

BAB
5

PENGELOLAAN AIR LIMBAH

Pembahasan tentang Pengelolaan Air Limbah merujuk pada kurikulum PLH di Jawa Barat Kelas X Semester 1, berkaitan dengan Standar Kompetensi:

- 1) Mencintai lingkungan hidup dalam upaya menmbuhkan kepedulian terhadap lingkungan.
- 2) Menganalisis kondisi ketertiban, kebersihan, dan keindahan lingkungan sekitar melalui kegiatan pengamatan.
- 3) Mencintai ketertiban, kebersihan dan keindahan lingkungan sekitar.
- 4) Menerapkan ketertiban, kebersihan, dan keindahan lingkungan sekitar.

Serta merujuk pada GBIM KLH Tahun 2006, tentang:

- 1) Sumber air limbah rumah tangga
- 2) Pembuangan air limbah

Air limbah dihasilkan dari berbagai sumber yaitu aktivitas rumah tangga, industri, pertanian, pertambangan dan lain-lain. Air limbah tersebut seharusnya dikelola dan diolah dengan baik sebelum dibuang ke lingkungan. Namun, karena kurangnya pengetahuan, tanggungjawab dan pengawasan, seringkali air limbah dibuang begitu saja ke lingkungan. Akibatnya, manusia dan lingkungan terkena dampak buruk dari limbah tersebut. Kesehatan manusia menjadi terganggu, begitu pula dengan keseimbangan lingkungan.

A. SUMBER AIR LIMBAH

Air limbah dapat berasal dari sejumlah sumber yaitu air limbah dari aktivitas rumah tangga, industri, pertanian dan pertambangan. Air limbah tersebut banyak mencemari sungai-sungai dan wilayah perairan lainnya di daerah perkotaan.

1. Air limbah rumah tangga

Setiap rumah tangga menghasilkan limbah, baik berupa limbah padat (sampah) maupun limbah cair. Limbah padat dapat dikenali dengan mudah tetapi tidak demikian halnya dengan limbah cair. Limbah cair dari rumah tangga merupakan gabungan dari berbagai sumber, sehingga sulit dikenali secara langsung. Bahkan, diantara komponen-komponen yang terkandung di dalamnya bisa terdapat limbah beracun dan berbahaya (Limbah B3). Karena itu, diperlukan perlakuan atau *treatment*, sebelum dibuang ke tubuh-tubuh air seperti sungai dan danau.

Sumber utama air limbah rumah tangga adalah berasal dari perumahan dan daerah perdagangan, perkantoran atau lembaga serta fasilitas rekreasi. Air limbah rumah

tangga juga termasuk di dalamnya limbah dari industri rumah tangga (*home industry*) seperti industri tahu, tempe, rumah makan, dan lain-lain perlu dikelola. Limbah dari industri rumah tangga tersebut menimbulkan bau yang tidak enak dan mengganggu lingkungan sekitarnya. Salah satu cara mengelola limbah rumah tangga adalah dengan membuat 3 bak. Ketiga bak tersebut digunakan sebagai tempat pengendapan limbah secara bertahap. Dengan demikian, air limbah yang keluar dari bak terakhir sudah tidak membahayakan lagi.

Dari banyak limbah rumah tangga, limbah yang banyak mencemari lingkungan adalah dari bahan cair yaitu berupa detergen. Air bekas cucian biasanya akan langsung dibuang ke lingkungan sebagai polutan. Penggunaan detergen yang menyebabkan pencemaran terjadi karena detergen umumnya mengandung kadar fosfat yang tinggi. Fosfat adalah merupakan komponen hara yang membuat fitoplankton dan mikroorganisma di air berebut untuk memakannya. Dengan fitoplankton dan mikroorganisma yang gemuk akibat kelebihan makanan, maka suplai oksigen di dalam air berkurang. Padahal makhluk hidup di dalam sungai, seperti ikan, membutuhkan oksigen. Akibatnya segelintir saja ikan yang bisa bertahan hidup di sungai-sungai.



Gambar 5.1: Sungai yang telah tercemar air limbah rumah tangga
Sumber: <http://www.pu.go.id>

2. Air limbah industri

Industri menghasilkan limbah sisa proses produksi. Limbah tersebut bervariasi tergantung dari jenis dan besar kecilnya industri, pengawasan pada proses industri, derajat penggunaan air, dan derajat pengolahan air limbah yang ada.

Industri-industri tertentu, misalnya industri kimia, dalam proses pengolahannya menggunakan bahan-bahan kimia berbahaya, sehingga pengolahan limbahnya lebih rumit. Industri lainnya, misalnya industri penyamakan kulit juga menggunakan bahan-bahan kimia yang membahayakan lingkungan.

Besar kecilnya industri juga berkaitan dengan besar kecilnya jumlah limbah yang dihasilkan. Industri yang besar biasanya menghasilkan limbah dalam jumlah besar, demikian sebaliknya.

Faktor pengawasan juga berperan penting dalam mengendalikan jumlah limbah yang dihasilkan dari proses industri. Setiap industri menggunakan air yang berbeda. Industri tekstil merupakan contoh industri yang menggunakan air dalam jumlah besar.

Tingkat pengolahan limbah juga menentukan besar kecilnya limbah yang dihasilkan. Pengolahan air limbah yang dilakukan secara baik akan menghasilkan limbah dalam jumlah yang kecil.



Gambar 5.2: Limbah dari aktivitas industri yang dibuang ke sungai dapat mencemarinya dan berdampak buruk bagi kesehatan dan lingkungan

Sumber: <http://www.e-dukasi.net>

3. Air limbah dari aktivitas pertanian

Aktivitas pertanian menghasilkan limbah yang umumnya berupa pestisida dan pupuk. Penggunaan pestisida bertujuan untuk membunuh hama, tetapi penggunaan yang berlebihan justru dapat membunuh kehidupan. Pestisida dapat mengkontaminasi sayuran dan buah-buahan yang pada gilirannya dapat meracuni konsumen. Para petani juga sering menggunakan pupuk secara berlebihan. Akibatnya, pupuk tersebut akan terbawa air hujan dan memasuki ekosistem perairan seperti sungai dan danau. Pupuk yang banyak mengandung nutrisi dapat merangsang pertumbuhan gulma penyebab terjadinya *eutrofikasi*. Limbah dari pertanian juga dapat mengkontaminasi organisme yang hidup di perairan yang pada gilirannya dikonsumsi oleh manusia.



Gambar 5.3: Eutrofikasi berupa tumbuhnya eceng gondok akibat limbah dari pertanian

4. Air limbah dari aktivitas pertambangan

Bahan tambang yang diperoleh dari aktivitas pertambangan memerlukan pemrosesan lanjutan sebelum menjadi barang berharga. Sebagai contoh, proses di pertambangan emas memerlukan air raksa atau Hg untuk memperoleh emas yang diinginkan. Air limbah dari proses tersebut akan masuk ke dalam air sungai maupun danau dan akan meracuni kehidupan di dalamnya. Air sungai akan membawa limbah tersebut sampai jarak yang sangat jauh dari sumber asalnya. Manusia yang mengkonsumsi ikan atau kerang-kerangan dari sungai atau danau yang tercemar limbah air raksa akan terganggu kesehatannya.

B. PEMBUANGAN AIR LIMBAH DAN AIR HUJAN

Air limbah dari dari berbagai sumber dapat harus diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan. Jika tidak, air limbah berpotensi merusak lingkungan dan mengganggu kesehatan manusia. Uraian berikut menjelaskan pengolahan air limbah, terutama dari limbah rumah tangga dan industrinya serta pembuangan air hujan.

1. Air Limbah Rumah Tangga

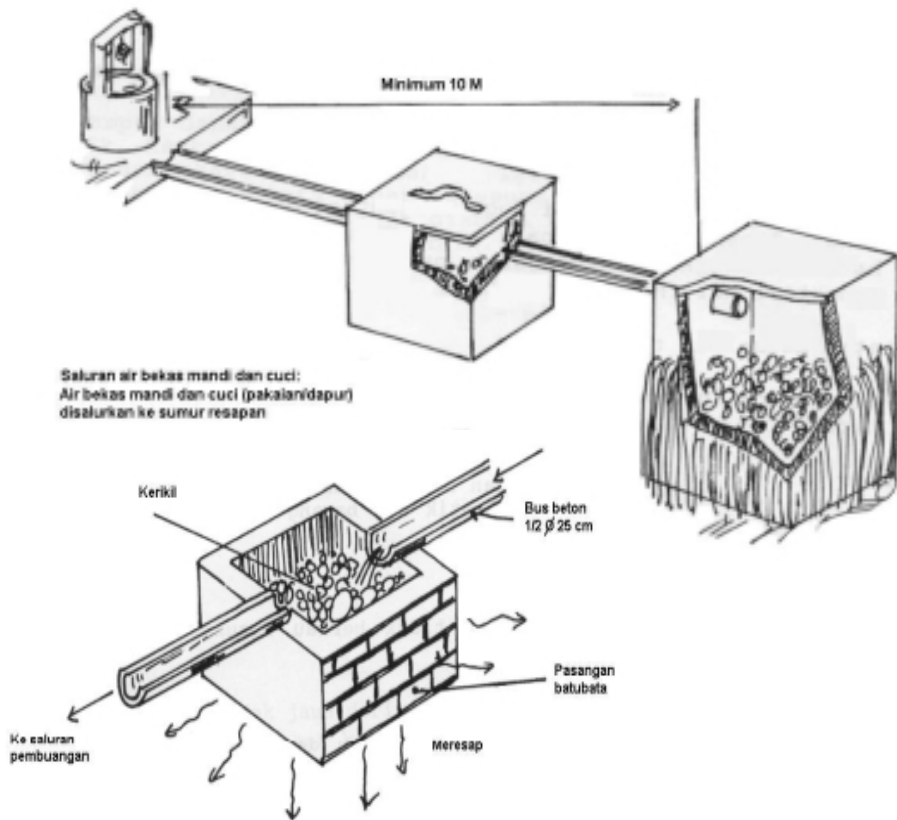
Air limbah rumah tangga biasanya dibuang langsung melalui saluran yang dialirkan ke sungai. Cara tersebut tentu akan menimbulkan pencemaran lingkungan yang pada gilirannya akan berdampak buruk bagi manusia dan makhluk hidup lainnya. Sebelum dibuang ke sungai, limbah sebaiknya diolah terlebih dahulu terutama limbah industri rumah tangga. Air limbah rumah tangga dapat berasal dari kamar mandi (mandi dan cuci), dan toilet (Buang Air Besar dan Buang Air Kecil).

a. Air limbah dari kamar mandi dan cuci

Limbah rumah tangga yang dimaksud di sini adalah limbah bekas mandi dan cuci. Berdasarkan panduan Teknologi Tepat Guna yang dikeluarkan oleh Menteri Negara

Riset dan Teknologi, tempat mandi dan cuci dibuat dapat dari batu bata, campuran semen dan pasir. Berikut adalah penampang bak saluran bekas mandi dan cuci.

Limbah yang telah melewati bak kontrol dapat langsung dibuang melalui got atau ditampung kembali pada sumur resapan. Pada sumur resapan diberi kerikil dan pasir. Jarak antara sumur air bersih ke sumur resapan minimum 10 m agar supaya jangan mencemarinya. Pembuatan dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 5.4: Bak saluran bekas mandi dan cuci
Sumber: Direktorat Perumahan, Ditjen Cipta Karya-Dept. PU.

Pemeliharaan adalah agar saluran setiap hari perlu dibersihkan dengan memakai sapu, atau alat lain, jangan membuang benda-benda padat seperti: batu kerikil, kertas, kain, plastik dan barang-barang lainnya, dan semua resapan perlu sering dikontrol, agar bagian-bagian yang tersumbat dibersihkan.

Keuntungan sistem ini adalah pembuatannya mudah, bahan-bahan ada di sekitar kita dan konstruksinya sederhana. Kerugiannya pembuangan air kotor ini juga tergantung dari struktur lapisan tanah. Tanah yang liat pada musim kemarau akan bongkah-

bongkah hal ini mungkin berpengaruh pada sumber air bersih. Untuk mengatasi hal ini agar jaraknya perlu lebih diperpanjang lagi.

b. Air limbah dari toilet

Air limbah dari toilet adalah berupa air sisa BAB dan BAK. Air tersebut dialirkan dan ditampung dalam tempat pembuangan khusus yaitu septictank. Septik tank atau *cubluk* adalah penampungan air kotoran manusia. Septik tank adalah penampungan dari kakus. Bak penampung kotoran (septik tank) perlu dirancang dengan sistem dua bak yaitu bak A sebagai pengumpul dan bak B sebagai peresapan. Jika air kotoran telah diresapkan selanjutnya dihubungkan dengan saluran pipa pralon. Air limbah kakus dialirkan melalui pralon ke bak penampung kotoran berdinding kedap air. Berikut ini contoh membuat bak penampung kotoran dengan jumlah keluarga 6 orang dan dalam jangka waktu 5 tahun, sedangkan waktu tinggal dalam tangki direncanakan minimal 2 hari (24 jam).

Untuk mendapatkan gambaran besarnya tangki yang harus dibuat maka diperoleh dengan cara sebagai berikut :

- 1) Jumlah air limbah yang dibuang setiap hari sekitar 100 liter/orang/hari.
- 2) Besarnya tangki pencerna dalam 1 tahun $2 \times 6 \times 100 \text{ liter} = 1.200 \text{ liter}$.
- 3) Banyaknya lumpur sebesar 30 liter/orang/tahun.
- 4) Banyaknya lumpur selama 5 tahun $6 \times 30 \text{ liter} \times 5 = 900 \text{ liter}$.
- 5) Jadi untuk melayani keluarga tersebut di atas diperlukan tangki pencerna 1,2 m³ dengan ruang pengumpul lumpur sebesar 0,9 m³.

Bahan-bahan yang akan digunakan, sbb.:

- | | | |
|-----------------|----------|-------------------|
| 1) Batu bata | 4) Ijuk | 7) Pipa pralon |
| 2) Seng/genteng | 5) Semen | 8) Kerikil |
| 3) Pasir | 6) Lem | 9) Tangki kotoran |

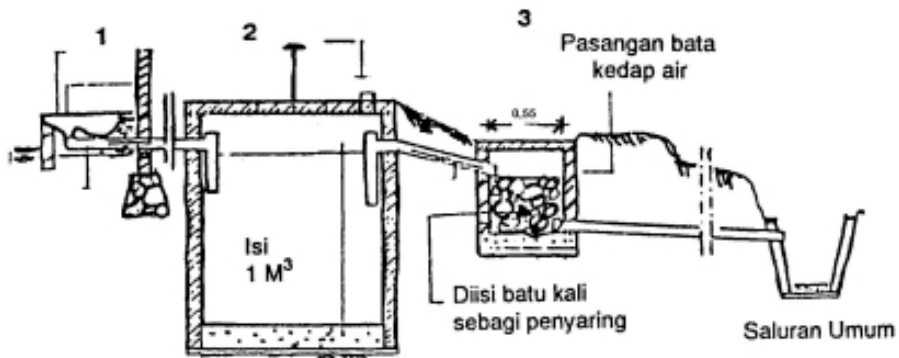
Peralatan yang akan dipakai, sbb:

- | | |
|------------|-------------------|
| 1) Gergaji | 4) Cetok & parang |
| 2) Cangkul | 5) Ember |
| 3) Meteran | 6) Besi runcing |

Cara pembuatannya, sbb.:

Bangunan kakus dibuat dari batu bata, campuran semen an pasir, serta atapnya dari genteng/seng. Kakus dengan lubang leher angsa dipasang (1), kemudian dibuat tangki kotoran dengan dinding kedap air. Untuk mengalirkan udara dari tangki keluar dipasang pula pralon berukuran kecil yang berbentuk huruf T. Kemudian dibuat sumur resapan yang didalamnya diisi kerikil, ijuk dan dinding peresapan berlubang-lubang. Pembuatannya dapat dilihat pada Gambar 5.5.

Pemeliharaannya perlu dibersihkan dengan menggunakan karbol/densol dengan takaran sesuai aturan. Jangan masukkan benda-benda padat seperti kerikil, batu, kertas, kain, plastik dsb. Karena akan menyumbat saluran air. Keuntungan model ini adalah mudah dibuat, sederhana, bahan mudah didapatkan dan murah. Sedangkan kerugiannya peresapan air tergantung dari kapasitas tangki/bak dan jenis tanahnya. Semakin kecil bak peresapan semakin kecil resapannya.



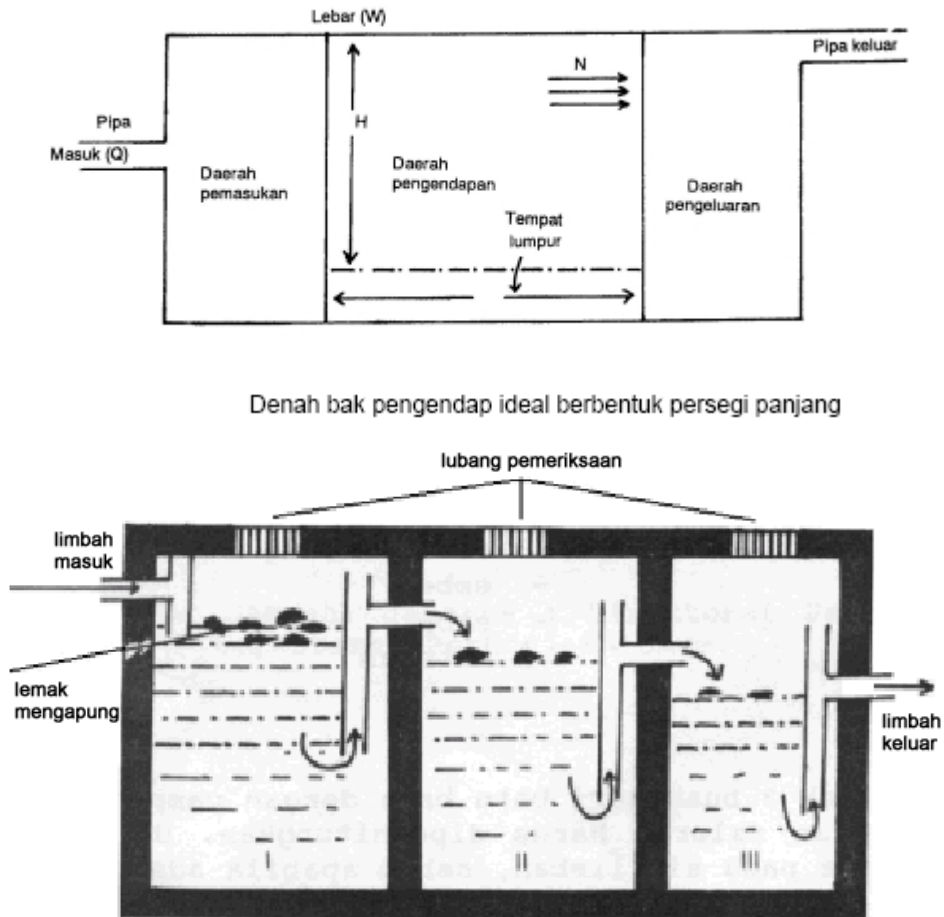
Gambar 5.5: Pengelolaan air limbah kakus
 Sumber: Direktorat Perumahan, Ditjen Cipta Karya-Dept. PU

2. Pengelolaan limbah industri rumah tangga

Industri rumah tangga seperti industri tempe, tahu, rumah makan, dan lain-lain perlu dikelola. Limbah dari industri rumah tangga tersebut menimbulkan bau yang tidak enak dan mengganggu lingkungan sekitarnya. Salah satu cara mengelola limbah rumah tangga adalah dengan membuat 3 bak. Ketiga bak tersebut digunakan sebagai tempat pengendapan limbah secara bertahap. Dengan demikian air limbah yang keluar dari bak terakhir sudah tidak membahayakan lagi.

Bahan untuk membuat instalasi pengelolaan limbah industri rumah tangga adalah batubata, semen, pipa pralon, lem, pasir dan lempengan besi. Pembuatan bak instalasi sebanyak 3 buah dari batu bata dengan campuran pasir dan semen. Kemiringan saluran harus diperhitungkan. Usahakan jangan sampai ada benda pada air limbah, sebab apabila ada akan menempel dan menyumbat saluran. Antara bak satu dengan lainnya dihubungkan pipa pralon, antara satu dengan yang lain letaknya lebih rendah. Susunan dan sifat air limbah yang berasal dari limbah industri rumah tangga tergantung pada macam dan jenisnya, industri. Air limbah dapat berupa limbah dari pabrik susu, rumah makan, pemotongan hewan, pabrik tahu, pabrik tempe, dsb. Kotoran air limbah yang masuk ke bak I, akan mengapung. Pada bagian bawah limbah melalui pipa akan terus mengalir ke bak II. Lemak akan tertinggal dan akan menempel pada dinding. Untuk mengambil lemak perlu diserok. Dalam Bak II limbah akan

mengalami pengendapan, terus ke bak III begitu juga. Dari pipa pralon pada bak III air limbah akan keluar dan sudah tidak membahayakan lagi. Untuk membawa lumpur diperlukan kecepatan 0.1m/detik dan untuk membawa pasir kasar perlu kecepatan 0,2m/detik. Cara pembuatannya dapat dilihat Gambar 5.6 berikut.



Gambar 5.6: Bak limbah industri
Sumber: Sugiharto, 1987.

3. Pembuangan Air hujan (Sumur Resapan)

Air hujan merupakan rezeki bagi kehidupan di permukaan bumi. Dengan air hujan banyak sekali makhluk hidup yang dapat melangsungkan kehidupannya. Namun demikian, jika lingkungan alam telah rusak, peristiwa hujan terkadang menjadi musibah bagi manusia. Jika hujan telah menjadi musibah, seperti terjadinya banjir lokal, maka air hujan perlu ditangani dengan baik dan salah satunya dengan cara pembangunan sumur resapan.

Sumur resapan adalah sumur atau lubang pada permukaan tanah yang dibuat untuk menampung air hujan agar dapat meresap ke dalam tanah sehingga mempertahankan

bahkan meningkatkan tinggi muka air tanah dan mengurangi laju air permukaan (surface runoff) yang dapat menimbulkan banjir. Sumur resapan merupakan kebalikan dari sumur air minum yang berfungsi untuk menaikkan air tanah ke permukaan. Selain fungsi-fungsi di atas, sumur resapan berfungsi sebagai pengendali banjir (aliran permukaan), melindungi dan memperbaiki air tanah serta menekan laju erosi.

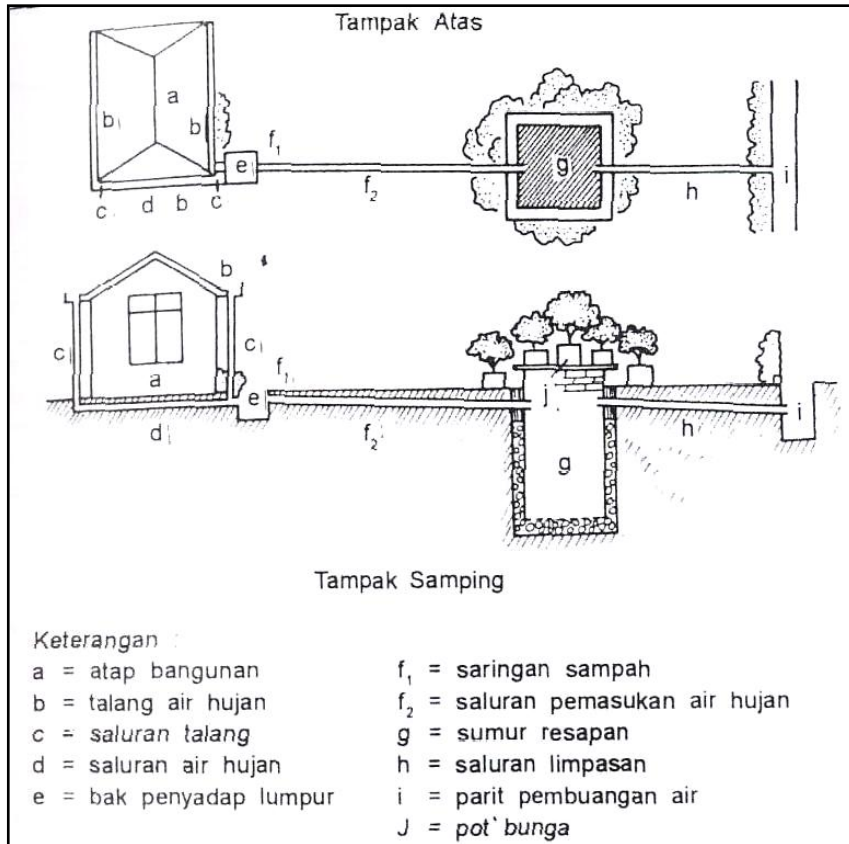
Konstruksi sumur resapan sebagaimana layaknya sumur gali yang dilengkapi perkuatan dinding dengan ruang sumur tetap direncanakan kosong guna menampung semaksimal mungkin air hingga dimensinya optimal. Kendala estetika dapat diatasi dengan menutup bagian atas sumur menggunakan plat beton kemudian tanah dan lumpur ataupun dengan kombinasi pembuatan taman.

Konstruksi Sumur Resapan Air (SRA) merupakan alternatif pilihan dalam mengatasi banjir dan menurunnya permukaan air tanah pada kawasan perumahan, karena dengan pertimbangan a) pembuatan konstruksi SRA tidak memerlukan biaya besar, b) tidak memerlukan lahan yang luas, dan c) bentuk konstruksi SRA sederhana.

Sumur resapan air merupakan rekayasa teknik konservasi air yang berupa bangunan yang dibuat sedemikian rupa sehingga menyerupai bentuk sumur gali dengan kedalaman tertentu yang berfungsi sebagai tempat menampung air hujan diatas atap rumah dan meresapkannya ke dalam tanah (Dephut,1994). Manfaat yang dapat diperoleh dengan pembuatan sumur resapan air antara lain : (1) mengurangi aliran permukaan dan mencegah terjadinya genangan air, sehingga memperkecil kemungkinan terjadinya banjir dan erosi, (2) mempertahankan tinggi muka air tanah dan menambah persediaan air tanah, (3) mengurangi atau menahan terjadinya intrusi air laut bagi daerah yang berdekatan dengan wilayah pantai, (4) mencegah penurunan atau amblasan lahan sebagai akibat pengambilan air tanah yang berlebihan, dan (5) mengurangi konsentrasi pencemaran air tanah (Dephut, 1995).



Gambar 5.7: Rumah di desa dengan sumur resapan



Gambar 5.8: Konstruksi sumur resapan
 Sumber: Direktorat Perumahan, Ditjen Cipta Karya-Dept. PU

C. DAMPAK AIR LIMBAH TERHADAP KESEHATAN DAN LINGKUNGAN

Air limbah yang dibuang ke lingkungan tanpa melalui proses pengolahan dapat membawa dampak buruk bagi kesehatan manusia dan lingkungan. Dampak tersebut dapat terjadi atau terasa secara cepat ataupun perlahan-lahan. Manusia yang mengkonsumsi air atau makanan yang telah mengandung polutan akan merasakan dampaknya setelah sekian lama dilakukan. Sementara itu, ada pula dampak yang segera terjadi setelah air limbah dibuang ke lingkungan.

1. Dampak air limbah bagi kesehatan

Air limbah yang dihasilkan dari berbagai sumber, jika tidak dikelola dengan baik akan berdampak buruk bagi kesehatan. Air limbah dapat menjadi media penularan penyakit maupun menjadi tempat berbagai jenis bakteri penyebab penyakit. Penyakit kolera, radang usus, hepatitis infektiosa, schistosomiasis menular melalui media air. Dalam limbah sendiri dapat menjadi tempat hidup bagi bakteri patogen penyebab penyakit. Bakteri-bakteri tersebut diantaranya:

- 1) Virus, menyebabkan penyakit polio dan hepatitis.
- 2) Vibrio Kolera, menyebabkan penyakit kolera asiatika.
- 3) Salmonella Typhosa a dan Salmonella Typhosa b, menyebabkan penyakit tipus
- 4) abdominalis dan para tipus.
- 5) Salmonella Spp., menyebabkan keracunan makanan.
- 6) Shigella Spp, menyebabkan disentri bacillair
- 7) Basillus Anthraksis, menyebabkan penyakit anthrak.
- 8) Brussella spp, menyebabkan penyakit brusellosis
- 9) Mikrobakterium Tuberkulosa, menyebabkan penyakit tuberkolosis.
- 10) Leptospira, menyebabkan penyakit weil
- 11) Entamuba Histolitika, menyebabkan penyakit amuba disentri.
- 12) Skhistosoma Spp., menyebabkan penyakit skhistosomiasis
- 13) Taenia Spp., menyebabkan penyakit cacing pita.
- 14) Askaris Spp Enterobius Spp., menyebabkan penyakit cacingan.

Air limbah, terutama limbah B3, juga dapat menyebabkan iritasi, bau dan suhu yang tinggi. Bahkan, banyak kasus yang sangat terkenal seperti penyakit Minamata di di Teluk Minamata Jepang yang menyebabkan kecacatan pada bayi yang dilahirkan akibat limbah air raksa dari industri yang yang dibuang ke wilayah perairan.



Gambar 5.9: Seorang anak yang dilahirkan cacat karena limbah di Teluk Minamata Jepang

Sumber: <http://www.rootconcepts.com>

2. Dampak air limbah bagi lingkungan

Lingkungan yang terkena air limbah dapat mengalami berbagai kerusakan. Kerusakan tersebut dapat berupa penurunan kualitas air, gangguan terhadap kehidupan biotik dan gangguan terhadap estetika/keindahan.

a. Penurunan Kualitas Air

Air limbah secara langsung dapat menurunkan kualitas air. Kualitas air dapat diukur dengan menggunakan indikator fisik dan kimia. Secara fisik, air yang baik adalah air yang tidak berwarna, berbau dan berasa. Secara kimia, air yang baik adalah air yang tidak mengandung komponen-komponen kimia yang membahayakan kehidupan manusia dan makhluk lainnya. Wilayah perairan yang dialiri air limbah, secara fisik akan terlihat dari warna yang berubah. Selain itu, timbul bau dan rasa pada air tersebut. Secara kimia, air yang terkena limbah akan berubah komposisi kimianya.

b. Gangguan terhadap kehidupan biotik

Air limbah akan masuk ke wilayah perairan, baik sungai, danau maupun laut. Sebelum masuknya limbah, wilayah perairan tersebut menjadi habitat bagi banyak spesies ikan dan biota lainnya yang berperan penting dalam ekosistem dan memberi manfaat ekonomi bagi manusia.

Masuknya limbah ke lingkungan perairan mengakibatkan turunnya kadar oksigen yang terlarut dalam air. Padahal, ikan dan biota lainnya membutuhkan air yang memiliki kandungan oksigen di dalamnya. Akibatnya, biota yang hidup dalam lingkungan perairan menjadi kekurangan oksigen, sehingga lama kelamaan mereka akan mati. Matinya biota tersebut juga disebabkan karena air limbah mengandung bahan-bahan kimia yang beracun.

Selain ikan dan tumbuhan, bakteri yang hidup dalam lingkungan perairan juga akan mati. Akibatnya, air limbah akan sulit diuraikan, sehingga menghambat kemampuan air yang sudah terkena limbah untuk memurnikan dirinya kembali (Self Purification).

Disamping komposisi kimianya yang berbahaya, secara fisik air limbah juga berbahaya. Warnanya yang kotor atau keruh menghalangi masuknya sinar matahari ke dasar perairan dan menghambat berkembangnya kehidupan di dalamnya. Air limbah yang dibuang juga seringkali dalam kondisi bersuhu tinggi, sehingga kehidupan dalam air juga terganggu.



Gambar 5.10: Ikan yang mati karena limbah
Sumber: <http://fransmargoleo.blogs.friendster.com>

c. Gangguan terhadap keindahan

Air limbah dapat menimbulkan bau yang sangat menyengat. Sebagai contoh, pabrik tahu yang membuang ampasnya ke lingkungan perairan dapat menimbulkan bau karena terjadinya pembusukan oleh zat organik yang ada di dalamnya. Selain itu, tentu saja lingkungan perairan juga menjadi kotor, sehingga mengurangi keindahan.



Gambar 5.11' Sungai yang tercemar limbah
Sumber: <http://www.sungaijuru.com>

d. Gangguan terhadap kerusakan benda

Air limbah dapat menimbulkan kerusakan pada benda yang dilaluinya. Apabila limbah tersebut mengandung Karbondioksida aktif, maka akan mempercepat proses pengkaratan. Demikian pula jika air limbah tersebut memiliki pH yang rendah atau bersifat asam dan pH yang tinggi atau bersifat basa, keduanya akan menimbulkan kerusakan pada benda-benda yang dilaluinya. Jika air limbah mengandung lemak, maka lemak akan menempel pada benda-benda yang dilaluinya dan dapat menimbulkan kerusakan.

D. LIMBAH B3 SERTA DAMPAKNYA

Pengertian limbah B3 berdasarkan definisi BAPEDAL (1995) ialah setiap bahan sisa (limbah) dari suatu kegiatan proses produksi yang mengandung bahan berbahaya dan beracun (B3) karena sifat dan serta konsentrasinya dapat mencemari lingkungan dan membahayakan kesehatan manusia. Proses pencemaran terhadap lingkungannya dapat secara langsung maupun tidak langsung dapat merusak. Contoh, limbah B3 ialah logam berat seperti Al, Cr, Cd, Cu, Fe, Pb, Mn, Hg, dan Zn serta zat kimia seperti pestisida, sianida, sulfida, fenol dan sebagainya. Cd dihasilkan dari lumpur dan limbah industri kimia tertentu sedangkan Hg dihasilkan dari industri klor-alkali, industri cat, kegiatan pertambangan, industri kertas, serta pembakaran bahan bakar fosil. Pb dihasilkan dari

peleburan timah hitam dan accu. Logam-logam berat pada umumnya bersifat racun sekalipun dalam konsentrasi rendah.

Peraturan pemerintah tentang perubahan atas peraturan pemerintah nomor 18 tahun 1999 tentang pengelolaan limbah bahan berbahaya dan beracun menyebutkan bahwa Limbah B3 dapat diidentifikasi menurut sumber dan atau uji karakteristik dan atau uji toksikologi.

Jenis limbah B3 menurut sumbernya meliputi tiga jenis yaitu (1) limbah B3 dari sumber tidak spesifik; (2) Limbah B3 dari sumber spesifik; dan (3) Limbah B3 dari bahan kimia kadaluarsa, tumpahan, bekas kemasan, dan buangan produk yang tidak memenuhi spesifikasi. Selain berdasarkan jenisnya, limbah B3 dapat ditentukan berdasarkan uji karakteristik limbah B3 yaitu meliputi :

- 1) mudah meledak; limbah mudah meledak adalah limbah yang melalui reaksi kimia dapat menghasilkan gas dengan suhu dan tekanan tinggi yang dengan cepat dapat merusak lingkungan.
- 2) mudah terbakar; limbah mudah terbakar adalah limbah yang bila berdekatan dengan api, percikan api, gesekan atau sumber nyala lain akan mudah menyala atau terbakar dan terus terbakar hebat dalam waktu lama
- 3) bersifat reaktif; limbah reaktif adalah limbah yang menyebabkan kebakaran karena melepaskan atau menerima oksigen atau limbah organik peroksida yang tidak stabil dalam suhu tinggi
- 4) limbah beracun; limbah beracun adalah limbah yang mengandung racun yang berbahaya bagi manusia dan lingkungan. Limbah B3 dapat menimbulkan kematian atau sakit bila masuk ke dalam tubuh melalui pernapasan, kulit atau mulut
- 5) menyebabkan infeksi; limbah yang menyebabkan infeksi adalah limbah laboratorium yang terinfeksi penyakit atau limbah yang mengandung kuman penyakit, seperti bagian tubuh manusia yang diamputasi dan cairan tubuh manusia yang terkena infeksi
- 6) bersifat korosif. limbah yang bersifat korosif adalah limbah yang menyebabkan iritasi pada kulit atau mengkorosikan baja, yaitu memiliki pH sama atau kurang dari 2,0 untuk limbah yang bersifat asam dan lebih besar dari 12,5 untuk yang bersifat basa

Uji tingkat bahaya limbah B3 dapat pula melalui uji toksikologi untuk menentukan sifat akut dan atau kronik. Toksikologi lingkungan menjadi sangat penting, karena kenyataannya adalah bahwa yang paling merasakan dampak suatu kegiatan adalah manusia. Kata racun (toksin atau toksikan) berhubungan dengan sistem kehidupan. Toksisitas suatu bahan kimia ditentukan dengan LD 50 atau LC 50, yaitu dosis atau konsentrasi suatu bahan uji yang menimbulkan kematian 50 % hewan uji.

Pada manusia, sasaran toksikan pertama-tama adalah saluran pencernaan. Toksikan yang masuk melalui makanan pertama kali di dalam mulut akan diabsorpsi atau

mengkontaminasi kelenjar ludah (saliva) yang kemudian dapat meracuni alat-alat pencernaan, dan selanjutnya menyebar keorgan vital lainnya.

Limbah B3 dari kegiatan industri yang terbuang ke lingkungan akhirnya akan berdampak pada kesehatan manusia. Dampak itu dapat langsung dari sumber ke manusia, misalnya meminum air yang terkontaminasi atau melalui rantai makanan, seperti memakan ikan yang telah menggandakan (biological magnification) pencemar karena memakan mangsa yang tercemar.

Berdasarkan studi yang dilakukan oleh Bina Lingkungan Hidup DKI, ada delapan kelompok besar penghasil limbah B3, delapan kelompok industri skala menengah dan besar, serta satu kelompok rumah sakit yang juga memiliki potensi menghasilkan limbah B3. Berikut adalah keterangan lengkap yang diambil dari hasil studi Bina Lingkungan Hidup DKI:

- 1) Industri Tekstil dan kulit. Sumber utama limbah B3 pada industri tekstil adalah penggunaan zat warna. Beberapa zat warna dikenal mengandung Cr, seperti senyawa $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ atau senyawa $\text{Na}_2\text{Cr}_3\text{O}_7$. Industri batik menggunakan senyawa Naftol yang sangat berbahaya. Senyawa lain dalam kategori B3 adalah H_2O_2 yang sangat reaktif dan HClO yang bersifat toksik. Beberapa tahap proses pada industri kulit yang menghasilkan limbah B3 antara lain *washing, soaking, dehairing, liseasplating, bathing, pickling, dan degreasing*. Tahap selanjutnya meliputi *tanning, shaving, dan polishing*. Proses tersebut menggunakan pewarna yang mengandung Cr dan H_2SO_4 . Hal inilah yang menjadi pertimbangan untuk memasukkan industri kulit dalam kategori penghasil limbah B3.
- 2) Pabrik kertas dan percetakan. Sumber limbah padat berbahaya di pabrik kertas berasal dari proses pengambilan kembali (*recovery*) bahan kimia yang memerlukan stabilisasi sebelum ditimbun. Sumber limbah lainnya ada pada permesinan kertas, pada pembuangan (blow down) boiler dan proses pematangan kertas yang menghasilkan residu beracun. Setelah residu tersebut diolah, dihasilkan konsentrat lumpur beracun. Produk samping proses percetakan yang dianggap berbahaya dan beracun adalah dari limbah cair pencucian rol film, pembersihan mesin, dan pemrosesan film. Proses ini menghasilkan konsentrat lumpur sebesar 1-4 persen dari volume limbah cair yang diolah. Industri persuratkabaran yang memiliki tiras jutaan eksemplar ternyata memiliki potensi sebagai penghasil limbah B3.
- 3) Industri kimia besar. Kelompok industri ini masuk dalam kategori penghasil limbah B3, yang antara lain meliputi pabrik pembuatan resin, pabrik pembuat bahan pengawet kayu, pabrik cat, pabrik tinta, industri gas, pupuk, pestisida, pigmen, dan sabun. Limbah cair pabrik resin yang sudah diolah menghasilkan lumpur beracun sebesar 3-5 persen dari volume limbah cair yang diolah. Pembuatan cat menghasilkan beberapa lumpur cat beracun, baik air baku (water-base) maupun zat pelarut (solvent-base). Sedangkan industri tinta menghasilkan limbah terbesar dari dari pembersihan bejana-bejana produksi, baik cairan maupun lumpur pekat.

Sementara, timbulnya limbah beracun dari industri pestisida bergantung pada jenis proses pada pabrik tersebut, yaitu apakah ia benar-benar membuat bahan atau hanya memformulasikan saja.

- 4) Industri farmasi. Kelompok industri farmasi terbagi dalam dua sub-kelompok, yaitu sub-kelompok pembuat bahan dasar obat dan sub-kelompok formulasi dan pengepakan obat. Umumnya di Indonesia adalah sub-kelompok kedua yang tidak begitu membahayakan. Tapi, limbah industri farmasi yang memproduksi antibiotik memiliki tingkat bahaya cukup tinggi. Limbah industri farmasi umumnya berasal dari proses pencucian peralatan dan produk yang tidak terjual dan kadaluarsa.
- 5) Industri logam dasar. Industri logam dasar nonbesi menghasilkan limbah padat dari pengecoran, percetakan, dan pelapisan, yang menghasilkan limbah cair pekat beracun sebesar 3 persen dari volume limbah cair yang diolah. Industri logam untuk keperluan rumah tangga menghasilkan sedikit cairan pickling yang tidak dapat diolah di lokasi pabrik dan memerlukan pengolahan khusus. Selain itu juga terdapat cairan pembersih bahan dan peralatan, yang konsentrasinya masuk kategori limbah B3.
- 6) Industri perakitan kendaraan bermotor. Kelompok ini meliputi perakitan kendaraan bermotor seperti mesin, disel, dan pembuatan badan kendaraan (karoseri). Limbahnya lebih banyak bersifat padatan, tetapi dikategorikan sebagai non B3. Yang termasuk B3 berasal dari proses penyiapan logam (bondering) dan pengecatan yang mengandung logam berat seperti Zn dan Cr.
- 7) Industri baterai kering dan aki. Limbah padat baterai kering yang dianggap bahaya berasal dari proses filtrasi. Sedangkan limbah cairnya berasal dari proses penyegelan. Industri aki menghasilkan limbah cair yang beracun, karena menggunakan H_2SO_4 sebagai cairan elektrolit.
- 8) Rumah sakit. Rumah sakit menghasilkan dua jenis limbah padat maupun cair, bahkan juga limbah gas, bakteri, maupun virus. Limbah padatnya berupa sisa obat-obatan, bekas pembalut, bungkus obat, serta bungkus zat kimia. Sedangkan limbah cairnya berasal dari hasil cucian, sisa-sisa obat atau bahan kimia laboratorium dan lain-lain. Limbah padat atau cair rumah sakit mempunyai karakteristik bisa mengakibatkan infeksi atau penularan penyakit. Sebagian juga beracun dan bersifat radioaktif.

Sejumlah bahan B3 yang dapat mengganggu kesehatan manusia berdasarkan tulisan Sigit Eddie Wijanto (2004), sebagai berikut:

1. Air Raksa /Hargentum/ Hg/ Mercury

Elemen air raksa atau Hg berwarna kelabu-perak, sebagai cairan pada suhu kamar dan mudah menguap bila dipanaskan. Hg^{2+} (Senyawa Anorganik) dapat mengikat carbon, membentuk senyawa *organomercury*. Methyl Mercury (MeHg) banyak digunakan pada sejumlah kegiatan manusia yaitu pada kegiatan tambang dan prosesing biji Hg,

metalurgi dan elektroplating, pabrik Kimia, pabrik tinta, pabrik kertas, penyamakan kulit, pabrik tekstil, dan perusahaan farmasi.

Sebagian senyawa mercury yang dilepas ke lingkungan akan mengalami proses methylation menjadi methylmercury (MeHg) oleh microorganisma dalam air dan tanah. MeHg dengan cepat diakumulasikan dalam ikan atau tumbuhan dalam air permukaan. Kadar mercury dalam ikan mencapai 100.000 kali dari kadar air di sekitarnya.

Kelompok orang yang beresiko tercemar Hg antara lain para pekerja pabrik yang menggunakan Hg dan masyarakat pengonsumsi ikan yang berasal dari daerah perairan yang tercemar mercury. Mercury termasuk bahan teratogenik. MeHg didistribusikan keseluruh jaringan terutama di darah dan otak. MeHg terutama terkonsentrasi dalam darah dan otak. Sekitar 90 % ditemukan dalam darah merah.

Efek keracunan akibat mercury terutama pada susunan saraf pusat (SSP) dan ginjal, dimana mercury terakumulasi yang dapat menyebabkan kerusakan SSP dan ginjal antara lain tremor, kehilangan daya ingat. MeHg mempunyai efek pada kerusakan janin dan terhadap pertumbuhan bayi. Kadar MeHg dalam darah bayi baru lahir dibandingkan dengan darah ibu mempunyai kaitan signifikan. Bayi yang dilahirkan dari ibu yang terpajan (tercemar) MeHg bisa menderita kerusakan otak, retardasi mental, tuli, penciutan lapangan pandang, buta, dan gangguan menelan. Efek lainnya adalah terhadap sistem pernafasan dan pencernaan makanan dapat terjadi pada keracunan akut. Inhalasi dari elemental Mercury dapat mengakibatkan kerusakan berat dari jaringan paru. Sedangkan keracunan makanan yang mengandung Mercury dapat menyebabkan kerusakan liver.

2. Chromium

Chromium adalah suatu logam keras berwarna abu-abu dan sulit dioksidasi meski dalam suhu tinggi. Chromium digunakan oleh industri metalurgi, kimia, refractory (*heat resistant application*). Dalam industri metalurgi, chromium merupakan komponen penting dari *stainless steels* dan berbagai campuran logam. Dalam industri kimia digunakan sebagai cat pigmen (dapat berwarna merah, kuning, orange dan hijau), chrome plating, penyamakan kulit, dan treatment wool. Chromium terdapat stabil dalam 3 valensi. Berdasarkan urutan toksisitasnya adalah Cr-O, Cr-III, Cr-VI.

Sumber utama pencemaran chromium antara lain pada kegiatan electroplating, penyamakan kulit dan pabrik textil merupakan sumber utama pemajanan chromium ke air permukaan. Limbah padat dari tempat prosesi chromium yang dibuang ke lahan dapat merupakan sumber kontaminan terhadap air tanah.

Kelompok Resiko Tinggi antara lain para pekerja di industri yang memproduksi dan menggunakan Cr, perumahan yang terletak dekat tempat produksi akan terpajan Cr-VI lebih tinggi, dan perumahan yang dibangun diatas bekas landfill, akan terpajan melalui pernafasan (inhalasi) atau kulit.

Efek fisiologi akibat terkena cemaran chromium akan mengalami gangguan pada metabolisme glucosa, lemak dan kolesterol. Organ utama yang terserang karena Cr terhisap adalah paru-paru, sedangkan organ lain yang bisa terserang adalah ginjal, lever, kulit dan sistem imunitas. Efek lainnya adalah pada kulit, ginjal, dan fungsi hati. Bila terhirup Cr-VI dapat mengakibatkan necrosis tubulus renalis. Pemajanan akut Cr dapat menyebabkan necrosis hepar. Bila terjadi 20 % tubuh tersiram asam Cr akan mengakibatkan kerusakan berat hepar dan terjadi kegagalan ginjal akut.

3. Cadmium (Cd)

Cadmium merupakan bahan alami yang terdapat dalam kerak bumi. Cadmium murni berupa logam berwarna putih perak dan lunak, namun bentuk ini tak lazim ditemukan di lingkungan. Umumnya cadmium terdapat dalam kombinasi dengan elemen lain seperti Oksigen (Cadmium Oxide), Chlorine (Cadmium Chloride) atau belerang (Cadmium Sulfide). Kebanyakan Cadmium (Cd) merupakan produk samping dari pengecoran seng, timah atau tembaga cadmium yang banyak digunakan berbagai industri, terutama plating logam, pigmen, baterai dan plastik.

Sumber utama pemajanan (terkena cemaran) Cd berasal dari makanan karena makanan menyerap dan mengikat Cd misalnya dari tanaman dan ikan. Tidak jarang Cd dijumpai dalam air karena adanya resapan dari tempat buangan limbah bahan kimia. Beberapa efek yang ditimbulkan akibat pemajanan Cd adalah adanya kerusakan ginjal, liver, testes, sistem imunitas, sistem susunan saraf dan darah.

4. Cupper (Cu) atau tembaga

Tembaga merupakan logam berwarna kemerah-merahan dipakai sebagai logam murni atau logam campuran (suasa) dalam pabrik kawat, pelapis logam, dan pipa.

Pemajanan atau pencemaran pada manusia melalui pernafasan, oral dan kulit yang berasal dari berbagai bahan yang mengandung tembaga. Tembaga juga terdapat pada tempat pembuangan limbah bahan berbahaya. Senyawa tembaga yang larut dalam air akan lebih mengancam kesehatan. Cu yang masuk ke dalam tubuh, dengan cepat masuk ke peredaran darah dan didistribusi ke seluruh tubuh.

Cu dalam jumlah kecil (1 mg/hr) penting dalam diet agar manusia tetap sehat. Namun suatu intake tunggal atau intake perhari yang sangat tinggi dapat membahayakan. Bila minum air dengan kadar Cu lebih tinggi dari normal akan mengakibatkan muntah, diare, kram perut dan mual. Bila intake sangat tinggi dapat mengakibatkan kerusakan liver dan ginjal, bahkan sampai kematian.

5. Timah Hitam (Pb)

Sumber pencemaran timah hitam antara lain dari pabrik plastik, percetakan, peleburan timah, pabrik karet, pabrik baterai, kendaraan bermotor, pabrik cat, dan tambang timah.

Dampak pada Kesehatan sekali masuk ke dalam tubuh timah didistribusikan terutama ke 3 (tiga) komponen yaitu darah, jaringan lunak (ginjal, sumsum tulang, liver, otak), jaringan dengan mineral (tulang + gigi). Tubuh menimbun timah selama seumur hidup dan secara normal mengeluarkan dengan cara yang lambat.

Efek yang ditimbulkan adalah gangguan pada saraf perifer dan sentral, sel darah, gangguan metabolisme Vit.D dan Calsium sebagai komponen pembentuk tulang, gangguan ginjal secara kronis, dapat menembus placenta sehingga mempengaruhi pertumbuhan janin.

6. Nikel (Ni)

Nikel berupa logam berwarna perak dalam bentuk berbagai mineral. Ni diproduksi dari biji Nickel, peleburan/ daur ulang besi, terutama digunakan dalam berbagai macam baja dan suhu serta elektroplating. Salah satu sumber terbesar Ni terbesar di atmosphere berasal dari hasil pembakaran BBM, pertambangan, penyulingan minyak, incenerator. Sumber Ni di air berasal dari lumpur limbah, limbah cair, air tanah dekat lokasi pembuangan, dan lain-lain.

Dampak terhadap Kesehatan akibat tercemar Ni dan senyawanya merupakan bahan karsinogenik. Inhalasi debu yang mengandung Ni-Sulfide mengakibatkan kematian karena kanker pada paru-paru, rongga hidung, dan mungkin juga kanker pita suara.

7. Pestisida

Pestisida mengandung konotasi zat kimia dan atau bahan lain termasuk jasad renik yang mengandung racun dan berpengaruh menimbulkan dampak negatif yang signifikan terhadap kesehatan manusia, kelestarian lingkungan dan keselamatan tenaga kerja. Pestisida banyak digunakan pada sektor pertanian dan perdagangan.

Dampak pada kesehatan dapat mengakibatkan keracunan sistemik dan menghambat enzim Cholinesterase (Enzim yang mengontrol transmisi impulse saraf) sehingga mempengaruhi kerja susunan saraf pusat yang berakibat terganggunya fungsi organ penting lain dalam tubuh. Keracunan pestisida golongan organo-chlorine dapat merusak saluran pencernaan, jaringan, dan organ penting lainnya.

8. Arsene

Arsene berwarna abu-abu, namun bentuk ini jarang ada di lingkungan. Arsen di air dalam bentuk senyawa dengan satu atau lebih elemen lain. Senyawa Arsen dengan oksigen, clorin atau belerang sebagai Arsen inorganik, sedangkan senyawa dengan Carbon dan Hydrogen sebagai Arsen Organik. Arsen inorganik lebih beracun daripada arsen organik.

Suatu tempat pembuangan limbah kimia mengandung banyak arsen, meskipun bentuk bahan tak diketahui (Organik/ Inorganik). Industri peleburan tembaga atau metal lain biasanya melepas arsen inorganik ke udara. Arsen dalam kadar rendah bisa ditemukan

pada kebanyakan fosil minyak, maka pembakaran zat tersebut menghasilkan kadar arsen inorganik ke udara. Arsen terbesar digunakan untuk campuran pestisida.

Masuknya arsen ke dalam tubuh manusia umumnya melalui makanan dan minuman. Arsen yang tertelan secara cepat akan diserap lambung dan usus halus kemudian masuk ke peredaran darah. Dampak terhadap kesehatan dapat mengakibatkan kematian. Dosis rendah akan mengakibatkan kerusakan jaringan. Bila melalui mulut, pada umumnya efek yang timbul adalah iritasi saluran makanan, nyeri, mual, muntah dan diare. Selain itu mengakibatkan penurunan pembentukan sel darah merah dan putih, gangguan fungsi jantung, kerusakan pembuluh darah, luka di hati dan ginjal.

9. Nitrogen Oxide (NO_x)

NO_x merupakan bahan polutan penting dilingkungan yang berasal dari hasil pembakaran dari berbagai bahan yang mengandung Nitrogen. Pemajanan manusia pada umumnya melalui inhalasi atau pernafasan. Dampak terhadap kesehatan berupa keracunan akut sehingga tubuh menjadi lemah, sesak nafas, batuk yang dapat menyebabkan edema pada paru-paru.

10. Sulfur Oxide (SO_x)

Sumber SO₂ bersal dari pembakaran BBM dan batu bara, penyulingan minyak, industri kimia dan metalurgi. Dampak pada Kesehatan berupa keracunan akut. Pemajanan lewat ingesti efeknya berat, rasa terbakar di mulut, pharynx, abdomen yang disusul dengan muntah, diare, tinja merah gelap (melenas). Tekanan darah turun drastis.

Pemajanan SO_x lewat inhalasi yang menyebabkan iritasi saluran pernafasan, batuk, rasa tercekik, kemudian dapat terjadi edema paru, rasa sempit di dada, tekanan darah rendah dan nadi cepat. Kontaminasi lewat kulit terasa sangat nyeri dan kulit terbakar.

11. Karbonmonoksida (CO)

Karbonmonoksida adalah gas yang tidak berbau dan tidak berwarna, berasal dari hasil proses pembakaran tidak sempurna dari bahan bakar yang mengandung rantai karbon. Pencemaran pada manusia lewat inhalasi. Dampak pada kesehatan adalah dapat mengikat haemoglobine dalam darah membentuk karboksihaemoglobine (COHb), sehingga haemoglobine tidak mempunyai kemampuan untuk mengikat oksigen yang sangat diperlukan untuk proses kehidupan dari pada jaringan dalam tubuh. Hal ini disebabkan karena CO mempunyai daya ikat terhadap haemoglobine 200 sampai 300 kali lebih besar dari pada oksigen, yang dapat mengakibatkan gangguan fungsi otak atau hypoxia, susunan saraf, dan jantung, karena organ tersebut kekurangan oksigen dan selanjutnya dapat mengakibatkan kematian.

Jika mengalami keracunan kronis, terjadi karena tercemar berulang-ulang oleh CO yang berkadar rendah atau sedang. Keracunan kronis menimbulkan kelainan pada pembuluh darah, gangguan fungsi ginjal, jantung, dan darah.

RANGKUMAN

Air limbah dapat berasal dari sejumlah sumber yaitu air limbah dari aktivitas rumah tangga, industri, pertanian dan pertambangan. Sumber utama air limbah rumah tangga adalah berasal dari perumahan dan daerah perdagangan, perkantoran atau lembaga serta fasilitas rekreasi. Industri menghasilkan limbah sisa proses produksi. Limbah tersebut bervariasi tergantung dari jenis dan besar kecilnya industri, pengawasan pada proses industri, derajat penggunaan air, dan derajat pengolahan air limbah yang ada. Aktivitas pertanian menghasilkan limbah yang umumnya berupa pestisida dan pupuk. Bahan tambang yang diperoleh dari aktivitas pertambangan memerlukan pemrosesan lanjutan sebelum menjadi barang berharga. Pemrosesan tersebut menghasilkan limbah yang dapat membahayakan lingkungan.

Air limbah yang dihasilkan dari berbagai sumber, jika tidak dikelola dengan baik akan berdampak buruk bagi kesehatan. Air limbah dapat menjadi media penularan penyakit maupun menjadi tempat berbagai jenis bakteri penyebab penyakit. Lingkungan yang terkena air limbah dapat mengalami berbagai kerusakan. Kerusakan tersebut dapat berupa penurunan kualitas air, gangguan terhadap kehidupan biotik dan gangguan terhadap estetika/keindahan.

TUGAS

Lakukanlah pengamatan di sekitar tempat tinggalmu dan lakukanlah hal-hal berikut ini.

1. Lakukan identifikasi terhadap sumber-sumber limbah yang ada di daerah sekitar tempat tinggal kalian!
2. Jika memungkinkan ambilah gambar limbah yang ada atau mencemari lingkungan di sekitar kalian!
3. Uraikanlah karakteristik limbah yang ada di sekitar kalian!
4. Uraikanlah dampak limbah terhadap kesehatan manusia dan lingkungan yang terjadi di sekitar tempat tinggal kalian!

LATIHAN

1. Sebutkan sumber-sumber air limbah?
2. Apa saja dampak air limbah bagi kesehatan manusia?
3. Apa saja dampak air limbah bagi lingkungan?
4. Apa yang dimaksud dengan limbah B3?
5. Sebutkan 5 jenis limbah B3 dan dampaknya bagi kesehatan!