

BAB 2

POLUTAN MIKRO DI DALAM AIR MINUM DAN CARA PENANGGULANGANYA

Oleh :
Nusa Idaman Said

2.1 PENDAHULUAN

2.1.1 Latar Belakang Masalah

Bahaya atau resiko kesehatan yang berhubungan dengan air minum secara umum dapat diklasifikasikan menjadi dua yakni bahaya langsung dan bahaya tak langsung. Bahaya langsung terhadap kesehatan manusia atau masyarakat dapat terjadi akibat mengkonsumsi air yang tercemar atau air dengan kualitas yang buruk, baik secara langsung diminum atau melalui makanan, dan akibat penggunaan air yang tercemar untuk berbagai kegiatan sehari-hari untuk misalnya mencuci peralatan makan dll, atau akibat penggunaan air untuk rekreasi. Bahaya terhadap kesehatan masyarakat dapat juga diakibatkan oleh berbagai dampak kegiatan industri dan pertanian. Sedangkan bahaya tak langsung dapat terjadi misalnya akibat mengkonsumsi hasil perikanan dimana produk-produk tersebut dapat mengakumulasi zat-zat atau polutan berbahaya.

Pencemaran air oleh virus, bakteri patogen, dan parasit lainnya, atau oleh zat kimia, dapat terjadi pada sumber air bakunya, ataupun terjadi pada saat pengaliran air olahan dari pusat pengolahan ke konsumen. Di beberapa negara yang sedang membangun, termasuk di Indonesia, sungai, danau, kolam (situ) dan kanal sering digunakan untuk berbagai kegunaan, misalnya untuk mandi, mencuci pakaian, untuk tempat pembuangan kotoran (tinja), sehingga badan air menjadi tercemar berat oleh virus, bakteri patogen serta parasit lainnya.

Disamping hal tersebut di atas, resiko kesehatan juga dapat diakibatkan oleh polusi senyawa kimia yang tidak menimbulkan gejala yang segera (*acute*), tetapi dapat berpengaruh terhadap kesehatan akibat pemaparan yang terus menerus pada dosis rendah, serta seringkali tidak spesifik dan sulit untuk dideteksi.

Sebagai contoh misalnya senyawa trihalomethan (THHs) atau senyawa khlorophenol yang dapat terjadi akibat hasil samping proses khlorinasi pada proses pengolahan air minum.

Saat ini satu masalah yang banyak dijumpai dalam air minum yakni masalah yang termasuk polutan mikro yang terjadi akibat hasil samping proses khlorinasi. Senyawa tersebut antara lain yakni trihalomethan atau disingkat THMs. Senyawa THMs ini adalah senyawa derivat metan (CH_4) yang mana tiga buah atom Hidrogen (H)nya diganti oleh atom halogen yakni khlor (Cl), Brom (Br) dan iodium (I). Beberapa senyawa THMs yang sering dijumpai dalam air minum antara lain yakni khloroform (CHCl_3), dibromokhloromethan (CHBr_2Cl), bromoform (CHBr_3) dan lain-lainnya.

Adanya senyawa trihalomethan dalam air minum ini pertama kali diungkapkan oleh J. Rook pada sekitar tahun 1972. Pada tahun 1975 Rook mempresentasikan secara lebih lengkap hasil penelitiannya tentang beberapa faktor yang menyebabkan terbentuknya senyawa THMs dalam air minum. Rook menyatakan bahwa senyawa THMs terbentuk akibat reaksi antara senyawa khlorine dengan senyawa alami seperti senyawa humus yang ada dalam air baku.

Setelah penemuan Rook tersebut, *Environmental Protection Agency* (EPA) Amerika Serikat mempresentasikan hasil penelitian yang dilakukan oleh *National Organic Reconnaissance Survey* (NORS) yang menyatakan bahwa THMs ditemukan hampir di seluruh air minum (*finished water*) dan hanya kadang-kadang saja ditemukan pada air bakunya.

Pada tahun 1976, *National Cancer Institute* mengumumkan bahwa senyawa khloroform yang merupakan senyawa THMs yang sering dijumpai dalam air minum, dengan dosis yang cukup tinggi dapat menyebabkan kanker pada tikus. Sekarang ini, hampir tidak ada keraguan lagi bahwa senyawa THMs khususnya khloroform adalah senyawa yang sangat potensial dapat menyebabkan kanker. Oleh karena itu, di Jepang misalnya, konsentrasi senyawa THMs dalam air maksimum yang dibolehkan umumnya yakni 0,01 mg/l, bahkan ada beberapa standar menetapkan konsentrasi maksimum THMs dalam air minum lebih kecil dari yang tersebut di atas.

Meminimalkan risiko bahaya pada pencemaran air minum merupakan aspek yang utama dalam menentukan standar air

minum, namun di samping itu beberapa aspek lain yang perlu diperhatikan pula adalah aspek teknik dan aspek ekonomi.

Penentuan standar air minum akan sangat berpengaruh terhadap kebijaksanaan program pemeliharaan lingkungan air yang diselenggarakan, karena air minum merupakan aspek yang dapat diawasi dan yang paling utama berhubungan dengan manusia disamping aspek-aspek lain. Program lingkungan harus mencakup pengawasan air limbah industri, air limbah rumah tangga dan pembuangan sampah berbahaya, disamping itu pengawasan penerapan sistem pertanian yang melibatkan pupuk dan pestisida yang dapat mencemari air tanah dan air permukaan. Oleh karena itu penerapan standar air minum harus didukung oleh keputusan yang melibatkan bidang politik, ekonomi dan teknologi yang berhubungan dengan program lingkungan. Dalam hal ini pertimbangan yang dikemukakan harus dapat diterima semua pihak karena semua yang dilakukan bertujuan untuk melindungi kesehatan manusia yang kemungkinan mengkonsumsi air minum yang tercemar.

Pengkajian risiko bahaya merupakan usaha yang mendasar untuk mengkuantifikasikan kemungkinan konsekuensi risiko kesehatan apabila berhubungan dengan kondisi tertentu. Dalam hal penggunaan air minum dapat ditampilkan dalam bentuk probabilitas yang berdasarkan pada kelompok populasi. Sebagai contoh batas atas resiko terkena kanker adalah satu per sejuta pada populasi yang mengkonsumsi air minum 2 liter per hari selama 70 tahun. Batas bawah adalah mulai dari satu per milyar hingga nol.

2.1.2 Sumber Pencemaran

Pencemaran air minum adalah merupakan salah satu sumber resiko yang cukup dominan terhadap kesehatan masyarakat, khususnya jika mengkonsumsi air minum yang kurang memenuhi syarat kesehatan. Faktor resiko dari air minum tersebut meliputi infeksi penyakit, keracunan oleh senyawa kimia baik akut maupun kronis serta resiko terhadap senyawa yang bersifat karsinogen atau penyebab kanker.

Kontaminasi air minum yang dipasok untuk keperluan masyarakat umum dapat terjadi akibat pencemaran limbah industri, limbah domestik, limbah bahan berbahaya beracun, korosi dari perpipaannya, dan juga akibat hasil samping

dari proses disinfeksi dengan senyawa khlor. Proses kontaminasinya dapat terjadi mulai dari sumber air baku, selama proses pengolahan ataupun pada pipa distribusinya.

2.1.2.1 Kontaminasi Sumber Air Baku

Sungai, danau dan juga air tanah merupakan sumber air baku air minum untuk memenuhi kebutuhan masyarakat umum maupun untuk kebutuhan industri. Dengan semakin cepatnya pertumbuhan penduduk dengan segala aktifitasnya, telah menyebabkan menurunnya kualitas sumber-sumber air tersebut. Pertumbuhan penduduk di daerah perkotaan tanpa diimbangi dengan fasilitas sanitasi yang memadai telah menyebabkan penurunan kualitas lingkungan.

Di kota-kota besar di Indonesia dan di negara-negara yang sedang membangun, masih banyak masyarakat yang biasa membuang sampah bahkan kotoran ke sungai akibat kurang atau tidak adanya fasilitas yang memadai, sehingga sungai-sungai yang juga merupakan sumber air baku air minum telah tercemar berat. Di samping pencemaran oleh limbah domestik, cepatnya pertumbuhan industri dengan berbagai dampaknya sering kali menyebabkan pencemaran lingkungan di sekitarnya oleh polutan senyawa kimia organik sintetis yang bersifat racun. Di samping pencemaran oleh senyawa organik tersebut di atas, sumber-sumber air permukaan dan juga air tanah dapat juga terkontaminasi secara alami oleh polutan organik misalnya senyawa humus misalnya asam humus dan asam fulvat, terpene, tanin, asam amino, dan polutan alami lainnya.

Air tanah adalah merupakan sumber air bersih yang paling banyak digunakan di Indonesia, karena murah dan kualitasnya relatif baik. Akan tetapi dengan semakin sempitnya lahan khususnya di daerah perkotaan, dan di lain pihak masyarakat umumnya membuang limbah tinja dengan sistem tradisional dengan menggunakan tangki septik sistem resapan tanah, maka telah menyebabkan terjadinya pencemaran air tanah khususnya di lingkungan yang padat penduduk. Hal ini disebabkan karena sistem pembuangan tinja dengan sistem resapan tidak mampu lagi mengatasi beban polusi yang ada. Selain itu, di daerah disekitar lokasi pembuangan limbah baik limbah cair maupun padat dengan rancangan yang kurang sesuai sering terjadi pencemaran air tanah yang serius oleh adanya perpindahan

senyawa kimia, dan yang sering kali terjadi yakni pencemaran air tanah oleh senyawa pelarut organik terkhlorinasi (*chlorinated solvent*) misalnya triklorethylene, tetrakhloroethylene, 1,1,1-trikhloroethane, atau karbontetrakhlorida dan juga bahan produk minyak misalnya benzene dan hidrokarbon aliphatic.

Kontaminan anorganik yang bersifat racun dengan konsentrasi yang sangat kecil (*trace toxic substances*), misalnya senyawa logam berat merkuri, timbal, kadmium dan lainnya juga sering ada di dalam air permukaan akibat limbah industri. Senyawa nitrat adalah polutan yang anorganik yang sering dijumpai di daerah pertanian akibat penggunaan pupuk anorganik. Pencemaran oleh senyawa anorganik juga dapat terjadi secara alami misalnya pencemaran air permukaan atau air tanah di daerah yang banyak mengandung deposit arsen dan selenium, serta radionuklida radium.

Dari uraian tersebut di atas, dapat dilihat dengan jelas bahwa pencemaran sumber air dapat terjadi akibat aktifitas kegiatan manusia maupun terjadi secara alami.

2.1.2.2 Kontaminasi Selama Proses Pengolahan

Teknologi dan prosedur operasi dapat digunakan untuk mencegah masuknya senyawa polutan kedalam air minum. Akan tetapi dengan semakin buruknya kualitas air bakunya, maka biaya produksinya menjadi semakin besar pula. Untuk menghilangkan kotoran dalam air baku misalnya zat organik, padatan tersuspensi, bau dan juga bakteri patogen, banyak menggunakan bahan koagulan misalnya alum, garam besi atau koagulan dari bahan polimer, zat alkali dan juga senyawa untuk membunuh bakteri patogen misalnya gas khlorine atau kaporit atau zat oksidant lainya, dan semuanya itu meninggalkan zat sisa (*residu*) atau produk hasil samping di dalam air olahannya (*finished water*).

Gas khlorine sering mengandung khloroform, karbon tetra khlorida, atau residu lainnya, dan juga dapat bereaksi dengan senyawa organik yang ada dalam air baku dengan menghasilkan senyawa-senyawa misalnya trihalomethane, khloramine, haloacetonitril, asam halo acetat (*haloacetic acid*), halophenol dan zat produk hasil reaksi samping lainnya. Senyawa hasil samping (*by product*) tersebut di atas, ternyata dapat membahayakan kesehatan manusia. Trihalomethane misalnya, telah

diidentifikasi dengan jelas yakni dapat merangsang timbulnya penyakit kanker atau mempunyai sifat karsinogen.

2.1.2.3 Kontaminasi Pada Sistem Distribusi

Pencemaran air minum juga dapat terjadi setelah proses pengolahan, yakni selama mengalir dari tempat pengolahan ke konsumen di dalam sistem perpipaan distribusi. Pipa yang digunakan pada distribusi air minum umumnya dari bahan besi galvanis, tembaga, semen asbestos, atau dari bahan polimer misalnya PVC dan lainnya. Semua bahan-bahan tersebut dapat memberikan kontribusi di dalam pencemaran air air minum terutama apabila pH air agak rendah dan bersifat korosif. Logam timbal (Pb), tembaga (Cu), kadmium (Cd) dan hidrokarbon poli aromatis adalah senyawa polutan yang umum yang terjadi selama air mengalir pada pipa distribusi.

Adanya kerusakan atau kebocoran pipa dapat menyebabkan masuknya air tanah kedalam sistem distribusi terutama apabila tekanan airnya rendah dan lebih kecil dari tekanan air tanah. Dengan masuknya air tanah ke dalam sistem distribusi akan menyebabkan pencemaran baik secara kimiawi maupun pencemaran bakteriologis.

2.2 PENGKAJIAN RISIKO BAHAYA PADA AIR MINUM YANGTERKONTAMINASI

Dalam bentuk yang sederhana pengkajian risiko atau *risk assessment* (RA) dirumuskan sebagai berikut :

$RA = (\text{distribusi dosis}) \times (\text{jumlah orang yang terpapar untuk setiap dosis}) \times (\text{risiko setiap dosis}) \times (\text{waktu})$

Informasi yang diperlukan untuk menampilkan Pengkajian Risiko secara kualitatif dan kuantitatif adalah : 1) Kejadian (*occurrence*), 2) Paparan terhadap manusia (*human exposure*), dan 3) Pengetahuan tentang zat-zat yang beracun. Walaupun tersedia beberapa metoda untuk mengkuantitatifkan faktor-faktor tersebut, namun dalam prakteknya keterbatasan data dan kompleksnya analisa akan mendorong pada asumsi-asumsi dalam rangka penyederhanaan.

Data kuantitatif mengenai frekuensi air minum terkontaminasi dan kisaran konsentrasi senyawa polutan merupakan data yang mendasar untuk dapat menentukan potensi manusia terpapar pada beberapa kondisi dan untuk memperkirakan dampak pemaparan pada beberapa kondisi yang menjadi perhatian. Analisa yang sama harus dilakukan untuk faktor makanan, udara, tempat tinggal dan faktor lain yang memberi andil pada pemaparan terhadap manusia.

Pada umumnya data mengenai air minum merupakan yang paling mungkin diperoleh karena sumber air minum sifatnya khusus dan tersedia metoda analisa dengan kualitas data yang baik dalam hal distribusi pengotor air minum sesuai jenis sumber air, populasi, musim dan variabel lain.

Menghitung pemaparan terhadap manusia dari data kejadian (*occurrence*) memerlukan informasi yang rinci dalam hal pola konsumsi air minum dan makanan serta faktor gaya hidup lainnya, yang sangat sukar untuk dimodelkan. Faktor-faktor ini sangat tergantung pada umur, ukuran, musim dan lokasi. Mengenai konsumsi air minum dari hasil beberapa studi diperoleh angka 1,63 liter per hari. Penelitian terakhir menyimpulkan di Amerika rata-rata konsumsi air minum 1,2 hingga 1,4 liter per hari, dalam hal ini 80 hingga 85 % mengkonsumsi kurang dari 2 liter per hari, dan lebih kurang 1 % mengkonsumsi lebih dari 4 liter per hari.

Pengkajian masalah keracunan, memerlukan ilmuwan-ilmuwan kesehatan yang *qualified* untuk mempelajari bobot dan kompleksnya data yang menggambarkan sifat racun dari zat, memilih hasil penelitian yang paling baik, yang kadang kala terdapat data bertentangan dan tidak sempurna, dan akhirnya sampai pada keputusan dalam hal risiko terhadap kesehatan manusia. Analisa harus melibatkan semua yang berhubungan dengan hal keracunan, antara lain penelitian terhadap binatang yang menyebabkan bahaya *acute*, *subchronic* (90-hari) dan *chronic* (selama hidup). Disamping itu diperlukan juga penelitian mengenai reproduksi dan perkembangan, ilmu keracunan syaraf (*neurotoxicology*), mutagenesis dan *cytogenetics* serta data lainnya yang berhubungan dengan binatang. Tujuan dari penelitian ini untuk memperoleh informasi tentang dosis keracunan, kemudian dapat ditentukan titik akhir yang paling *sensitive* dan paling terlihat untuk suatu grup yang paling *sensitive* kemudian dihitung batas aman pemaparan yang tepat, batas ini

umumnya disebut *acceptable daily intake* (ADI), atau disebut juga *Reference Dose* (RfD).

2.2.1 Penentuan Resiko Bahaya dari suatu Zat Kimia dan Faktor Keamanan

Sifat peracunan suatu zat (*toxicity*) didefinisikan sebagai kualitas hakiki (*intrinsic*) dari suatu senyawa kimia untuk menghasilkan pengaruh yang buruk terhadap makhluk hidup (kesehatan). Sifat peracunan dari senyawa-senyawa kimia yang ditemukan dalam air minum umumnya dibagi menjadi dua kategori yakni pertama : peracunan yang bersifat akut (mendadak) dan peracunan yang bersifat kronis, dan yang ke dua : peracunan yang bersifat dapat menyebabkan kanker (*carcinogenicity*). Akan tetapi resiko mutagenik juga perlu dipertimbangkan. Suatu senyawa kimia yang sama kemungkinan juga dapat menyebabkan pengaruh buruk terhadap kesehatan, yakni pengaruh akut atau kronis, maupun pengaruh yang bersifat karsinogen. Perbedaan dari kedua kategori tersebut yakni dengan asumsi bahwa pada efek peracunan yang bersifat kronis terdapat dosis/nilai ambang batas konsentrasi terkecil (*threshold dose*), sedangkan pada peracunan oleh senyawa kimia yang bersifat karsinogen tidak mempunyai dosis/nilai ambang batas terkecil.

Dalam hal dosis ambang batas terkecil pada efek peracunan kronis, prinsip dasar untuk penentuan standar yakni dengan mendapatkan/menetapkan total dosis harian suatu senyawa kimia yang ada dalam air minum, yang mana dalam prakteknya lebih kecil dari tingkat konsentrasi yang dapat mempengaruhi atau memberikan respons yang buruk terhadap kesehatan. Untuk senyawa yang bersifat racun yang memberikan aksi pengaruh buruk dengan mekanisme tanpa nilai ambang batas (*nonthreshold*), misalnya senyawa yang bersifat karsinogen atau mutagenik, dapat memberikan resiko tanpa batas konsentrasi terkecil (*non zero dose level*).

Oleh karena itu, penentuan standar dosis pemaparan maksimum senyawa polutan dalam air yang diijinkan memerlukan evaluasi faktor-faktor secara kuantitatif maupun kualitatif, termasuk identifikasi dan pengaruhnya yang buruk terhadap kesehatan, sensitifitas, absorpsi secara biologis, distribusi,

mekanisme metabolisme, efek sinergisme atau antagonisme dan lain-lainnya.

2.2.1.1 Efek Dari Senyawa Kimia Non karsinogenik

Banyak senyawa kimia yang ada dalam air minum telah diketahui dapat memberikan pengaruh yang buruk terhadap kesehatan, tetapi biasanya pada tingkat konsentrasi yang jauh lebih besar dari pada konsentrasi yang ada dalam air minum. Nitrat dan nitrit misalnya, dapat menyebabkan methemoglobinemia khususnya pada bayi, timbal (Pb) dapat mempengaruhi sistem saraf atau hematopoetic, kadmium (Cd) dapat menyebabkan kerusakan ginjal, dan senyawa halogen organik dapat menyebabkan keracunan pada hati (liver).

Apabila terdapat data yang sesuai dari studi terhadap hewan percobaan atau epidemiologi tentang toksisitas dari senyawa polutan yang ada dalam air minum, maka untuk menentukan standar konsentrasi dari tiap-tiap senyawa polutan tersebut dapat menggunakan konsep ADI (*acceptable daily intake*) yakni jumlah total senyawa kimia (polutan) yang masuk (dikonsumsi) ke dalam tubuh manusia per hari.

ADI dari suatu senyawa kimia didefinisikan sebagai dosis yang diperkirakan tidak menimbulkan resiko jangka panjang apabila senyawa tersebut dikonsumsi atau masuk ke dalam tubuh tiap hari, akan tetapi ADI bukanlah merupakan garansi keamanan secara mutlak, dan juga bukan merupakan suatu perkiraan resiko. Pengandaian terhadap satu nilai ambang batas konsentrasi terhadap tiap individu di dalam jumlah penduduk yang besar adalah merupakan penyederhanaan. Penduduk secara genetik adalah heterogen dengan sejarah pemaparan, kondisi penyakit sebelumnya, kondisi nutrisi dan kondisi lainnya yang berbeda. Oleh karena itu, setiap individu mempunyai nilai ambang yang unik. Untuk individu tertentu dalam suatu populasi mungkin mempunyai resiko yang tinggi, dan individu lainnya mempunyai kemungkinan mendapatkan resiko yang rendah.

Konsep ADI ini juga kurang sesuai untuk pemakaian senyawa *lipophilic* dan logam berat yang cenderung terjadi proses bioakumulasi. ADI biasanya diturunkan dari analisis secara detail terhadap sifat peracunan dari suatu senyawa kimia yang telah diuji. Tingkat konsentrasi maksimum tanpa memberikan pengaruh buruk (*no observed adverse effect level*, disingkat *NOAEL*) dari

suatu senyawa kimia, ditentukan untuk pengaruh buruk yang lebih sensitif pada sistem pengujian, biasanya terhadap binatang atau kadang-kadang terhadap manusia, dan faktor keamanan atau ketidak-pastian digunakan pada dosis NOAEL untuk menetapkan dosis yang aman terhadap populasi penduduk/manusia secara umum.

Untuk menetapkan ADI yakni dengan cara mengalikan NOAEL hasil ekperimen (mg/kg/hari) dengan berat badan orang dewasa (70 kg) dan dibagi dengan faktor keamanan atau faktor ketidak-pastian.

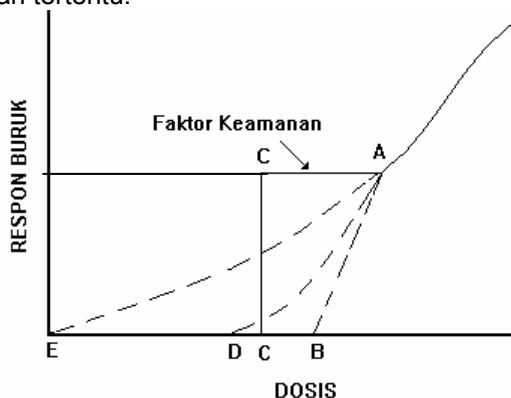
$$\text{ADI (mg/orang/hari)} = \text{NOAEL (mg/kg/hari)} \times 70 \text{ (kg/orang)} / \text{faktor keamanan}$$

Oleh karena ADI adalah merupakan total *intake* (pemasukan) senyawa kimia racun harian dari berbagai macam sumber yakni dari air minum, makanan, dan juga udara atau lainnya, maka untuk menentukan konsentrasi senyawa polutan dalam air minum yang diijinkan dengan asumsi tiap orang dewasa mengkonsumsi 2 liter air minum per hari, harga akhir konsentarsi harus dibagi dengan faktor 2.

$$\text{Target Konsentrasi dalam air minum (mg/l)} = [\text{ADI (mg/hari)} - \text{inhalasi (mg/hari)} - \text{makanan (mg/hari)}] / 2 \text{ (l/hari)}$$

Hasil perhitungan tersebut biasanya digunakan untuk penentuan paparan jangka panjang senyawa kimia racun kronis yang diijinkan yang berasal dari air minum. Dalam beberapa kasus yang berkenaan dengan paparan jangka pendek terhadap anak-anak, yang mana kemungkinan mempunyai resiko yang lebih besar karena ratio konsumsi air minum terhadap berat badan mempunyai harga yang lebih besar, USEPA menetapkan standar perhitungan paparan individual dengan menggunakan asumsi berat badan anak 10 kg dan konsumsi air minum 1 liter per hari, serta menggunakan faktor keamanan 3,5. Ada juga cara lain untuk menentukan konsentrasi ADI yakni dengan konversi dosis berdasarkan luas permukaan tubuh (mg/m² luas) sebagai ganti dari berat badan. Korelasi tersebut kemungkinan lebih sesuai untuk ekstrapolasi dari binatang kecil (misalnya tikus) terhadap manusia dibandingkan dengan apabila data percobaan terhadap anjing atau kera).

Secara umum proses penentuan ADI terhadap beberapa senyawa ditunjukkan seperti pada Gambar 2.1. Garis padat pada gambar tersebut menunjukkan kurva dosis-respon yang ditentukan berdasarkan percobaan. Titik A adalah dosis terbesar dimana tidak menunjukkan efek yang buruk, yang biasanya ditunjukkan dalam mg/L.kg berat badan yang didapatkan dari eksperimen terhadap hewan percobaan. Titik B, D dan E dosis ambang batas terkecil dimana tidak terdapat efek buruk (NOAEL) terhadap manusia, apabila ekstrapolasi kurva dosis-respon AB, AD dan AE benar. Sedangkan Titik C adalah konsentrasi ADI yang ditentukan dengan menggunakan faktor keamanan atau ketidakpastian tertentu.



Gambar 2.1 : Ilustrasi proses penghitungan ADI untuk senyawa kimia tertentu.

Oleh karena Garis AB, AD dan AE adalah merupakan ekstrapolasi maka kurva dosis-respon yang benar pada selang tersebut sebenarnya tidak diketahui. Maksud dari yang menetapkan standar kualitas air tersebut, kurva dosis-respon AB mungkin akan benar karena dosis-respon nol aktual lebih besar dari harga ADI yang telah dihitung (titik C), akan tetapi apabila AD atau AE adalah kurva dosis respon yang benar, maka harga ADI C yang telah dihitung terlalu besar atau harga faktor keamanan (*safety factor*) yang dipilih terlalu kecil, sehingga mungkin beberapa kelompok populasi penduduk akan terkena akibat yang

buruk. Sedangkan AE menunjukkan kurva dosis-respon yang tidak mempunyai nilai ambang batas.

Dari penjelasan tersebut di atas, dapat diketahui bahwa nilai ADI seluruhnya tergantung dari kualitas data percobaan dan penentuan atau pemilihan harga faktor keamanan, yang sepenuhnya ditentukan secara pertimbangan (*judgmental*) atau berdasarkan pengalaman si pengambil keputusan. Hal inilah yang mungkin menyebabkan adanya beberapa perbedaan standar kualitas air terhadap beberapa senyawa kimia.

Selain itu, adanya perbedaan harga standar kualitas air ini, kemungkinan disebabkan karena penentuan standar tersebut tidak semata-mata ditetapkan berdasarkan pengaruhnya terhadap kesehatan, tetapi berdasarkan nilai estetika, yang mana biasanya nilai estetika ini sangat beragam antara masyarakat yang satu dengan lainnya. Oleh karena tidak adanya standar penentuan faktor keamanan (*safety factor*) dan adanya pertimbangan nilai estetika inilah yang menyebabkan adanya standar kualitas air yang beragam terhadap beberapa parameter tertentu.

2.2.1.2 Faktor Keamanan (Ketidak-pastian)

Faktor keamanan adalah angka yang menunjukkan derajat ketidak-pastian yang harus diperhitungkan apabila data percobaan diekstrapolasikan ke populasi manusia. Apabila data kualitas dan kuantitas sangat baik, maka faktor ketidak pastian rendah, namun apabila data percobaan tidak akurat, maka faktor ketidak pastian lebih besar.

Berikut adalah beberapa petunjuk yang digunakan oleh *National Academy of Sciences (NAS) Safe Drinking Water Committee* dan USEPA dalam hal pengembangan petunjuk dan standar air minum dan petunjuk kesehatan.

- a) Faktor 10. Hasil percobaan yang berhasil dari penelitian *human ingestion* yang berkepanjangan tanpa ada indikasi terjadi *carcinogenicity*.
- b) Faktor 100. Tidak terdapat atau sedikit sekali hasil percobaan dari penelitian *human ingestion*. Hasil yang berhasil dari percobaan pemberian makanan terhadap binatang dalam jangka waktu yang panjang namun tidak pernah dicoba terhadap manusia. Dilakukan terhadap satu atau lebih spesies. Tidak terjadi indikasi *carcinogenicity*.

- c) Faktor 1000. Tidak terdapat data mengenai *long-term or acute human*. Hanya terdapat sedikit hasil percobaan terhadap binatang. Tidak terjadi indikasi *carcinogenicity*.

2.2.2 Resiko Senyawa Racun Yang Tidak Memiliki Ambang Batas

2.2.2.1 Identifikasi Senyawa Yang Menimbulkan Efek Carcinogen Terhadap Manusia

Pertanyaan yang mendasar dalam hal pengkajian risiko bahaya carcinogen yang berpotensi terhadap manusia memerlukan definisi dari zat apabila melebihi ambang batas. Apabila para ilmuwan telah menetapkan dasar-dasar untuk menyimpulkan zat yang berpotensi menyebabkan kanker terhadap manusia, maka selanjutnya harus menentukan prosedur mengkuantitatifkan risiko.

The International Agency for Research on Cancer (IARC) telah memberikan pengarahannya dalam mengkaji data base epidemi dan keracunan binatang yang akan menuntun pada kesimpulan sifat *carcinogen* dari beberapa zat. USEPA mengajukan pula pendekatan yang sama dengan beberapa perbaikan.

2.2.2.2 Pengkajian Sifat Carcinogen Secara Kualitatif Oleh USEPA

USEPA menerapkan suatu cara untuk mengkaji secara kualitatif potensi dari suatu kontaminan yang menaikkan risiko kanker terhadap manusia. Sistem ini terdiri dari 5 kelompok yaitu :

Kelompok A : *Human carcinogen* (karsinogen terhadap manusia) : terjadi pada manusia

Kelompok B : Kemungkinan *human carcinogen*: Sangat sedikit terjadi pada manusia atau sama sekali tidak terjadi pada manusia namun banyak terjadi pada hewan.

Kelompok C : Dapat terjadi *human carcinogen* : sedikit terjadi pada binatang, tidak ada data tentang manusia.

Kelompok D : Tidak dapat dikategorikan bersifat karsinogen terhadap manusia : Data tidak cukup atau tidak ada data sama sekali.

Kelompok E : Tidak pernah terjadi efek karsinogen terhadap manusia : Tidak pernah terjadi paling tidak pada dua species.

2.3 SENYAWA POLUTAN YANG BERSIFAT RACUN

EPA Amerika Serikat mendaftarkan beberapa senyawa polutan didalam air yang bersifat racun yang dibuar berdasarkan pertimbangan beberapa hal antara lain tingkat toksisitasnya (*level of toxicity*), kemampuan dapat urai (*degradability*), tingkat keberadaanya di dalam air, serta pengaruh terhadap organisme.

Untuk mengkualifikasikan polutan di dalam air yang bersifat racun, senyawa tersebut harus mempunyai sifat merusak lingkungan dan terdapat di dalam air. Sifat peracunan terhadap manusia ditentukan berdasarkan studi epidemiologi atau didasarkan pada pengaruh terhadap binatang percobaan dihubungkan dengan sifat karsinogenisitas (sifat menimbulkan kanker), mutagenisitas, teratogenisitas atau reproduksi. Sifat racun terhadap ikan atau hewan liar dihubungkan dengan pengaruh yang bersifat akut atau kronis terhadap organisme itu sendiri maupun terhadap manusia akibat bioakumulasi di dalam ikan. Beberapa faktor penting lainnya adalah ketahanan terhadap biodegradasi dan mobilitas, serta kemudahan untuk diolah (*treatability*).

EPA telah memprioritaskan beberapa senyawa polutan racun di dalam air yang terdiri dari 129 jenis senyawa dan secara lengkap ditunjukkan seperti pada Tabel 2.1. Secara mayoritas senyawa-senyawa tersebut dikelompokkan menjadi 10 grup, antara lain : senyawa aliphatis halogen (*halogenated aliphatics*), senyawa phenol, aromatik monosiklik, ethers, nitrosamine, ester phtalate, hidrokarbon aromatik polisiklik, pestisida, *polychlorinated biphenyls* (PCBs) dan logam berat.

Senyawa aliphatis halogen banyak digunakan untuk bahan pemadam kebakaran, *refrigerant*, *propellant* (bahan pembakar), serta zat pelarut. Pengaruhnya terhadap kesehatan adalah dapat merusak sistem saraf pusat, dan merusak liver (hati). Senyawa phenol adalah bahan yang banyak digunakan di dalam industri

khususnya di dalam produksi polimer sintesis, pigment, dan pestisida serta secara alami terdapat di dalam bahan bakar fosil. Senyawa aromatis monosiklik banyak digunakan untuk pembuatan bahan kimia, bahan peledak, zat warna, fungisida dan herbisida. Bahan-bahan tersebut dapat merusak sistem saraf pusat serta dapat mengganggu kerja liver serta ginjal. Ethers adalah pelarut untuk polimer plastik. Senyawa tersebut diduga dapat menyebabkan kanker (karsinogen) dan racun di dalam perairan. Nitrosamine banyak digunakan di dalam produksi bahan kimia organik dan industri karet, dan senyawa tersebut diduga bersifat *carcinogen*. Esther phatalate banyak digunakan untuk produksi *polyvinylchloride* (PVC), dan thermoplastik.

Senyawa ini bersifat racun di dalam perairan serta dapat bersifat biomagnifikasi. Senyawa hidrokarbon aromatik polisiklik terdapat di dalam pestisida, herbisida serta terdapat di dalam produk minyak. Pestisida adalah senyawa yang sangat stabil dan susah untuk di degradasi secara biologis serta dapat biomagnifikasi di dalam rantai makanan. Yang termasuk senyawa ini umumnya adalah senyawa hidrokarbon terklorinasi (*chlorinated hydrocarbons*). Oleh karena itu EPA telah melarang penggunaan aldrin, dieldrin dan chlordane sebagai pestisida. Produksi *polychlorinated biphenyls* (PCBs) telah dilarang sejak tahun 1979. PCBs dapat segera diterima oleh lingkungan akuatik dan masih tetap tahan di dalam sediment dan ikan. PCBs banyak digunakan untuk produksi kapasitor elektronika, industri transformer, cat, palatik, dan insektisida. Logam berat sangat bervariasi dalam hal sifat peracunannya dan beberapa mempunyai sifat biomagnifikasi.

Tabel 2.1 : Prioritas polutan bersifat racun.

1.	acenaphthene
2.	Acrolein
3.	acrylonitrile
4.	benzene
5.	benzidine
6.	Carbon tetrachloride (tetrachloromethane)
Chlorinated ethanes	
7.	chlorobenzene
8.	1,2,4 - trichlorobenzene
9.	hexachlorobenzene
Chlorinated ethanes	
10.	1,2- dichloroethane
11.	1,1,1- trichloroethane
12.	hexachloroethane
13.	1,1-dichloroethane
14.	1,1,2- trichloroethane
15.	1,1,2,2-tetrachloroethane
16.	chloroethane
Chloroalkyl ethers	
17.	<i>Bis</i> (chloromethyl) ether
18.	<i>Bis</i> (2-chloroethyl) ether
19.	2-chloroethyl vinyl ether
Chlorinated naphthalene	
20.	2-chloronaphthalene
Chlorinated phenols (senyawa chlorophenol)	
21.	2,4,6-trichlorophenol
22.	Parachlorometa cresol
23.	Chloroform (trichloromethane)
24.	2-chlorophenol
Dichlorobenzenes	
25.	1,2-dichlorobenzene
26.	1,3- dichlorobenzene
27.	1,4- dichlorobenzene
Dichlorobenzidine	
28.	3,3'-dichlorobenzidine

Tabel : Lanjutan

Dichloroethylenes	
29.	1,1-dichloroethylene
30.	1,2 <i>trans</i> -dichloroethylene
31.	2,4-dichlorophenol
Dichloropropane dan dichloropropene	
32.	1,2- dichloropropane
33.	1,2-dichloropropylene (1,3-dichloropropene)
34.	2,4-dimethylphenol
Dinitrotoluene	
35.	2,4-dinitrotoluene
36.	2,6- dinitrotoluene
37.	1,2-diphenylhydrazine
38.	ethylbenzene
39.	fluoranthene
Haloethers	
40.	4-chlorophenyl phenyl ether
41.	4-bromophenyl phenyl ether
42.	<i>bis</i> (2-chloroisopropyl) ether
43.	<i>bis</i> (2-chloroethoxy) methane
Halomethanes	
44.	methylene chloride (dichloromethane)
45.	methylchloride (chloromethane)
46.	methylbromide (bromomethane)
47.	bromoform (tribromomethane)
48.	dichlorobromomethane
49.	trichlorofluoromethane
50.	dichlorodifluoromethane
51.	dichlorodibromomethane
52.	hexachlorobutadiene
53.	hexachlorocyclopentadiene
54.	isophorone
55.	naphthalene
56.	nitrobenzene
Nitrophenols	
57.	2-nitrophenol
58.	4-nitrophenol
59.	2,4-dinitrophenol
60.	4,6-dinitro- <i>o</i> -cresol

Tabel : Lanjutan

Nitrosamines	
61.	<i>N</i> -nitrosodimethylamine
62.	<i>N</i> -nitrosodiphenylamine
63.	<i>N</i> -nitrosodi- <i>n</i> - propylamine
64.	pentachlorophenol
65.	phenol
Phthalate esters	
66.	<i>bis</i> -(2-ethylexyl) phthalate
67.	butyl benzyl phthalate
68.	di- <i>n</i> -butyl phthalate
69.	di- <i>n</i> -octyl phthalate
70.	diethyl phthalate
71.	dimetyl phthalate
Polynuclear aromatic hydrocarbons	
72.	benzo(a)anthracene (1,2-benzanthracene)
73.	benzo(a)pyrene (3,4-benzopyrene)
74.	3,4-benzofluoranthene
75.	Benzo(<i>k</i>) fluoranthene (11,12- benzofluoranthene)
76.	chrysene
77.	acenaphthylene
78.	anthracene
79.	Benzo(<i>ghi</i>)perylene (1,12-benzoperylene)
80.	fluorene
81.	phenathrene
82.	Dibenzo(<i>a,h</i>)anthracene (1,2,5,6-dibenzanthracene)
83.	Indeno (1,2,3- <i>cd</i>) pyrene (2,3- <i>o</i> -phenylenepyrene)
84.	pyrene
85.	tetrachloroethylene
86.	toluene
87.	trichloroethylene
88.	Vinyl chloride (chloroethylene)
Pesticides and metabolites	
89.	aldrin
90.	dieldrin
91.	chlordane
92.	4,4'-DDT
93.	4,4'-DDE (<i>p,p'</i> -TDX)
94.	4,4'-DDD (<i>p,p'</i> -TDE)

Tabel : Lanjutan

Endosulfan and metabolites	
95.	<i>a</i> -endosulfan-Alpha
96.	<i>b</i> -endosulfan-Beta
97.	Endosulfan sulfate
Endrin and metabolites	
98.	endrin
99.	Endrin aldehyde
Heptachlor and metabolites	
100.	heptachlor
101.	Heptachlor epoxide
Hexachlorocyclohexane	
102.	<i>a</i> -BHC-Alpha
103.	<i>b</i> -BHC-Beta
104.	<i>r</i> -BHC (lindane)-Gama
105.	<i>g</i> -BHC-Delta
Polychlorinated biphenyls (PCBs)	
106.	PCB-1242 (Arochlor 1242)
107.	PCB-1254 (Arochlor 1254)
108.	PCB-1221 (Arochlor 1221)
109.	PCB-1232 (Arochlor 1232)
110.	PCB-1248 (Arochlor 1248)
111.	PCB-1260 (Arochlor 1260)
112.	PCB-1016 (Arochlor 1016)
Insecticide	
113.	toxaphene
Metals	
114.	Antimony (Total)
115.	Arsenic, As (total)
116.	Asbestos (fibrous)
117.	Beryllium (total)
118.	Cadmium ,Cd (total)
119.	Chromium, Cr (total)
120.	Copper, Cu (total)
121.	Cyanide (total)
122.	Lead, Pb (total)
123.	Mercury, Hg (total)
124.	Nickel, Ni (total)

Tabel : Lanjutan

125.	Selenium, Se (total)
126.	Silver, Ag (total)
127.	Thalium (total)
128.	Zinc, Zn (total)
Dioxin	
129.	2,3,7,8-tetrachlorodibenzo- <i>p</i> -dioxin (TCDD)

2.4 STANDAR KUALITAS AIR MINUM NASIONAL

Dalam rangka meningkatkan derajat kesehatan masyarakat, serta agar air minum yang dikonsumsi masyarakat tidak menimbulkan gangguan terhadap kesehatan perlu dilaksanakan berbagai upaya kesehatan termasuk pengawasan kualitas air minum yang dikonsumsi oleh masyarakat. Oleh karena itu Pemerintah Republik Indonesia melalui Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 907/MENKES/SK/VII/2002 tanggal 29 Juli 2002 menetapkan syarat-syarat dan pengawasan kualitas air minum. Jenis air minum yang dimaksud meliputi : air yang didistribusikan melalui pipa untuk keperluan rumah tangga, air yang didistribusikan melalui tangki air; air kemasan, serta air yang digunakan untuk produksi bahan makanan dan minuman yang disajikan kepada masyarakat. Jenis air minum tersebut di atas harus memenuhi syarat kesehatan air minum yang meliputi persyaratan bakteriologis, kimiawi, radioaktif dan fisik.

Berdasarkan Keputusan Menteri Kesehatan tersebut di atas Departemen Kesehatan RI telah menetapkan persyaratan kualitas air minum atau baku mutu air minum. Secara garis besar parameter kualitas air yang menjadi acuan adalah parameter fisik, bakteriologis, parameter kimia, dan parameter radioaktifitas. Di antara seluruh parameter-parameter yang ditentukan parameter kimia merupakan paling banyak jumlahnya. Parameter kimia yang ditetapkan jumlah seluruhnya 100 macam zat atau senyawa, yang terdiri dari :

- a) Bahan-bahan anorganik yang memiliki pengaruh langsung terhadap kesehatan, 16 macam zat. (Tabel 2.2).
- b) Bahan-bahan anorganik yang kemungkinan dapat menimbulkan keluhan pada konsumen, 13 macam zat atau senyawa. (Tabel 2.3).

- c) Bahan-bahan organik yang memiliki pengaruh langsung terhadap kesehatan, 26 macam senyawa. (Tabel 2.4)
- d) Bahan-bahan organik yang kemungkinan dapat menimbulkan keluhan pada konsumen, 11 macam senyawa. (Tabel 2.5).
- e) Senyawa Pestisida, 31 macam senyawa. (Tabel 2.6).
- f) Desinfektan dan hasil sampingnya, 19 macam senyawa. (Tabel 2.7).

Dari seluruh parameter kimia khususnya kimia organik , sebagian senyawa kimia yang dijadikan parameter merupakan senyawa polutan mikro yang bersifat carcinogen dan umumnya merupakan senyawa hidrokarbon terklorinasi (*chlorinated hydrocarbon*). Senyawa-senyawa tersebut dapat masuk ke dalam air minum yang bersumber dari luar maupun dapat terjadi sebagai akibat proses disinfeksi dengan senyawa khlor pada saat proses pengolahan.

Senyawa hasil samping proses disinfeksi dapat terjadi disebabkan karena kualitas air baku yang diolah mengandung polutan organik yang cukup tinggi. Dengan banyaknya senyawa hasil samping proses khlorinasi yang umunya berupa senyawa hidrocarbon terklorinasi misalnya senyawa trihalometan, khlorophenol, khlorobenzene dan lainnya yang mana senyawa-senyawa tersebut mempunyai sifat karsinogen dan kadang-kadang mempunyai sifat mutagenik, maka keberadaannya di dalam air minum yang disuplai ke masyarakat perlu dikontrol dan diawasi.

Pengawasan kualitas air minum dalam hal ini meliputi : air minum yang diproduksi oleh suatu perusahaan, baik pemerintah maupun swasta yang didistribusikan kemasyarakat dengan sistem perpipaan serta air minum yang diproduksi oleh suatu perusahaan, baik pemerintah maupun swasta, didistribusikan kepada masyarakat dengan kemasan dan atau kemasan isi ulang.

2.5 KONTROL SENYAWA MIKRO POLUTAN DI DALAM AIR MINUM

Untuk mencegah atau memperkecil resiko akibat senyawa mikro polutan di dalam air minum dapat dilakukan dengan beberapa cara antara lain memperbaiki kualitas air baku yang digunakan untuk air minum dan juga dengan memilih teknologi pengolahan air yang sesuai dengan kualitas air olahan yang diharapkan. Khusus untuk mencegah terbentuknya senyawa

mikro polutan akibat proses disinfeksi dengan menggunakan senyawa khlorine misalnya mencegah terbentuknya senyawa THMs dalam air minum, prinsipnya yakni mencegah terjadinya reaksi antara senyawa *precursor* dengan senyawa disinfektan khususnya khlorine. Untuk menghindari hal tersebut, cara yang paling penting yakni mencegah pencemaran atau pengotoran terhadap air sungai atau air bakunya. Selanjutnya adalah dengan menghilangkan atau memperkecil konsentrasi *precursor* THMsnya dalam air, sebelum dilakukan proses disinfeksi (khlorinasi).

Beberapa cara untuk menghindari atau mengurangi terbentuknya THMs dalam air minum yakni antara lain :

- Menghilangkan *precursor* THMs dengan menggunakan proses adsorpsi dengan karbon aktif; oksidasi dengan ozon atau oksidator lainnya sebelum dilakukan pembubuhan khlor.
- Menghilangkan senyawa THMs yang terbentuk dengan cara aerasi atau proses adsorpsi dengan karbon aktif.
- Menggunakan disinfektan lainnya misalnya ozon, hidrogen peroksida, khloramine atau khlordioksida.
- Menghilangkan senyawa senyawa yang secara langsung atau tidak langsung dapat menimbulkan terbentuknya THMs, misalnya senyawa organik (BOD, COD), ammonia dll, dengan cara melakukan pengolahan awal (*pretreatment*) secara proses biologi (*biological process*).

Dari beberapa alternatif tersebut di atas, salah satu cara yang perlu dikaji yakni pengolahan pendahuluan (*pretreatment*) dengan proses biologis. Proses ini sebenarnya sangat sederhana tetapi hasilnya cukup baik. Selain menghilangkan zat organik (BOD, COD), proses biologi ini juga dapat menghilangkan ammonia, deterjen, zat organik volatile serta dapat menguraikan beberapa senyawa pestisida.

Untuk skala rumah tangga cara yang mudah dan praktis yakni menggunakan filter karbon aktif. Filter semacam itu sudah banyak dijual dipasaran dengan berbagai macam ukuran, merek dan harga. walaupun demikian sebenarnya filter tersebut dapat dibuat sendiri dengan harga yang jauh lebih murah tetapi dengan kemampuan yang sama. Yang perlu diperhatikan dalam hal ini yakni jangka waktu penggantian media karbon aktif, karena hal ini dipengaruhi oleh debit aliran, volume karbon aktif, jenis karbon aktif itu sendiri serta kualitas air yang di saring.

DAFTAR PUSTAKA

- Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 907/MENKES/SK/VII/2002 tanggal 29 Juli 2002 tentang syarat-syarat dan pengawasan kualitas air minum
- Cotruvo, J.A., Drinking Water Standards and Risk Assessment. Advanced In Chemistry #214, American Chemical Society, Washington DC, 1987.
- JICA : Water Supply Engineering Vol. I. Edited by Japan Water Work Association.
- Kreisel, W., Water Quality and Health. Water Science and technology. Vol.23, Kyoto. pp.201-209, 1991.
- Ebie Kunio and Ashidate Noriatsu : " Eisei Kougaku Enshu - Jousuidou To Gesuidou", Morikita Publishing, Tokyo, JAPAN (1992).
- JICA:" Water Supply Engineering VOL.I ", Edited By Japan Water works Association.
- Lykins,B.W., Moser, R., DeMacro, J. Treatment Techonology In The United States, Disinfection And Controls Of Disinfection By Product, The second Japan - US Governmental Conference On drinking water Quality Management, July 24-26, 1990, Tokyo, Japan.
- Tambo, N and Okasawara, K. " Jousui No Gijutsu (Drinking Water Technology)", Gihoudou, Tokyo, Japan (1992).
- "WATER TREATMENT HAND BOOK", sixth edition, 1991. Degremont, Lavoisier Publishing, Paris.

Tabel 2.2 : Bahan-bahan anorganik yang memiliki pengaruh langsung terhadap kesehatan.

No.	Parameter	Satuan	Kadar maksimum yg diperbolehkan
1	Antimony	mg/liter	0.005
2	Air raksa	mg/liter	0.001
3	Arsenic	mg/liter	0.01
4	Barium	mg/liter	0.7
5	Boron	mg/liter	0.3
6	Cadmium	mg/liter	0.003
7	Kromium	mg/liter	0.05
8	Tembaga	mg/liter	2
9	Sianida	mg/liter	0.07
10	Fluoride	mg/liter	1.5
11	Timah	mg/liter	0.01
12	Molybdenum	mg/liter	0.07
13	Nikel	mg/liter	0.02
14	Nitrat (sebagai NO ₃)	mg/liter	50
15	Nitrit (sebagai NO ₂)	mg/liter	3
16	<i>Selenium</i>	mg/liter	0.01

Sumber : Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 907/MENKES/SK/VII/2002 tanggal 29 Juli 2002

Tabel 2.3 : Bahan-bahan anorganik yang kemungkinan menimbulkan keluhan pada konsumen.

No.	Parameter	Satuan	Kadar maksimum yg diperbolehkan
1	Ammonia	mg/liter	1.5
2	Aluminium	mg/liter	0.2
3	Chloride	mg/liter	250
4	Copper	mg/liter	1
5	Kesadahan	mg/liter	500
6	Hidrogen Sulfide	mg/liter	0.05
7	Besi	mg/liter	0.3
8	Mangan	mg/liter	0.1
9	pH	-	6,5 - 8,5
10	Sodium	mg/liter	200
11	Sulfate	mg/liter	250
12	Padatan terlarut	mg/liter	1000
13	Seng	mg/liter	3

Sumber : Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 907/MENKES/SK/VII/2002 tanggal 29 Juli 2002

Tabel 2.4 : Bahan-bahan organik yang memiliki pengaruh langsung terhadap kesehatan.

No	Parameter	Satuan	Kadar maksimum yg diperbolehkan
A	Chlorinate alkanes :		
1	carbon tetrachloride	µg/liter	2
2	dichloromethane	µg/liter	20
3	1,2 -dichloroethane	µg/liter	30
4	1,1,1 -trichloroethane	µg/liter	2000
B	Chlorinated ethenes		
5	vinyl chloride	µg/liter	5
6	1,1 -dichloroethene	µg/liter	30
7	1,2 -dichloroethene	µg/liter	50
8	Trichloroethene	µg/liter	70
9	Tetrachloroethene	µg/liter	40
10	Benzene	µg/liter	10
11	Toluene	µg/liter	700
12	Xylenes	µg/liter	500
13	benzo[a]pyrene	µg/liter	0,7
14	Chlorinated benzenes	µg/liter	
15	Monochlorobenzene	µg/liter	300
16	1,2 -dichlorobenzene	µg/liter	1000
17	1,4 -dichlorobenzene	µg/liter	300
18	Trichlorobenzenes (total)	µg/liter	20
C	Lain- lain:		
19	di(2-ethylhexy)adipate	µg/liter	80
20	di(2-ethylhexy)phthalate	µg/liter	8
21	Acrylamide	µg/liter	0.5
22	Epichlorohydrin	µg/liter	0.4
23	Hexachlorobutadiene	µg/liter	0.6
24	edetic acid (EDTA)	µg/liter	200
25	Nitriloacetic acid	µg/liter	200
26	Tributyltin oxide	µg/liter	2

Sumber :
Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia
Nomor 907/MENKES/SK/VII/2002 tanggal 29 Juli 2002

Tabel 2.5 : Bahan-bahan organik yang kemungkinan menimbulkan keluhan pada konsumen.

No.	Parameter	Satuan	Kadar maksimum yg diperbolehkan
1	Toluene	µg/liter	24-170
2	Xylene	µg/liter	20-1800
3	Ethylbenzene	µg/liter	2-200
4	Styrene	µg/liter	4-2600
5	Monochlorobenzene	µg/liter	10-12
6	1,2 -dichlorobenzene	µg/liter	1-10
7	1,4 -dichlorobenzene	µg/liter	0.3-30
8	Trichlorobenzenes (total)	µg/liter	5-50
9	2 -chlorophenol	µg/liter	600-1000
10	2,4 -dichlorophenol	µg/liter	0.3-40
11	2,4,6 -trochlorophenol	µg/liter	2-300

Sumber :

Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia
Nomor 907/MENKES/SK/VII/2002 tanggal 29 Juli 2002

Tabel 2.6 : Senyawa pestisida.

No.	Parameter	Satuan	Kadar maksimum yg diperbolehkan
1	Alachlor	µg/liter	20
2	Aldicarb	µg/liter	10
3	aldrin/dieldrin	µg/liter	0.03
4	Atrazine	µg/liter	2
5	Bentazone	µg/liter	30
6	Carbofuran	µg/liter	5
7	Chlordane	µg/liter	0.2
8	Chlorotoluron	µg/liter	30
9	DDT	µg/liter	2
10	1,2 -dibromo-3-chloropropane	µg/liter	1
11	2,4 -D	µg/liter	30
12	1,2 -dichloropropane	µg/liter	20
13	1,3 -dichloropropane	µg/liter	20
14	Heptachlor dan Heptachlor epoxide	µg/liter	0.03
15	Hexachlorobenzene	µg/liter	1
16	Isoproturon	µg/liter	9
17	Lindane	µg/liter	2
18	MCPA	µg/liter	2
19	Molinate	µg/liter	6
20	Pendimethalin	µg/liter	20
21	Pentachlorophenol	µg/liter	9

22	Permethrin	µg/liter	20
23	Propanil	µg/liter	20
24	Pyridate	µg/liter	100
25	Simazine	µg/liter	2
26	Trifluralin Chlorophenoxy herbicides selain 2,4-D dan MCPA	µg/liter	20
27	2,4 -DB	µg/liter	90
28	Dichlorprop	µg/liter	100
29	Fenoprop	µg/liter	9
30	Mecoprop	µg/liter	10
31	2,4,5 -T	µg/liter	9

Sumber :
Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia
Nomor 907/MENKES/SK/VII/2002 tanggal 29 Juli 2002

Tabel 2.7 : Senyawa disinfektan dan hasil sampingnya.

No.	Parameter	Satuan	Kadar maksimum yg diperbolehkan
1	Monochloramine	Mg/l	3
2	di- and trichloramine Chlorine	Mg/l	5
3	Bromate	(µg/liter)	25
4	Chlorite	(µg/liter)	200
5	2,4,6 -trichlorophenol	(µg/liter)	200
6	Formaldehyde	(µg/liter)	900
7	Bromoform	(µg/liter)	100
8	Dibromochloro-methane	(µg/liter)	100
9	Bromodichloro- methane	(µg/liter)	60
10	Chloroform	(µg/liter)	200
11	Chlorinated acetic acids Dichloroacetic acid	(µg/liter)	50
12	Trichloroacetic acid	(µg/liter)	100
13	Chloral hydrate		
14	(Trichloroacetal-dehyde)	(µg/liter)	10
15	Dichloroacetoneitrile	(µg/liter)	90
16	Dibromoacetoneitrile	(µg/liter)	100
17	Trichloroacetoneitrile	(µg/liter)	1
18	Cyanogen chloride	(µg/liter)	70
19	(sebagai CN)	(µg/liter)	25

Sumber :
Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia
Nomor 907/MENKES/SK/VII/2002 tanggal 29 Juli 2002