakan untuk irigasi atau dibuang ke badan air yang digunakan untuk minum atau rekreasi, atau jika lumpur akan digunakan sebagai kondisioner tanah untuk produksi tanaman, proses pengolahan harus dirancang berdasarkan penghilangan patogen, reduksi atau inaktivasi.

Dengan menghilangkan atau mengurangi bahaya ke tingkat yang dapat diterima, risiko masyarakat luas yang terpapar bahaya juga berkurang. Tingkat risiko tergantung pada kemungkinan paparan manusia (yaitu digunakan oleh konsumen) terhadap patogen dalam limbah atau lumpur.

Secara umum, sebuah instalasi pengolahan dengan kinerja penyisihan patogen yang baik juga akan memiliki kinerja penyisihan fisik dan kimia yang baik tetapi sebaliknya belum tentu benar. Oleh karena itu, fokus pada penghilangan patogen (pengurangan atau inaktivasi) disarankan selama desain proses perawatan. Namun, selain pemahaman tentang efektivitas pengolahan yang diperlukan dan penggunaan limbah atau lumpur di hilir, ada banyak masalah yang perlu dipertimbangkan dalam pemilihan proses pengolahan), termasuk:

- 1) Perkiraan aliran masuk dan karakteristik dari influen atau lumpur tinja;
- 2) Lahan yang tersedia;
- 3) Sumber energi yang tersedia;
- 4) Kapasitas sumber daya manusia yang tersedia; Lokasi pusat populasi;

- 5) Topografi;
- 6) Karakteristik tanah;
- 7) Tabel air;
- 8) Iklim lokal dan angin yang ada;
- 9) Variasi musim dan iklim
- 10) Biaya modal keseluruhan; dan
- 11) Kemungkinan biaya operasi dan pemeliharaan.

Kesehatan pekerja juga penting, karena orang yang mengoperasikan dan memelihara teknologi pengolahan berisiko terkena air limbah berbahaya dan lumpur tinja. Orang-orang yang akan berinteraksi secara teratur (misalnya keluarga dan rekan kerja mereka) mungkin juga secara tidak langsung berisiko lebih tinggi.

Oleh karena itu, semua pekerja harus dilatih dalam penggunaan yang benar dari semua alat dan peralatan yang mereka operasikan, memakai APD dan mengikuti SOP. Tingkat paparan dipengaruhi oleh desain dan konstruksi teknologi pengolahan dan, di mana lebih dari satu teknologi digunakan, konfigurasinya. Misalnya, untuk menghindari penanganan manual, aliran lumpur tinja dan air limbah harus meminimalkan produksi aliran aerosol secara gravitasi, dipompa, atau dipindahkan secara mekanis antar teknologi.

Keluaran dari pengolahan air limbah dan dari proses pengolahan lumpur tinja terdiri dari limbah cair dan lumpur padat. Karakteristik dari masing-masing pecahan ini akan berbeda-beda, tergantung dari sumber, proses yang digunakan dan faktor lainnya. Namun, prinsip utama untuk pengelolaan yang aman adalah

bahwa, terlepas dari sumbernya (misalnya air limbah dari teknologi berbasis saluran pembuangan atau lumpur tinja dari sanitasi di lokasi), kedua fraksi tersebut mungkin memerlukan pengolahan lebih lanjut sebelum penggunaan akhir/pembuangan. Misalnya, ketika air limbah diolah di kolam stabilisasi limbah, lumpur yang mengendap di dasar kolam anaerobik dan fakultatif tidak hanya memerlukan pembuangan berkala tetapi, tergantung pada penggunaan akhir/pembuangan yang dimaksudkan, mungkin juga memerlukan pengolahan lebih lanjut. Demikian pula, di mana pengolahan lumpur tinja menghasilkan limbah cair,

Untuk setiap teknologi, tujuan perawatan, mekanisme pengurangan patogen, tingkat pengurangan patogen (PRL) kemungkinan dan produk perawatan keluaran diberikan. Tabel tersebut menyoroti berbagai tujuan pengobatan (dari reduksi padatan tersuspensi dan pengeringan hingga pengelolaan nutrisi dan inaktivasi patogen) dan produk perawatan yang dihasilkan. Untuk setiap produk perawatan yang dihasilkan, perkiraan tingkat patogen yang mungkin juga diberikan.

Proses yang terdaftar dapat diterapkan pada skala yang berbeda, dari pabrik terpusat yang besar untuk daerah perkotaan hingga unit terdesentralisasi yang lebih kecil yang melayani distrik, lingkungan atau institusi, meskipun karakteristik masing-masing teknologi mempengaruhi kesesuaiannya untuk pengaturan yang berbeda ini.

N. Proses Pengolahan Air Limbah

Teknologi pengolahan air limbah dikelompokkan dalam dua kategori: teknologi laju aliran tinggi, dan teknologi laju aliran rendah, yang semuanya merupakan proses biologis. Proses laju aliran tinggi sebagian besar adalah struktur yang direkayasa dengan waktu yang singkat. Teknologi tersebut dikenal sebagai teknologi pengolahan primer, sekunder atau tersier. Biasanya, proses digabungkan secara seri, dengan langkah perawatan utama untuk mengendapkan padatan diikuti oleh langkah perawatan sekunder untuk menguraikan zat organik dan dapat mencakup teknologi tersier untuk menghilangkan kontaminan tertentu (misalnya penghilangan nutrisi, filtrasi, ultrafiltrasi atau desinfeksi untuk menghilangkan dari patogen). Ketika teknologi pengobatan tersier digunakan,

Proses biologis laju aliran rendah sebagian besar adalah sistem berbasis kolam dengan waktu retensi yang lama. Ini paling sering merupakan pilihan perawatan dengan biaya terendah di lokasi iklim hangat, di mana lahan murah tersedia dan di mana pasokan energi / listrik mungkin tidak dapat diandalkan atau sangat mahal. Kolam stabilisasi limbah umumnya terdiri dari tiga kolam yang dihubungkan secara seri yang menyediakan proses pengolahan penuh dari sedimentasi, biodegradasi, dan penghilangan patogen.

Namun, teknologi lahan basah buatan hanya menyediakan pengolahan sekunder atau tersier dan umumnya didahului oleh proses sedimentasi dan/atau pengolahan biologis.

Bagaimana proses pengolahan air limbah ini bekerja dan mekanisme pengurangan patogen masing-masing serta persyaratan operasi dan pemeliharaan khusus adalah kompleks; rinciannya dapat ditemukan di berbagai sumber termasuk WHO (2006); Metcalf dan Eddy (2014); Cairncross dan Feachem (2018).

O. Proses Pengolahan Lumpur

Proses pengolahan lumpur dikelompokkan menurut tujuan pengolahannya, yaitu *dewatering*, stabilisasi, pengelolaan nutrisi dan pengurangan patogen. Penjelasan lengkap tentang proses pengolahan lumpur ini tersedia di Strande et al., 2014, Strande, 2017 dan Tayler, 2018. Saat merancang lumpur tinja atau proses pengolahan air limbah, pilihan teknologi, dan urutannya, harus ditentukan dengan pemahaman penuh tentang produk keluaran dan penggunaan akhir atau pembuangannya. Misalnya, jika produk penggunaan akhir dari lumpur tinja adalah aditif semen, maka lumpur memerlukan pengeringan dan pengeringan tetapi, karena proses pembuatan semen menghancurkan semua patogen, inaktivasi patogen di pabrik pengolahan lumpur tinja tidak diperlukan. Sebaliknya, jika kondisioner tanah (seperti kompos) diperlukan produk akhir, lumpur tinja memerlukan proses yang memastikan inaktivasi patogen (misalnya pengeringan dan pengeringan sebelum pengomposan bersama dengan limbah padat organik). Ketika dirancang dan dioperasikan dengan benar, proses pengomposan bersama menonaktifkan patogen sehingga

limbah aman untuk digunakan oleh petani, penjamah produk makanan, dan konsumen

Teknologi Intervensi	Tujuan Intervensi	Pengurangan patogen	Produk perawatan & tingkat patogen**
Pengendapan - kolam dan tangki	Pengeringan	Penyimpanan	Lumpur cair dengan patogen tinggi
Pengeringan yang tidak ditanam	Pengeringan	Dehidrasi	Efluen dengan patogen tinggi Lumpur yang dikeringkan atau dikeringkan dengan
tempat tidur		Radiasi ultraviolet	patogen tinggi
		Penyimpanan	Limbah dengan patogen tinggi
Pengeringan	Stabilisasi/nutrisi	Dehidrasi	Tanaman – tidak ada patogen
		Radiasi ultraviolet	Lumpur stabil kering dengan patogen rendah
		Penyimpanan	Efluen dengan patogen tinggi
Pengomposan bersama	Pengurangan patogen	Suhu	Lumpur stabil yang dikeringkan (kompos) dengan
	Stabilisasi/nutrisi pengelolaan	Penyimpanan	patogen rendah
Di timbun ditimbun	Stabilisasi/nutrisi	Penyimpanan	Pohon atau tanaman – tidak ada patogen (dan

	pengelolaan Pengurangan patogen	Adsorpsi	terkubur, lumpur stabil dengan patogen rendah)
--	------------------------------------	----------	--

Proses pengobatan perlu dioperasikan dan dipelihara dengan baik (mengikuti SOP) dan menggabungkan berbagai hambatan WHO, 2006; WHO, 2016) untuk memastikan keamanan produk akhir.

Memindahkan dan memunculkan proses pengolahan lumpur tinja

Beberapa proses pengolahan air limbah juga berlaku untuk pengolahan lumpur tinja; ini dikenal sebagai teknologi pengolahan 'transfer' dan mencakup pengeringan mekanis, pengolahan alkali, pembakaran, pencernaan anaerobik, pembuatan pelet dan pengeringan termal. Ini tidak banyak digunakan tetapi penelitian sedang berlangsung untuk menetapkan relevansi dan efektivitasnya.

Penelitian juga sedang dilakukan pada teknologi pengolahan lumpur tinja yang sedang berkembang. Ini termasuk pemulihan nutrisi dan peluang untuk pemulihan sumber daya selain pengkondisian tanah dan reklamasi air (misalnya produk reklamasi energi seperti bahan bakar cair dari biogas, biodiesel dan teknologi pengolahan gas alam sintetis; dan protein untuk pakan ternak dengan memberi makan larva lalat hitam pada lumpur tinja).

Proses ini digunakan secara terpisah karena, jika dibandingkan dengan teknologi yang sudah ada, tingkat keahlian yang dibutuhkan untuk merancang dan mengoperasikannya jauh lebih tinggi. Namun, saat penelitian lebih lanjut dilakukan, yang mengarah pada penyempurnaan dan peningkatan proses lebih lanjut,

kemungkinan banyak proses transfer dan proses yang muncul akan menjadi mapan

P. Mengurangi Risiko pada Langkah Pengobatan

Untuk mengurangi kemungkinan atau tingkat keparahan kejadian berbahaya, teknologi pengolahan harus memiliki fitur desain, konstruksi, operasi dan pemeliharaan berikut.

Desain dan pembangunan:

1. Berdasarkan konteks lokal dengan mempertimbangkan karakteristik pengaruh, iklim lokal dan variasi musim serta sumber energi dan kapasitas sumber daya manusia yang tersedia
2. Kompatibel dengan jenis penggunaan akhir/pembuangan.

Q. Operasi dan Pemeliharaan

- 1) Manajemen instalasi pengolahan harus mengikuti penilaian risiko dan proses manajemen untuk mengidentifikasi, mengelola dan memantau risiko di seluruh sistem untuk memenuhi tujuan pengolahan.
- 2) Semua pekerja yang mengoperasikan dan memelihara teknologi perawatan harus mengikuti prosedur operasi standar (SOP) dan memakai alat pelindung diri (APD).
- 3) Sebaliknya, teknologi pengolahan yang tidak cukup mengurangi risiko termasuk teknologi pengolahan dimana tingkat penghilangan patogen dan jenis penggunaan akhir/pembuangan tidak melindungi

konsumen hilir. Misalnya, di mana: teknologi pengolahan kelebihan beban sehingga bekerja kurang optimal atau gagal total. Misalnya, di mana lumpur tinja segar dibuang ke kolam stabilisasi limbah yang dirancang untuk pengolahan air limbah saja, menyebabkan kegagalan teknologi pengolahan yang mengakibatkan tidak ada atau sangat rendahnya penghilangan patogen.

- 4) Teknologi pengobatan tidak berfungsi. Ini bisa menjadi masalah jangka pendek di mana energi yang dibutuhkan untuk mengoperasikan peralatan tidak tersedia atau, dalam jangka panjang, ketika keahlian pekerja tidak mencukupi untuk mengoperasikan atau memperbaiki peralatan.

Pengolahan lumpur tinja dengan air limbah influen (pengolahan bersama) relatif umum di lingkungan berpenghasilan rendah di mana pengelolaan lumpur tinja tidak berkembang dengan baik dan tidak ada fasilitas pengolahan lumpur tinja khusus. Di lokasi tersebut, operator truk tinja diizinkan untuk membuang lumpur tinja ke instalasi pengolahan air limbah kota. Ini memiliki keuntungan karena dapat mengurangi volume lumpur tinja yang dibuang secara ilegal ke saluran terbuka, badan air, dan tanah terbuka, tetapi dapat mengakibatkan kegagalan instalasi pengolahan air limbah (yang pada gilirannya dapat menyebabkan konsumen di hilir terpapar pada limbah yang tidak diolah atau buruk).

Kegagalan tersebut terutama disebabkan oleh konsentrasi lumpur tinja yang relatif tinggi (dibandingkan dengan air limbah kota) yang dapat

menyebabkan beban melebihi kapasitas pabrik. Lumpur tinja juga dapat mencakup limbah padat campuran yang perlu dibuang (misalnya dengan saringan) sebelum pengolahan bersama. Ada sejumlah masalah umum yang ditimbulkan oleh *cotreatment*, termasuk kelebihan padatan, kebutuhan oksigen kimia atau senyawa nitrogen, meningkatkan risiko kegagalan proses yang proses perawatannya bisa memakan waktu beberapa minggu untuk pulih.

Pendekatan yang lebih disukai untuk pengolahan bersama adalah pertama-tama mengeringkan lumpur tinja dan mengolah bersama fraksi cair dengan air limbah kota, dan mengolah bersama fraksi padat dengan lumpur air limbah dari teknologi pengolahan air limbah. Jenis perawatan bersama ini berpotensi menghasilkan penghematan baik dalam modal maupun biaya operasi dan pemeliharaan.

Namun, apakah perawatan bersama cocok atau tidak akan tergantung pada kuantitas dan kualitas produk. Misalnya, konstituen fraksi cair dari pengolahan lumpur tinja dapat 10 sampai 100 kali lebih pekat daripada influen air limbah mentah ke pabrik pengolahan. Hal ini perlu dipertimbangkan bersama dengan jenis dan desain teknologi yang ada, dan apakah instalasi pengolahan beroperasi pada kapasitasnya.

Penggunaan akhir/pembuangan mengacu pada teknologi dan metode yang berbeda dimana produk pengolahan akhirnya dibuang ke lingkungan, baik sebagai produk penggunaan akhir atau bahan dengan risiko rendah. Dimana ada penggunaan akhir untuk

produk pengolahan dimana (idealnya sepenuhnya diolah) air limbah dan lumpur akhirnya diproduksi, dapat diterapkan atau digunakan; jika tidak, diperlukan penghalang pengurangan risiko tambahan, atau produk harus dibuang dengan cara yang paling tidak berbahaya bagi publik dan lingkungan.

R. Penggunaan/Pembuangan Akhir yang Aman

Prinsip utama pada langkah penggunaan akhir/pembuangan adalah mengurangi risiko bagi pekerja sanitasi dan masyarakat luas terhadap bahaya patogen yang tersisa, misalnya petani, yang dapat berisiko terpapar melalui konsumsi setelah kontak langsung dengan patogen yang mengandung kompos yang digunakan untuk perbaikan tanah. Komunitas yang lebih luas juga termasuk masyarakat umum yang, dimana limbah dibuang ke air permukaan atau air tanah, dapat berisiko dari patogen melalui konsumsi air minum yang terkontaminasi, atau dari rantai makanan di mana air yang terkontaminasi digunakan untuk irigasi.

Lumpur tinja yang tidak diolah mengandung patogen dengan konsentrasi tinggi tetapi, jika dikubur dengan aman, dapat digunakan sebagai kondisioner tanah untuk pohon buah-buahan atau kehutanan asalkan ada penghalang di lahan pertanian untuk mencegah paparan terhadap pekerja dan masyarakat lokal dan masyarakat luas. Untuk rumah tangga individu dengan jamban penuh, lubangnya adalah tertutup dari kontak manusia dengan tanah. Sebuah pohon kemudian dapat

ditanam di atas, yang kemudian mendapat manfaat dari peningkatan nutrisi dan bahan organik.

Tabel 5. 1 Menguraikan produk penggunaan akhir yang dapat diperoleh dari berbagai proses pengolahan.

Produk Perawatan	Sumber Daya	Produk	Deskripsi	Tingkat Patogen
Lumpur yang tidak diolah	Nutrisi bahan organik	Pupuk kondisioner	Untuk menumbuhkan pohon	Rendah hingga tinggi
Lumpur yang dikeringkan	Bahan Organik	Diterapkan ke tanah	Diterapkan ke tanah	Tinggi
Lumpur yang dikeringkan	Energi	Pembakaran	Panas sebagai semen	Rendah
Lumpur kering	Bahan	Bangunan	Semen, Batu bata	Rendah
Kompos	Nutrisi bahan organik	Kondisioner tanah, pupuk, pelet	diterapkan ke tanah	Rendah

Melibatkan pengisian parit yang digali untuk menerima lumpur tinja dari sejumlah wadah. Setelah penuh, parit ditutup dan disegel, dan deretan pohon ditanam. penimbunan hanya cocok di lokasi dan muka air tanah cukup rendah. Ini adalah keharusan bahwa pekerja memakai APD dan mengikuti SOP untuk melindungi dari bahaya patogen.

Demikian pula, lumpur tinja yang dikeringkan mungkin mengandung patogen dengan konsentrasi tinggi (terutama telur cacing, yang mempertahankan kelangsungan hidup untuk waktu yang lama) sehingga tidak boleh diterapkan pada lahan yang digunakan untuk produksi makanan dan, selain penguburan untuk nutrisi dan nilai pengkondisian tanah, memiliki sedikit potensi penggunaan akhir. Lumpur tinja yang dikeringkan dengan udara mungkin juga mengandung sejumlah besar patogen, tetapi memiliki sejumlah kegunaan.

Lumpur dapat dikonversi untuk digunakan sebagai bahan bakar padat atau bahan bangunan. Untuk kedua penggunaan tersebut, lumpur dimasukkan ke dalam proses manufaktur yang menghancurkan bahaya patogen, membuat produk penggunaan akhir aman untuk digunakan. Hanya kompos di mana semua patogen telah sepenuhnya tidak aktif yang dapat digunakan dengan aman oleh pekerja atau petani dan diterapkan pada tanah sebagai kondisioner tanah dan pupuk.

Limbah yang diolah mengandung nutrisi, yang dapat dipulihkan untuk mendukung pertumbuhan tanaman melalui penggunaan sebagai air irigasi.

Penggunaan air limbah, baik yang diolah, tidak diolah, mentah atau diencerkan, dapat ditemukan di iklim lembab dan gersang. Namun, limbah yang diolah tidak boleh dianggap bebas patogen. Ini seharusnya hanya diterapkan pada lahan ketika risiko terhadap pekerja dan masyarakat luas dinilai dan dikelola dengan baik.

Dimana limbah digunakan untuk air irigasi, multibarrier dapat mencakup penerapan proses pengolahan, memilih tanaman yang tumbuh tinggi dan/atau tidak dimakan mentah, metode irigasi kontak rendah misalnya irigasi tetes) penggunaan APD, dan desinfeksi, pencucian dan memasak hasil bumi. Pedoman WHO untuk Penggunaan Air Limbah, Kotoran, dan Air Limbah yang Aman (WHO, 2006) memberikan panduan lebih lanjut. Perlu dicatat bahwa intervensi (hambatan) yang berbeda akan memiliki biaya yang berbeda, kapasitas untuk mengurangi risiko dan persyaratan dalam hal perubahan perilaku.

Demikian pula, sebelum membuang limbah ke air permukaan atau ke air tanah, risiko bagi masyarakat luas, yang mungkin menggunakan limbah cair campuran dan air sungai untuk pasokan air irigasi dan/atau air minum atau rekreasi, harus dipertimbangkan dan langkah-langkah pengendalian yang diperlukan harus dilakukan. tempat. Yang penting, di mana ada kekhawatiran bahwa pembuangan limbah dapat mencemari pasokan air minum, kesehatan masyarakat dan pertukaran ekonomi antara tingkat pengolahan air limbah yang lebih tinggi dan pengolahan air minum yang lebih baik atau sumber alternatif perlu dipertimbangkan.

S. Mengurangi Risiko pada Langkah Penggunaan / Pembuangan Akhir

Pendekatan multi-penghalang harus digunakan untuk mengelola risiko kesehatan yang terkait dengan penggunaan akhir. Untuk mengurangi risiko, teknologi penggunaan akhir/ pembuangan harus:

- 1) Dirancang untuk konteks lokal dengan mempertimbangkan karakteristik limbah cair atau lumpur tinja; iklim lokal dan variasi musim; serta ketersediaan sumber energi dan kapasitas sumber daya manusia.
- 2) Kompatibel dengan teknologi perawatan dan produk perawatan sebelumnya.

Mengadopsi langkah-langkah kontrol tambahan berikut mengurangi risiko bagi pekerja terutama mereka yang pekerjaannya melibatkan penanganan produk perawatan:

- 1) Mengenakan APD, terutama saat menggunakan/ membuang air limbah dan lumpur tinja.
- 2) Pelatihan tentang risiko penanganan limbah cair atau lumpur tinja dan prosedur operasi standar
- 3) Pemeriksaan kesehatan rutin dan pengobatan pencegahan seperti obat cacing dan vaksinasi.

Contoh tindakan pengendalian tambahan untuk mengurangi risiko bagi masyarakat lokal dan masyarakat luas di mana air limbah dan lumpur tinja digunakan dalam pertanian dan akuakultur, adalah:

- 1) Pemilihan tanaman yang tumbuh tinggi di atas permukaan tanah (seperti pohon buah-buahan) atau tanaman yang tidak dimakan mentah.

- 2) Metode irigasi kontak rendah (misalnya irigasi tetes).
- 3) Periode penundaan antara aplikasi lumpur tinja yang diolah (misalnya kompos) atau air limbah dan panen tanaman.

Contoh tindakan pengendalian tambahan untuk mengurangi risiko terhadap masyarakat lokal dan masyarakat luas di tempat pemandian rekreasi, adalah:

- 1) Pemberitahuan publik yang menyarankan kemungkinan polusi feses.
- 2) Membatasi akses dan penutupan pantai

Sebaliknya, teknologi penggunaan akhir/pembuangan yang tidak mengurangi risiko secara memadai adalah teknologi yang mengakibatkan limbah dan/atau lumpur tinja yang tidak diolah dibiarkan di tempat terbuka, dibuang ke perairan rekreasi, atau digunakan untuk produksi makanan sehingga mengekspos komunitas lokal terhadap patogen. Misalnya, di daerah perkotaan yang padat penduduknya di mana ruang terbatas, dan tanahnya padat dan/atau jenuh, lubang resapan, bidang resapan atau pendekatan penutup dan urukan tidak dapat diterapkan karena proses adsorpsi akan gagal.

Lumpur tinja dan air limbah yang tidak diolah tidak boleh diterapkan pada lahan yang digunakan untuk produksi makanan, budidaya atau di perairan rekreasi kecuali disertai dengan tindakan pengurangan risiko tambahan. Penggunaan lumpur yang tidak diolah telah menjadi praktik jangka panjang di beberapa bagian Cina, Asia Tenggara dan Afrika membawa risiko yang sangat

tinggi dari mengekspos petani dan keluarga mereka ke patogen, serta orang lain di masyarakat luas dari menelan patogen dalam rantai makanan. Limbah yang tidak diolah juga sering digunakan secara informal atau tidak sengaja untuk irigasi tanaman pangan. Jika praktik ini diketahui terjadi dan tidak dapat dihindari, tindakan pengendalian tambahan yang diuraikan di atas harus digunakan saat kapasitas pengobatan ditetapkan. Lumpur yang tidak diolah tidak boleh dibuang ke TPA. Namun, pembuangan TPA lebih disukai daripada pembuangan ilegal.

Soal Latihan

1. Penyakit yang disebabkan oleh toilet sangat banyak. Dikarenakan banyaknya bakteri yang terdapat pada toilet. Sebutkan salah satu penyakit yang disebabkan oleh penyebaran bakteri dari toilet !
 - A. Diare
 - B. Demam
 - C. Thypus
 - D. COVID-19
 - E. Influenza
2. Terdapat empat risiko orang yang paling mudah terkena risiko kontaminasi dari tinja. Siapakah orang yang memiliki risiko paling tinggi?
 - A. Petani di dataran rendah
 - B. Peternak sapi
 - C. Perawat di ruang inap rumah sakit
 - D. Ibu rumah tangga
 - E. Bayi
3. Manakah alat yang digunakan untuk angkut limbah pada feses ?
 - A. Mobil
 - B. Truk
 - C. Truk tinja
 - D. Pipah pembuangan
 - E. Tangki septik
4. Sebutkan salah satu tujuan pengolahan lumpur feses
 - A. Agar feses tidak berbau
 - B. Tidak mencemari lingkungan
 - C. Dapat menjadi pupuk untuk tanaman
 - D. Agar menjadi tanah
 - E. Menurunkan zat organic dari dalam lumpur feses
5. Tangki septik adalah suatu ruangan kedap air yang terdiri dari kompartemen ruang yang berfungsi menampung/mengolah air limbah rumah tangga dengan kecepatan alir yang sangat lambat sehingga member kesempatan untuk terjadinya pengendapan terhadap suspense benda-benda padat dan kesempatan dekomposisi bahan-bahan organik oleh mikroba anaerobik. Berapa tahun sekali tangki dapat dikuras :
 - A. 10 tahun
 - B. 1 tahun
 - C. 6 tahun
 - D. 2-5 tahun**
 - E. 15 tahun

6. Seorang laki-laki berusia 36 tahun bermaksud membangun rumahnya di daerah dengan tanah yang datar. Ia bermaksud membangun sumur sebagai sumber mata air, tetapi dekat rumahnya terdapat septic tank tetangganya. Berapa jarak minimal antara sumur dan septic tank:

A. 3 meter
B. 5 meter
C. 7 meter
D. 10 meter
E. 13 meter

Daftar Pustaka

- Centers for Disease Control and Prevention (CDC) (2015). Guidance for reducing health risks to workers handling human waste or sewage. https://www.cdc.gov/healthywater/global/sanitation/workers_handlingwaste.html
- Cofie O, Nikiema J, Impraim R, Adamtey N, Paul J, Koné D (2016). Co-composting of solid waste and fecal sludge for nutrient and organic matter recovery. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute (IWMI). 47p. (Resource Recovery and Reuse Series 3).
- Graham JP, Polizzotto ML (2013). Pit latrines and their impacts on groundwater quality: A systematic review. *Environ Health Perspect.* 121(5):521-30.
- Howard G and Bartram J (2010). Vision 2030: The resilience of water supply and sanitation in the face of climate change: Technical report. Geneva: World Health Organization.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (2014). Human health: impacts, adaptation, and co-benefits. In: climate change 2014: impacts, adaptation, and vulnerability. Part a: global and sectoral aspects. Contribution of working group ii to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change [Field CB, VR Barros, DJ Dokken, KJ Mach, MD Mastrandrea, TE Bilir, M Chatterjee, KL Ebi, YO Estrada, RC Genova, B Girma, ES Kissel, AN Levy, S MacCracken, PR Mastrandrea, and L. White (eds.)]. Cambridge: Cambridge University Press, pp.709-754.
- International Organization for Standardization (2016). ISO 24521:2016 - Activities relating to drinking water and wastewater services – Guidelines for the management of basic on-site domestic wastewater service. Geneva, Switzerland.
- International Organization for Standardization (2018). FDIS 30500 - Non-sewered sanitation systems – Prefabricated integrated treatment units – General safety and performance requirements for design and testing. Geneva, Switzerland.
- Karg H, Drechsel P (2011). Motivating behaviour change to reduce pathogenic risk where unsafe water is used for irrigation. *Water International.* 36 (4): 476-490.

9. Metcalf E, Eddy M (2014). Wastewater engineering: treatment and resource recovery. McGraw-Hill, Boston.
10. Peal A, Evans B, Blackett I, Hawkins P, Heymans C (2014). Fecal sludge management (FSM): analytical tools for assessing FSM in cities. J Water Sanit Hyg Dev. 4(3): 371-383.
11. Robb K, Null C, Teunis P, Armah G, Moe CL (2017). Assessment of fecal exposure pathways in low-income urban neighborhoods
12. in Accra, Ghana: Rationale, design, methods, and key findings of the SaniPath study. Am J Trop Med Hyg. 97: 1020-1032.
13. Sherpa, A., Koottatep, T., Zurbrügg, C. and Cissé, G. (2014). Vulnerability and adaptability of sanitation systems to climate change. J Water Clim Change. 5(4): 487.
14. Strande L, Ronteltap M, Brdjanovic D (2014). Faecal Sludge Management: Systems Approach for Implementation and Operation. IWA Publishing, UK.
15. Strande L (2017). Introduction to faecal sludge management: an online course. Available at: www.sandec.ch/fsm_tools. Accessed March 2017. Sandec: Department of Sanitation, Water and Solid Waste for Development, Eawag: Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology.58
16. Tayler K (2018). Faecal sludge and septage treatment; a guide for low- and middle-income countries. Practical Action Publishing, London

GLOSARIUM

virus

Mikroorganisme yang dapat dilihat hanya menggunakan mikroskop electron yang umumnya dapat menjadi penyebab dan menularkan penyakit.

bakteri

Makhluk hidup terkecil dan memiliki sel tunggal, dapat berkembang biak dengan cara membelah dairi dengan waktu yang sangat cepat. Bakteri ada yang berbahaya dan ada yang tidak.

limbah

Bahan yang tidak memiliki nilai atau barang yang tidak terpakai, rusak maupun cacat dan juga merupakan sisa dari proses produksi.

radiologi

Ilmu pengobatan yang dilakukan dengan sinar X atau sinar radioaktif untuk mengetahui suatu penyakit.

disinfeksi

Bahan kimia yang memiliki fungsi untuk mencegah terjadinya suatu infeksi

parameter

atau membasmi kuman penyakit.

risiko

Ukuran dari seluruh populasi dalam penelitian yang harus diperkirakan.

teknologi

Suatu akibat yang dapat merugikan atau membahayakan dari suatu tindakan atau perbuatan.

dosis

Suatu metode ilmiah yang berfungsi sebagai sarana dan mencapai tujuan praktis.

Takaran obat untuk dimakan, diminum atau disuntikkan untuk sekali pakai dengan jangka waktu tertentu.

DAFTAR SINGKATAN

FAO = Food Agriculture Organization

WHO = World Health Organization

COVID-19 = Corona Virus Disease-19

GMP = Good Manufacturing Practice

HACCP = Hazard Analysis and Critical Control Point

APD = Alat Pelindung Diri

FSMS = Food Safety Management System

PCDD = dibenzo-P-dioksin

PCDFs = polychlorinated dibenzofurans

PCBs = polychlorinated biphenils

TPA = tempat pembuangan akhir

TCDD = 2,3,7,8-tetraklorodibenzo-P-dioxin

TEF = Toxicity Equivalent Factor

I-TEQ International Toxic Equivalent Quantity

SNPs = polimorfisme nukleotida tunggal

PAH = hidrokarbon aromatik polisiklik

VOC = senyawa organik volatil

1-OHP = menggunakan metabolit urin 1-hydroxypyrene

GMP = Good Manufacturing Practice

FIFO = first in first out

FEFO = first expired first out

B3 = bahan berbahaya dan beracun

SOP = prosedur operasi standar

APD = memakai alat pelindung diri

KUNCI JAWABAN

Bab 1

1. C
2. D
3. A
4. C
5. C
6. D
7. C
8. B
9. B
10. C

Bab 2

1. D
2. C
3. D
4. B
5. C
6. A
7. B
8. C
9. B

Bab 3

1. A
2. C
3. B
4. B
5. D
6. B
7. A
8. C
9. C
10. B
11. A
12. B
13. A
14. E
15. A

Bab 4

1. A
2. C
3. A
4. C
5. E
6. A
7. C
8. C
9. B
10. C

Bab 5

1. A
2. A
3. C
4. E
5. D
6. D

INDEKS

A

APD, 104, 106, 119, 139,
140, 147, 155, 161, 162,
163, 174, 175

B

Bahan Kimia, iii, 17
Bakteri, 172

C

COVID-19, 174

D

Disinfeksi, 173
Dosis, 173

I

Ilmiah, 173
Infeksi, 6, 8, 9, 12, 13, 15,
16, 26, 72, 81, 140, 173

K

Kimia, 16

Komponen, 46
Kontaminasi, 5, 6, 7, 15,
17, 18, 27, 30, 32, 34,
35, 45, 79, 89, 99, 103,
105, 125, 166
Kuman, 4

L

Limbah, 173

M

Mikroba, 3, 4, 5, 7, 15, 17,
25, 27, 99, 102, 167
Mikroorganisme, 15, 17,
19, 31, 46

P

Parameter, 173
Parasit, 6, 8, 13
Patogen, 2, 4, 5, 6, 7, 9,
10, 11, 12, 13, 14, 15,
16, 17, 33, 35, 46, 58,
60, 66, 70, 79, 116, 124,
125, 127, 128, 129, 130,

133, 136, 137, 138, 144,
146, 148, 149, 150, 152,
153, 155, 158, 161, 162,
164, 165
Penyakit, iv, 3, 6, 14, 25,
47, 54, 72, 78, 80, 91,
166
Populasi, 6

R

Radiologi, 173
Risiko, 173
Rumah, 46

S

Sertifikasi, 30, 31
Spesies, 8, 9, 13, 14, 16

T

Teknologi, 173

W

Wabah, 5, 10
WHO, 174

Z

Zat, 19, 77, 94, 96, 107

TENTANG PENULIS



dr. H. Elman Boy, M. Kes, Sp.KKLP, FIS-PH, FIS-CM, AIFO-K.

Dilahirkan di Medan, Kecamatan Medan Johor Sumatera Utara pada hari Selasa 10 Juni 1980 dari pasangan Bapak H. Muhammad Sulaiman Sembiring, SH dan Ibu Hj. Nur Ainun. Editor adalah anak ke-

3 dari 3 bersaudara. Editor menempuh pendidikan di SDN 060900 Medan, kemudian melanjutkan di Sekolah Menengah Pertama SMPN 2 Medan tamat pada tahun 1995, setelah itu editor melanjutkan di SMA Negeri 2 Medan dan tamat pada tahun 1998. Kemudian pada tahun 1998, editor melanjutkan pendidikan kedokteran di Fakultas Kedokteran Universitas Islam Sumatera Utara pada dan tamat pada tahun 2004. Editor melanjutkan pendidikan Magister Kesehatan Bencana di Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Sumatera Utara tahun 2010. Dan saat ini editor sedang menyelesaikan program studi Doktor di Fakultas Kedokteran Universitas Sumatera Utara.

Editor mulai menjadi staf pendidik sejak tahun 2010 di Fakultas Kedokteran Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU). Editor sudah banyak melakukan penelitian dan pengabdian kepada masyarakat. Baik itu dari penelitian mandiri, internal kampus, maupun Kemenristekdikti serta ada juga hibah penelitian Pimpinan Pusat Muhammadiyah. Satu diantaranya adalah "Pemberantasan Kecacingan Anak Usia Sekolah Dasar (TaskAS) Secara Komprehensif Di Kota Medan" serta "Kerjasama Pengmasy dan Penelitian

antara Dinas Kesehatan Kota Medan - Fakultas Kedokteran UMSU dan PT. Jasa Marga”.

Sebagai pemakalah seminar, editor banyak melakukan *oral presentation* di dalam dan luar negeri. Misalnya “*Community Based Participation on Rehabilitation for Drug Abuse*” yang disampaikan di Universiti Malaysia Perlis, “*Oukup as Traditional Medicine*” di National Taipei University Nurse, “Betangas Budaya Melayu untuk Kesehatan” di Goethe Universitat Frankfurt German dan “Hubungan Sholat Dengan Kualitas Hidup Lansia Di Kecamatan Medan Denai” di Malang.

Editor juga banyak menghasilkan buku-buku diantaranya Pedoman Pelayanan Ambulans PMI, Standar Kompetensi dan Karakteristik Dokter Muhammadiyah (SKKDM), Hafalan dan Ceramah Agama, Modul Program FK Menghafal untuk DPHC, Buku Panduan Program Insan Mulia dan ada banyak lagi. Editor juga pernah ikut merumuskan kebijakan publik pada “*Public Safety Centre*” yang dibentuk pada tahun 2010 dan masih dilaksanakan sampai dengan saat ini.

Penghargaan juga diterima oleh editor diantaranya dari Palang Merah Indonesia dalam kegiatan Bantuan Kemanusiaan sebagai Petugas Kesehatan untuk korban Tsunami NAD dan Nias, penghargaan sebagai motivator bagi mahasiswa dari Pimpinan Komisariat Ikatan Mahasiswa Muhammadiyah serta Tim Bantuan Medis Fakultas Kedokteran UMSU.

TENTANG EDITOR



MUHAMMAD ARIFIN, SPd, MPd, kelahiran Bandar Klippa, 26 Juni 1977. Pria yang saat ini sedang menempuh pendidikan akhir di Program Doktor Manajemen Pendidikan (MP) Sekolah Pascasarjana Unimed aktif mengajar di FKIP UMSU. Aktif menulis sejumlah buku tentang bahan ajar komputer dan pendidikan. Keprihatinan terhadap SDM calon guru yang dinilai belum optimal siap dalam penguasaan teknologi mendasari lahirnya buku sederhana ini. Karya yang dihasilkan buku “Microsoft Office 2007” (Format Publisihing), “E-Learning; Edmodo Go Blog” (2017, UMSU Press) dan “Manajemen Pendidikan Masa Kini (2017, UMSU Press), “Microsoft Word dan Excel untuk Penulisan Karya Ilmiah (Skripsi)” (2019, Prenadamedia Group), “E-Learning Berbasis Edmodo” (Deepublish, 2019). Saat ini sedang menyelesaikan studinya di Sekolah Pascasarjana Unimed Program Studi Manajemen Pendidikan (S3). Aktif menjadi editor di UMSU Press dan Format Publishing.

Buku Ajar **KESEHATAN LINGKUNGAN**

Buku ini memuat 4 bab materi kesehatan lingkungan yang kami ajarkan kepada mahasiswa di fakultas kedokteran, yakni yang terkait dengan masalah air, perumahan, pengelolaan dampak lingkungan dan pengelolaan makanan. Buku ini disertai dengan soal latihan agar mahasiswa diberi kesempatan untuk melatih pemahaman mereka terhadap materi yang diberikan pada setiap bab. Jawaban atas soal latihan ini kami sertakan pada akhir buku ini. Buku ini juga disertai dengan daftar pustaka yang relevan yang berguna sebagai tambahan wawasan mengenai bab-bab yang dipelajari tersebut.



Jl. Kapten Mukhtar Basri No. 3
Medan, Sumatera Utara
Website: <http://umsupress.umsu.ac.id/>
Email: umsupress@umsu.ac.id

