

## **Pedoman Sanitasi Rumah Sakit di Indonesia**

## DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI .....	ii
KATA PENGANTAR .....	iii
SERI : 1 Penyediaan Air Bersih .....	5 – 25
SERI : 2 Penyediaan Air pada Kegunaan Khusus .....	26 – 35
SERI : 3 Pengelolaan Limbah Air .....	36 – 46
SERI : 4 Pengelolaan Sampah .....	47 – 65
SERI : 5 Pengelolaan Limbah Klinis .....	66 – 78
SERI : 6 Penyehatan Makanan/Minuman .....	79 – 92
SERI : 7 Pengelolaan Linen .....	93 – 96
SERI : 8 Pengelolaan Sanitasi Ruang Bangun dan Non Medis .....	99 – 108
SERI : 9 Pengendalian Serangga dan Tikus .....	109 – 114
SERI : 10 Infeksi Nosokomial .....	115 – 128

# **PENYEDIAAN AIR BERSIH**

# **PENYEDIAAN AIR BERSIH**

## **1. Pendahuluan**

Air bersih merupakan kebutuhan yang tidak dapat dilepaskan dari kegiatan di rumah sakit. Namun mengingat bahwa rumah sakit merupakan tempat tindakan dan perawatan

orang sakit maka kualitas dan kuantitasnya perlu dipertahankan setiap saat agar tidak mengakibatkan sumber infeksi baru bagi penderita.

Tergantung pada kelas rumah sakit dan berbagai jenis pelayanan yang diberikan mungkin beberapa rumah sakit harus melakukan pengolahan tambahan terhadap air minum dan air bersih yang telah memenuhi standar nasional, misalnya bila air bersih digunakan sebagai bahan baku air untuk dianalisa pada proses mesin pencuci ginjal.

## **2. Pengertian dan Dampak**

### **2.1 Pengertian**

Yang dimaksud air minum dan air bersih dalam hal ini adalah air yang memiliki kualitas minimal sebagaimana dalam lampiran Peraturan Menteri Kesehatan No. 416 tahun 1990.

### **2.2 Dampak**

- (a) Dampak positif berupa penurunan penyakit yang dapat ditularkan melalui air atau penyakit yang ditularkan karena kegiatan mencuci dengan air, kebersihan lingkungan, alat-alat termasuk kebersihan pribadi.
- (b) Dampak negatif, misalnya meningkatnya penyakit yang ditularkan melalui air dan kegiatan mencuci dengan air, kesehatan lingkungan dan pribadi kurang terpelihara.

## **3. Kebutuhan Air Minuman dan Air Bersih**

Jumlah kebutuhan air minum dan air bersih untuk rumah sakit masih belum dapat ditetapkan secara pasti. Jumlah ini tergantung pada kelas dan berbagai pelayanan yang ada di rumah sakit yang bersangkutan. Makin banyak pelayanan yang ada di rumah sakit tersebut, semakin besar jumlah kebutuhan air. Di lain pihak, semakin besar jumlah tempat tidur, semakin rendah proporsi kebutuhan air per tempat tidur.

Secara umum, perkiraan kebutuhan air bersih didasarkan pada jumlah tempat tidur. Kebutuhan minimal air bersih 500 liter per tempat tidur per hari.

## **4. Standar Kualitas Air Bersih**

Melalui Permenkes No. 416 tahun 1990 telah ditetapkan syarat-syarat dan Pengawasan Kualitas di Indonesia. Walau dalam penerapannya secara umum masih menimbulkan masalah namun khusus untuk rumah sakit seyogyanya sudah tidak ada masalah lagi.

## 5. Sumber Air Bersih

Berbagai sumber untuk penyediaan air bersih antara lain sungai, danau, mata air, air tanah dapat digunakan untuk kepentingan kegiatan rumah sakit dengan ketentuan harus memenuhi persyaratan, baik dari segi konstruksi sarana, pengolahan, pemeliharaan, pengawasan kualitas dan kuantitas.

Sebaiknya rumah sakit mengambil air PAM karena akan mengurangi beban pengolahan sehingga tinggal beban pengawasan kualitas airnya. Bila PAM tidak tersedia di daerah tersebut, pilihan yang ada sebaiknya air tanah menjadi pilihan utama terutama bila keadaan geologi cukup baik karena air tanah tidak banyak memerlukan pengolahan dan lebih mudah didesinfeksi dibanding air permukaan disamping juga kualitasnya relatif lebih stabil.

Bila air tanah juga tidak mungkin, terpaksa harus menyediakan pengolahan air permukaan. Untuk membangun sistem pengolahan perlu mempertimbangkan segi ekonomi, kemudahan pengolahan, kebutuhan tenaga untuk mengoperasikan sistem, biaya operasi dan kecukupan *supply* baik dari segi jumlah maupun mutu air yang dihasilkan.

## 6. Pengelolaan Air Bersih

Pengolahan air bervariasi tergantung pada karakteristik asal air dan kualitas produk yang diharapkan, mulai dari cara paling sederhana, yaitu dengan chlorinasi sampai cara yang lebih rumit. Makin jauh penyimpangan kualitas air yang masuk terhadap Permenkes No. 146 tahun 1990 semakin rumit pengolahan yang dilakukan.

Pengolahan-pengolahan yang mungkin dipertimbangkan adalah sebagai berikut :

- a. Tanpa pengolahan (mata air yang dilindungi).
- b. Chlorinasi.
- c. Pengolahan secara kimiawi dan chlorinasi (landon air).
- d. Penurunan kadar besi dan chlorinasi (air tanah).
- e. Pelunakan dan chlorinasi (air tanah).
- f. Filtrasi pasir lambat (FPL) dan chlorinasi (sungai daerah pegunungan).
- g. Pra-pengolahan → FPL → Chlorinasi (air danau/waduk).
- h. Koagulasi → Flokulasi → Sedimentasi → Filtrasi → Chlorinasi (sungai).
- i. Aerasi → Koagulasi → Flokulasi → Sedimentasi → Filtrasi → Chlorinasi (sungai/danau dengan kadar oksigen terlarut rendah).

- j. Pra-pengolahan → Koagulasi → Flokulasi → Sedimentasi → Filtrasi → Chlorinasi (sungai yang sangat keruh).
- k. Koagulasi → Flokulasi → Sedimentasi → Filtrasi → Pelunakan → Chlorinasi (sungai).

## 7. Pengawasan Kualitas Air di Rumah Sakit

Tujuan pengawasan kualitas air di rumah sakit adalah terpantau dan terlindungi secara terus menerus terhadap penyediaan air bersih agar tetap aman dan mencegah penurunan kualitas dan penggunaan air yang dapat mengganggu/membahayakan kesehatan serta meningkatkan kualitas air.

Adapun sasaran pengawasan kualitas air ini terutama ditujukan kepada semua sarana penyediaan air bersih yang ada di rumah sakit beserta jaringan distribusinya baik yang berasal dari PDAM/BPAM maupun dikelola oleh rumah sakit yang bilamana timbul masalah akan memberi risiko kepada orang-orang yang berada dalam lingkup rumah sakit (pasien, karyawan, pengunjung).

Perlindungannya ditujukan kepada mulai dari PDAM dan air baku yang akan diolah (apabila rumah sakit membuat pengolahan sendiri) sampai air yang keluar dari kran-kran dimana air diambil.

Kegiatan pokok pengawasan kualitas air adalah sebagai berikut :

### 1) Inspeksi Sanitasi

Yang dimaksud inspeksi sanitasi adalah suatu kegiatan untuk menilai keadaan suatu sarana penyediaan air bersih guna mengetahui berapa besar kemungkinan sarana tersebut dipengaruhi oleh lingkungannya yang mengakibatkan kesehatan masyarakat menurun. Inspeksi sanitasi dapat memberikan informasi sedini mungkin pencemaran sumber air yang disebabkan oleh kegiatan manusia atau makhluk lainnya yang dekat dengan sumber.

Inspeksi sanitasi dilaksanakan sebagai bagian dari pengawasan kualitas air dan mencakup penilaian keseluruhan dari banyak faktor yang berkaitan dengan sistem penyediaan air bersih.

Langkah-langkah inspeksi sanitasi di rumah sakit adalah sebagai berikut :

- a. Membuat peta/*mapping* mulai dari reservoir/unit pengolahan sampai sistem jaringan distribusi air yang terdapat dalam bangunan rumah sakit.
- b. Melakukan pengamatan dan menentukan titik-titik rawan pada jaringan distribusi yang diperkirakan air dalam pipa mudah terkontaminasi.

- c. Menentukan frekuensi inspeksi sanitasi.
- d. Menentukan kran-kran terpilih dari setiap unit bangunan yang ada di rumah sakit untuk pengambilan sampel dan penentuannya berdasarkan hasil pengamatan dari poin b.

2) Pengambilan Sampel

Sampel diambil dari sistem penyediaan air bersih guna mengetahui apakah air aman bagi konsumen di rumah sakit dan sampel ini harus dapat mewakili air dari sistem secara keseluruhan.

Mengingat fungsi rumah sakit sebagai tempat pengobatan dan perawatan orang sakit dengan berbagai aktivitasnya maka frekuensi pengambilan sampel untuk pemeriksaan bakteriologik air dapat dilakukan setiap bulan sekali sedangkan untuk unit-unit yang dianggap cukup rawan seperti kamar operasi, unit IGD, ICCU serta dapur (tempat pengolahan makanan dan minuman) maka pengambilan sampel dapat dilakukan setiap seminggu sekali. Untuk pengambilan sampel pemeriksaan kimiawi, frekuensi pengambilan dilakukan setiap 6 bulan sekali.

3) Pemeriksaan Sampel

Sampel air setelah diambil segera dikirim ke laboratorium yang terdekat untuk pemeriksaan bakteriologik air dapat memanfaatkan laboratorium yang ada di rumah sakit (bagi rumah sakit yang telah dilengkapi peralatan laboratorium pemeriksaan air) atau Balai Laboratorium Kesehatan (BLK) sedang untuk pemeriksaan kimia air dapat diperiksa ke BLK atau BTKL (Balai Teknik Kesehatan Lingkungan).

Parameter yang diperiksa di lapangan meliputi bau, rasa, warna, kekeruhan, suhu air, kejernihan, pH dan sisa chlor.

4) Tenaga Pengelola

Tenaga pengelola air bersih terdiri dari :

- Tenaga pelaksana dengan tugas mengawasi plambing dan kualitas air dengan kualifikasi D1 dan latihan khusus.
- Pengawasan dengan tugas mengawasi tenaga pelaksana pengelolaan air bersih dengan kualifikasi D3 dan latihan khusus.

5) Pencatatan dan Analisis

Setiap kegiatan yang telah dilaksanakan dilakukan pencatatan kemudian dianalisis. Tolak ukur pengawasan kualitas air adalah Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 416 tahun 1990.

Adanya penyimpangan dari kualitas air maka segera dilakukan pengecekan kembali/inspeksi ulang dan tindakan perbaikan dapat dilaksanakan.

## **8. Sistem Distribusi Air dalam Bangunan Rumah Sakit**

### **8.1 Jenis Sistem Distribusi**

Air dalam rumah sakit didistribusikan secara horizontal dan vertikal. Kran biasanya dipasang pada tiap dasar sambungan vertikal atau sambungan horizontal sehingga saluran bisa ditutup bila sedang diadakan perbaikan.

#### **a. Sambungan Langsung dari Sumber**

Sambungan paling sederhana adalah sambungan langsung dari sumber, dimana tekanan air dari pipa induk digunakan sebagai sumber tekanan untuk mendistribusikan air ke seluruh gedung rumah sakit. Dengan cara ini mungkin bisa melayani sampai tingkat 2 atau 3. Bila tekanan tidak memadai atau bangunan bertingkat jamak maka perlu tekanan tambahan (booster).

#### **b. Sambungan Langsung dan Booster**

Untuk sistem ini dapat dikombinasikan antara pompa dan booster. Kapasitas pompa harus cukup besar sehingga memenuhi kebutuhan dan bila booster dijalankan tidak sampai terjadi tekanan negatif. Untuk menghindari tekanan negatif itu perlu disediakan tangki penampung booster. Tangki ini juga bermanfaat untuk kebutuhan darurat. Bila pompa booster dipasang tanpa tangki penampung booster maka harus dipasang saklar yang akan menjalankan pompa bila tekanan turun sampai tingkat yang telah distel (misalnya 30 psi).

#### **c. Sistem Reservoir**

Air dipompa ke reservoir dan didistribusikan secara gravitasi. Distribusi sistem gravitasi bisa untuk semua gedung atau hanya lantai atas yang tidak terjangkau oleh tekanan air dari saluran induk. Reservoir bisa dipasang menjadi satu dengan gedung atau terpisah. Tangki harus tertutup rapat kedap air, anti serangga, tahan terhadap korosi dan terhadap tekanan. Dipasang pipa ventilasi yang dilengkapi dengan penutup dari anyaman untuk mencegah pengotoran dan masuknya serangga. Demikian pula pada pipa tumpahan. Pipa penguras bisa dijadikan satu dengan pipa tumpahan, dipasang pada dasar tangki sehingga bisa dikuras habis. Pipa masuk ke dalam tangki harus disediakan "air gap" atau pipa inlet dipasang kira-kira 10 cm diatas pipa tumpahan. Bila tangkai juga disediakan

untuk pemadam kebakaran, *outlet* untuk keperluan air bersih dipasang agak ke atas dari dasar reservoir sehingga reservoir akan tetap tersedia air untuk keperluan pemadam kebakaran. Tinggi tangki ditetapkan berdasarkan tekanan minimum yang diperlukan pada *outlet* tertinggi/terjauh. Kadang-kadang perlu dipasang penahan tekanan untuk mencegah tekanan berlebihan pada jaringan distribusi di lantai bagian bawah. Ukuran tangki reservoir tergantung pada jumlah yang ingin ditandon untuk keperluan sehari-hari dan pemadam kebakaran, siklus pemompaan, lamanya kebutuhan puncak dalam gedung dan kecepatan *supply* air ke dalam gedung selama penggunaan puncak.

d. Sistem Tangki Bertekanan

Sistem ini terdiri dari pompa air kompresor udara dan tangki tertutup. Kirakira 2/3 tangki berisi air dan seperti berisi tekanan udara. Air dari tangki langsung didistribusikan.

Sistem ini biasanya digunakan bila tidak mungkin menggunakan sistem reservoir atau jumlah air yang diperlukan kurang dari 100 gram. Bila menggunakan sistem ini di bangunan yang tinggi, tekanan udara tinggi dalam tangki menyebabkan air mengabsorpsi udara yang akan kemudian dilepaskan dalam sistem air panas. Karena efek tersebut, sistem ini kurang disukai.

## 8.2 Sistem Air Panas

a. Jumlah

Perlu diperkirakan jumlah air bersih dan jumlah air panas yang dibutuhkan. Angka ini sangat bervariasi untuk setiap rumah sakit (*American Society of Heating, Refrigerator and Air Condition Engineers* 1967, menyarankan sekitar 300 – 400 liter per tempat tidur).

b. Persyaratan Suhu

Untuk kebutuhan normal, 40°C merupakan suhu maksimal untuk *bathtubs* dan *shower*. Bila suhu air yang disediakan melebihi 40°C harus dipasang kran pengendali dan kran pencampur air panas dan dingin. Disarankan suhu air panas tidak melebihi 60°C. Bila diperlukan air lebih panas misalnya untuk keperluan dapur dan laundry, perlu dipasang sistem air lain atau ditambah booster pemanas.

c. Persyaratan untuk Dapur dan Laundry

Satu sumber memperkirakan bahwa laundry rumah sakit menggunakan air 40 liter per kg. Cucian, 60 % merupakan air panas. Juga diperkirakan 5 liter air panas

per orang per sekali makan untuk dapur di Indonesia belum ada standar yang pasti. Secara umum untuk memperkirakan kebutuhan air panas untuk dapur dan laundry dapat didasarkan pada tipe dan jenis alat cuci yang digunakan, jumlah air panas diperlukan untuk kegunaan umum, lamanya penggunaan puncak air panas, suhu air pada kran, jenis dan kapasitas mesin/sistem pemanas air dan tipe sistem pemanas air yang diinginkan. Pada setiap sistem air panas harus dipasang sistem pengaman untuk mencegah terjadinya pecah atau ledakan saluran. Untuk ini dimohonkan dapat berkonsultasi lebih lanjut pada tenaga ahli sistem air panas.

## **9. Kapasitas Air dan Ukuran Pipa dalam Sistem**

Jumlah total air yang digunakan di rumah sakit biasanya dinyatakan dalam liter per tempat tidur per hari. Dasar perkiraan ini bermanfaat untuk menetapkan kecukupan sumber air dan kemungkinan penyimpanan jangka panjang. Namun hal ini kurang berarti untuk menetapkan ukuran pipa sistem distribusi dalam gedung rumah sakit.

Untuk menetapkan ukuran pipa perlu mengetahui puncak pemakaian air. Puncak pemakaian air diperkirakan berdasarkan pada jenis pasangan plambing dalam gedung dan kemungkinan penggunaan serentak.

### **9.1 Ukuran pipa**

Untuk menetapkan ukuran pipa adalah dengan menentukan pemakaian serentak. Hal ini dilakukan dengan mencatat produksi tiap pasangan plambing kemudian dijumlahkan untuk menentukan perkiraan aliran rata-rata maksimal. Nilai ini hendaknya juga mempertimbangkan berbagai faktor distribusi, antara lain : rata-rata *supply* yang diperlukan tiap pasangan plambing, lamanya pasangan plambing digunakan dan frekuensi pasangan plambing digunakan. Perhitungan ini bisa juga dilakukan per cabang distribusi. Penetapan ukuran ini dimaksudkan untuk menjamin bahwa tiap pasangan plambing yang paling jauh dan atau tinggi tetap dapat dipasang pengukuran tekanan.

Tekanan minimum untuk tiap pasangan untuk kegunaan sehari-hari, misalnya *bathtub*, *shower*, wastafel adalah 8 psi. Untuk penggelontoran, misalnya WC, diperlukan tekanan 15 – 18 psi. Kecepatan aliran air juga perlu mendapat perhatian karena aliran akan menimbulkan bising dan kikisan pada pipa bila kecepatan melebihi 2 ½ m/dt. Biasanya dibatasi sampai 3 m/dt untuk lebih mempelajari sistem plambing dipersilahkan mempelajari sistem plambing Indonesia.

### **9.2 Bahan pipa**

Banyak bahan pipa yang digunakan saat ini. Dalam pemilihan bahan pipa hendaknya memperhatikan biaya, tersedianya bahan pasaran setempat, pengalaman sebelumnya dengan bahan yang digunakan, tersedianya perlengkapan untuk memasang dan memelihara bahan yang diusulkan, kemampuan pipa untuk menahan beban dari luar, kemungkinan kelarutan dari bahan pipa yang dapat menimbulkan kontaminasi dalam air, kemampuan bahan untuk menahan gangguan dari luar (panas, beban, keratan tikus), kekasaran permukaan bagian dalam pipa yang akan mengurangi tekanan, kemampuan pipa menahan air panas, tidak mudah terbakar untuk mencegah meluasnya api bila terjadi kebakaran dan tahan karat. Untuk membantu pemilihan bahan mungkin dapat merujuk pada standar bahan pipa.

### 9.3 Kontaminasi dalam pipa

Kontaminasi bisa terjadi karena kelarutan pipa oleh bahan kimia tertentu sehingga dapat menimbulkan gangguan kesehatan/ekonomi. Korosi pipa besi dapat menimbulkan warna merah. Korosi bahan tembaga bisa terjadi bila pH air dibawah 7 atau karena kecepatan aliran air yang terlalu tinggi sehingga dapat mengikis pelapis dalam pipa.

Tembaga bisa menimbulkan gangguan warna hijau atau biru pada bak pencuci dan *bathtubs*. Tembaga dalam konsentrasi cukup kecil mampu mempercepat korosi logam lain, seperti seng, aluminium atau baja. Efek racun mungkin bisa menjadi akut bila air yang mengandung tembaga digunakan untuk kegunaan khusus. Misal di laboratorium, tembaga menimbulkan efek racun pada kultur. Peningkatan kandungan tembaga dalam darah pasien yang menjalani cuci ginjal sehingga menyebabkan haemolisis sel darah.

Masih banyak lagi kontaminasi air yang berasal dari pipa, misalnya kadmium, seng, chrom, timah hitam dan lain-lain. Semua ini hanya untuk menunjukkan bahwa perlu hati-hati dengan kontaminasi bahan pipa.

## 10. Pertumbuhan Mikroba dalam Saluran Air

Beberapa efek yang tidak dikehendaki dari pertumbuhan mikroorganisme dalam saluran antara lain : mengurangi kapasitas saluran, menimbulkan rasa dan bau, merubah warna air dan menyebabkan korosi.

Diperkirakan bahwa hampir 50 % kerak dalam saluran air adalah residu organik. Bahan yang tidak larut dalam air cenderung untuk terikat pada residu organik, demikian juga organisme “*non slime producing*”.

Bakteri besi merupakan organisme pengganggu yang sering dijumpai pada saluran air. Mereka memperoleh tenaga air oksidasi besi baik dalam bentuk terlarut atau tidak terlarut. Senyawa besi tersebut dapat menimbulkan endapan dan warna pada air.

Actinomycetes diketahui juga menimbulkan masalah bau, warna dan kotoran air. Actinomycetes merupakan stadium antara bakteri dan filamen jamur. Mereka dapat menimbulkan bau, terutama dimana saluran air dingin berdekatan dengan pipa uap atau sumber panas lainnya yang menyebabkan suhu meningkat melebihi 18°C untuk beberapa lama. Pertumbuhan terjadi semalam (biasanya malam minggu dimana air berhenti mengalir). Mereka akan banyak timbul bila sumber air adalah air permukaan karena air permukaan banyak mengandung bahan organik.

Untuk menghancurkan pertumbuhan bakteri dalam saluran dapat menggunakan residu chlorin bebas 0,5 mg/l. Jika banyak terjadi pertumbuhan organisme “*slime forming*” dapat digunakan chlorin dengan dosis lebih tinggi untuk beberapa saat. Actinomycetes dapat dibunuh dengan chlorin 6,0 – 7,0 mg/l selama satu hari.

## **11. Desinfeksi Sistem Saluran Air Bersih**

Desinfeksi akan lebih efektif bila dilakukan upaya untuk mencegah kontaminasi permukaan dalam pipa sebelum dan selama dipasang. Pipa hendaknya disimpan di tempat bersih dan tiap ujung hendaknya ditutup. Sistem harus diglontor keseluruhan sebelum didesinfeksi.

Metoda penambahan larutan chlorin terus menerus merupakan cara terbaik untuk sistem perpipaan. Ketika air mengalir ke dalam sistem ditambahkan larutan chlorin terus menerus hingga mencapai konsentrasi minimum 50 mg/l. Kran-kran dibuka untuk mengetahui bahwa semua saluran telah terisi air dengan air yang mengandung chlorin. Air chlorin ditahan dalam pipa selama 24 jam, setelah itu dilakukan tes untuk melihat bahwa masih terdapat chlorin dengan dosis 25 mg/l. Sistem kemudian diglontor sehingga residu chlorin bebas tinggal 1 mg/l.

Setelah dichlorinasi, perlu dilakukan tes bakteriologi (coli). Untuk ini hendaknya menghubungi dinas kesehatan atau laboratorium kesehatan lingkungan atau mungkin laboratorium rumah sakit dapat melakukannya sendiri. Bila coliform masih ada perlu desinfeksi ulang.

Berbagai bentuk chlorin dapat digunakan. Larutan chlorin yang dibuat dari gas cukup berbahaya. Hipochlorite biasanya lebih aman. Kalsium hipochlora adalah granula yang

mengandung 70 % chlorin. Granula ini dicampur air untuk mendapatkan larutan chlorin. Larutan diteteskan ke dalam air dengan kecepatan yang tepat. Untuk mendapatkan dosis tertentu dapat dilihat pada tabel dibawah atau dapat menggunakan formula sebagai berikut :

$$\frac{\text{Konsentrasi yang diinginkan (ppm)} \times (8,435 \times 10^3)}{0,70} = \text{DOSIS}$$

Dosis = jumlah granula per 4000 t larutan

Jumlah Kalsium Hipochlorit  
per 4000 liter larutan desinfeksi

Dosis chlorin diinginkan (pp)	Kalsium hipochlorit granula			
	70 % (lb)	15 % (lb)	7 % (lb)	5 % (lb)
50	0,6	0,33	0,72	1,00
100	1,2	0,67	1,43	2,00
150	1,8	1,00	2,15	3,00
200	2,4	1,33	2,85	4,00
300	3,6	2,00	4,30	6,00
400	4,8	2,67	5,72	8,00

CATATAN : 1 lb = ± 0,5 Kg

Karena sodium chlorin berupa larutan, dapat diteteskan ke dalam air dengan *chemical feeder pump*.

## 12. Pengendalian Sambungan Silang

Sambungan silang dalam sistem perpipaan merupakan potensi bahaya yang serius. Sambungan silang merupakan jalan masuk kontaminan ke dalam air bersih. Sambungan silang dapat terjadi pada dua sistem bersambungan disertai adanya perbedaan tekanan yang akan membawa kontaminan ke dalam air bersih.

Sambungan itu bisa terjadi karena dua sistem perpipaan bersambungan antara lain melalui selang yang memanjang masuk ke dalam bak yang penuh dengan larutan kontaminan. Karena adanya racu dalam saluran air bersih, tekanan atmosfer menekan larutan kontaminan masuk ke dalam saluran air bersih atau bisa juga terjadi karena tekanan dalam larutan kontaminan lebih besar maka kontaminan masuk ke dalam saluran air bersih.

#### 12.1 Kondisi kehilangan tekanan yang menyebabkan aliran balik

Kondisi kehilangan tekanan yang menyebabkan aliran balik kran apabila kran bocor atau dibiarkan terbuka setelah air pendingin diisi maka terjadilah sambungan silang karena tekanan pada air pendingin lebih tinggi dibanding saluran air bersih.

Aliran balik diperbesar kemungkinannya bila terjadi kehilangan tekanan pada saluran air bersih misalnya karena pecahnya saluran induk. Kehilangan tekanan karena pecah ini juga dapat menimbulkan aliran balik air dari toilet dan wastafel. Kehilangan tekanan juga bisa terjadi karena dipasangnya pompa booster, misalnya untuk pemadam kebakaran. Aliran balik dapat terjadi karena kebutuhan melebihi batas distribusi. Penggunaan air yang berlebih di lantai dasar menyebabkan tekanan negatif di lantai atas. Tekanan negatif di lantai atas juga terjadi karena pengurusan saluran pada saat perbaikan. Karena itu, memelihara tekanan yang cukup di saluran distribusi merupakan tindakan penting untuk mencegah kontaminasi karena sambungan silang. Karena tidak mungkin untuk mencegah setiap sambungan silang maka perlu dipasang alat pengaman dan setiap sambungan kejadian kehilangan tekanan hendaknya diselidiki lebih jauh penyebabnya.

#### 12.2 Titik rawan sambungan silang dan cara penanggulangannya

Sambungan silang dapat dijumpai hampir di setiap area rumah sakit. Beberapa contoh antara lain : pencuci bedpan di unit perawatan, pembasuh lantai sistem sentor di ruang bedah, pencuci sterilisasi di CSSD, selang yang terendam di bagian rumah tangga, aspirator pada meja autopsi di ruang mayat, tangki pemroses x-ray, simpanan air di unit farmasi, mesin cuci laundry, boiler di unit mekanis dan lain-lain.

#### 12.3 Perlindungan sambungan individual/khusus

Penyediaan air untuk pasangan plambing individual dapat ditanggulangi dengan pemasangan “*air gap*” atau “*non-pressure type vacuum breaker*”. Apabila selang dipasang di mulut keran maka *air gap* akan kehilangan fungsinya. Untuk itu perlu dipasang *non pressure vacuum breaker*.

#### 12.4 Sistem blok

Untuk menekan biaya perlindungan sambungan individual maka bisa dipasang perlindungan blok, misal untuk seluruh laboratorium. Peralatan yang digunakan adalah *break tank*, *reduced pressure backflow preventer* dan *barometric loop*. Alat ini memisahkan sistem yang masuk ke dalam dari sistem keseluruhan.

### **13. Tenaga Pengelola**

Tenaga pengelola air bersih terdiri dari :

- a) Tenaga pelaksana dengan tugas mengawasi plambing dan mutu air dengan kualifikasi STM/D1 dan latihan khusus.
- b) Pengawas dengan tugas mengawasi tenaga pelaksana pengelolaan air bersih dengan kualifikasi D3 dan latihan khusus.

### **14. Evaluasi**

Untuk pengelolaan air bersih di rumah sakit diperlukan tolak ukur sebagai berikut :

- a) Mutu air sesuai dengan Permenkes No. 416 Tahun 1990.
- b) Kuantitas sesuai dengan kebutuhan.
- c) Frekuensi pemeriksaan plambing.

### **15. Lampiran Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No.146/Menkes/Per/IX/1990 tentang Syarat-Syarat dan Pengawasan Kualitas Air** Lampiran 1 dan 2

Lampiran 1

PERATURAN MENTERI KESEHATAN RI

Nomor : 416/MENKES/PER/IX/1990

Tanggal : 13 September 1990

DAFTAR PERSYARATAN KUALITAS AIR MINUM

No.	Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang Diperbolehkan	Keterangan
<b>A. FISIKA</b>				
1.	Bau	-	-	Tidak berbau
2.	Jumlah zat padat terlarut (TDS)	mg/L	1000	-
3.	Kekeruhan	Skala NTU	5	-
4.	Rasa	-	-	Tidak berasa
5.	Suhu	0	Suhu udara $\pm 3^{\circ}\text{C}$	
6.	Warna	Skala TCU	15	
<b>B. KIMIA</b>				
<b>a. Kimia Anorganik</b>				
1.	Air raksa	mg/L	0,001	
2.	Alumunium	mg/L	0,2	
3.	Arsen	mg/L	0,05	
4.	Barium	mg/L	1,0	
5.	Besi	mg/L	0,3	
6.	Flourida	mg/L	1,5	
7.	Kadmium	mg/L	0,005	
8.	Kesadanan ( $\text{CaCO}_3$ )	mg/L	500	
9.	Klorida	mg/L	250	
10.	Kronium, valensi 6	mg/L	0,05	
11.	Mangan	mg/L	0,1	
12.	Natrium	mg/L	200	
13.	Nitrat, sebagai N	mg/L	10	
14.	Nitrit, sebagai N	mg/L	1,0	
15.	Perak	mg/L	0,05	
16.	pH	mg/L	6,5 – 8,5	Merupakan batas minimum dan maksimum
17.	Selenium	mg/L	0,01	

18.	Seng	mg/L	5,0	
19.	Sianida	mg/L	0,1	
20.	Sulfat	mg/L	400	
21.	Sulfida (sebagai H <sub>2</sub> S)	mg/L	0,05	
22.	Tembaga	mg/L	1,0	
23.	Timbal	mg/L	0,05	
	<b>b. Kimia Organik</b>			
1.	Aldrin dan dieldrin	mg/L	0,0007	
2.	Benzene	mg/L	0,01	
3.	Benzo (a) pyrene	mg/L	0,00001	
4.	Chlorodane (total isomer)	mg/L	0,0003	
5.	Chloroform	mg/L	0,03	
6.	2,4-D	mg/L	0,10	
7.	DDT	mg/L	0,03	
8.	Detergen	mg/L	0,5	
9.	1,2-Dichloroethene	mg/L	0,01	
10.	1,1-Dichloroethene	mg/L	0,003	
11.	Heptachlor dan Heptachlor epoxide	mg/L	0,003	
12.	Hexachlorobenzene	mg/L	0,00001	
13.	Gamma-HCH (Lindane)	mg/L	0,004	
14.	Methoxychlor	mg/L	0,03	
15.	Pentachlorophenol	mg/L	0,01	
16.	Pestisida total	mg/L	0,10	
17.	2,4,6-Trichlorophenol	mg/L	0,01	
18.	Zat organik (KMnO <sub>4</sub> )	mg/L	10	
	<b>C. MIKROBIOLOGIK</b>			
1.	Koliform Tinja	Jumlah per 100 ml	0	
2.	Total Koliform	Jumlah per 100 ml	0	95 % dari sampel yang diperiksa selama setahun.

				Kadang-kadang boleh ada 3 per 100 ml sampel air tetapi tidak berturut-turut
	<b>D. RADIO AKTIVITAS</b>			
1.	Aktivitas Alpha ( <i>Gross Alpha Activity</i> )	Bg/L	0,1	
2.	Aktivitas Beta ( <i>Gross Beta Activity</i> )	Bg/L	1,0	

Keterangan :

mg = milligram

ml = mililiter

L = Liter

Bg = Beguerel

NTU = Nepnelometrik Turbidity Units

TCL = True Colour Units

Logam berat merupakan logam terlarut

Ditetapkan di Jakarta

Pada tanggal 13 September 1990

MENTERI KESEHATAN REPUBLIK INDONESIA

ttd.

Dr. ADHYATMA, MPH

Lampiran 2

PERATURAN MENTERI KESEHATAN RI

Nomor : 416/MENKES/PER/IX/1990

Tanggal : 13 September 1990

### DAFTAR PERSYARATAN KUALITAS AIR BERSIH

No.	Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang Diperbolehkan	Keterangan
-----	-----------	--------	---	------------

<b>A. FISIKA</b>				
1.	Bau	-	-	Tidak berbau
2.	Jumlah zat padat terlarut (TDS)	mg/L	1500	-
3.	Kekeruhan	Skala NTU	25	-
4.	Rasa	-	-	Tidak berasa
5.	Suhu	0	Suhu udara $\pm 3^{\circ}\text{C}$	
6.	Warna	Skala TCU	50	
<b>B. KIMIA</b>				
a. Kimia Anorganik				
1.	Air raksa	mg/L	0,001	
2.	Arsen	mg/L	0,05	
3.	Besi	mg/L	1,0	
4.	Flourida	mg/L	1,5	
5.	Kadmium	mg/L	0,005	
6.	Kesadanan ( $\text{CaCO}_3$ )	mg/L	500	
7.	Klorida	mg/L	600	
8.	Kronium, valensi 6	mg/L	0,05	
9.	Mangan	mg/L	0,5	
10.	Nitrat, sebagai N	mg/L	10	
11.	Nitrit, sebagai N	mg/L	1,0	
12.	pH	-	6,5 – 9,0	Merupakan batas minimum dan maksimum, khusus air hujan pH minimum 5,5
13.	Selenium	mg/L	0,01	
14.	Seng	mg/L	15	
15.	Sianida	mg/L	0,1	
16.	Sulfat	mg/L	400	
17.	Timbal		0,05	
.				

	<b>b. Kimia Organik</b>			
1.	Aldrin dan dieldrin	mg/L	0,0007	
2.	Benzene	mg/L	0,01	
3.	Benzo (a) pyrene	mg/L	0,00001	
4.	Chlorodane (total isomer)	mg/L	0,0007	
5.	Chloroform	mg/L	0,03	
6.	2,4-D	mg/L	0,10	
7.	DDT	mg/L	0,03	
8.	Detergen	mg/L	0,5	
9.	1,2-Dichloroethene	mg/L	0,01	
10.	1,1-Dichloroethene	mg/L	0,003	
11.	Heptachlor dan Heptachlor epoxide	mg/L	0,003	
12.	Hexachlorobenzene	mg/L	0,00001	
13.	Gamma-HCH (Lindane)	mg/L	0,004	
14.	Methoxychlor	mg/L	0,10	
15.	Pentachlorophenol	mg/L	0,01	
16.	Pestisida total	mg/L	0,10	
17.	2,4,6-Trichlorophenol	mg/L	0,01	
18.	Zat organik (KMnO <sub>4</sub> )	mg/L	10	
	<b>C. MIKROBIOLOGIK</b>			
1.	Total Koliform	Jumlah per 100 ml	50	Bukan air perpipaan
2.	(MPN)	Jumlah per 100 ml	10	Air perpipaan
	<b>D. RADIO AKTIVITAS</b>			
1.	Aktivitas Alpha ( <i>Gross Alpha Activity</i> )	Bg/L	0,1	
2.	Aktivitas Beta ( <i>Gross Beta Activity</i> )	Bg/L	1,0	

Keterangan :

mg = milligram

ml = mililiter

L = Liter

Bg = Beguerel

NTU = Nepnelometrik Turbidity Units

TCL = True Colour Units

Logam berat merupakan logam terlarut

Ditetapkan di Jakarta

Pada tanggal 13 September 1990

MENTERI KESEHATAN REPUBLIK INDONESIA

ttd.

Dr. ADHYATMA, MPH

SERI : 2

**PENYEDIAAN AIR PADA KEGUNAAN KHUSUS**

## **PENYEDIAAN AIR PADA KEGUNAAN KHUSUS**

### **1. Pendahuluan**

Rumah sakit memerlukan mutu air lebih dari mutu untuk keperluan sehari-hari. Air sumur atau PAM mungkin cukup untuk kebutuhan air pada umumnya, tetapi untuk keperluan khusus perlu dilakukan pengolahan tambahan.

Unit-unit pelayanan yang memerlukan mutu air secara khusus antara lain : laboratorium, farmasi, CSSD, unit perawatan, bedah, laundry dan peralatan mekanis tertentu (misalnya : unit pembuatan media laborat, pembuatan media blanko untuk uji kimia, pembuatan larutan intravenus, cairan irigasi, pencucian gelas dan perlengkapan laboratorium, irigasi selama prosedur bedah, melembabkan incinerator perawatan bayi dan lain-lain).

### **2. Masalah Kontaminasi Air pada Kegunaan Khusus**

## 2.1 Bahan kimia

Bahan kimia yang biasa ditambahkan pada proses pengolahan air untuk konsumsi umum bisa dipandang sebagai kontaminan untuk keperluan khusus. Misalnya, klorin yang digunakan untuk desinfeksi air minum merupakan kontaminan bila digunakan untuk membuat media mikrobiologi. Fluorida ditambahkan ke dalam air untuk mencegah pembusukan gigi dapat menjadi penyebab perubahan tulang bila dialisa ginjal menggunakan air mengandung fluorida. Karena itu, perlu diperhatikan persyaratan tertentu bila air akan digunakan secara khusus.

## 2.2 Kontaminan mikroba

Tingkat keamanan mikrobiologi air minum biasanya didasarkan pada ada tidaknya bakteri coli. Hal ini bukan berarti air bebas dari mikroorganisme. Flavobakteria masih ditemukan dalam air rumah sakit walau pada residu klorin 0,4 - 0,8 ppm. Keberadaan mikroba walau dalam jumlah kecil akan dapat menimbulkan gangguan yang cukup berarti, terutama bila air tersebut ditampung dalam waktu relatif lama sehingga mikroba berkembang biak cukup besar yang kemudian tersebar ke lingkungan.

Bila air minum digunakan untuk "*cold-system humidifier*" maka banyak mikroorganisme akan tersebar ke dalam ruang terutama bila unit tersebut tidak dibersihkan atau dikosongkan. Mengisi *humidifier* dengan air steril akan mencegah penyebaran mikroorganisme tersebut. Disarankan untuk menggunakan air *deionized* untuk peralatan *humidifier* karena akan menurunkan biaya pemeliharaan dan mengurangi tertimbunnya kerak. Namun masih terdapat masalah tambahan karena mikroorganisme yang terkandung dalam air akan berkembang biak dalam resin *deionizer*. Bakteri yang tertahan pada resin akan terus berkembang biak bersama-sama dengan endapan bahan organik dan inorganik dalam resin. Air *deionized* ditemukan mengandung lebih dari 100.000 mikroorganisme per mililiter. Beberapa general organisme yang ditemukan dari *sampling* air yang diambil dari *water softening* pada *backflush* pertama setelah regenerasi adalah *Achromobacter*, *Flavobacterium* dan *Pseudomonas*. Ini bukan tidak mungkin merupakan penyebab infeksi nosokomial.

## 2.3 Bahan organik

Resin "*ion-exchange*" bisa mengotori air dengan bahan organik karena kebocoran atau pertumbuhan mikroorganisme. Bahan organik terbanyak berasal dari penyediaan air minum. Kontaminasi bahan itu akan lebih besar dari air *disupply* dari air

permukaan. Adanya bahan organik dan amonia dalam air destilasi dapat menimbulkan kesalahan pembacaan haemoglobin.

#### 2.4 Pyrogen

Bakteri pyrogen merupakan masalah tambahan dari kontaminasi organik molekular yang dijumpai dalam air untuk kegunaan khusus. Pyrogen adalah bahan peningkat suhu atau demam. Reaksi demam timbul bila bahan ini masuk ke dalam saluran darah.

Hal ini bisa terjadi melalui infeksi intravenous atau penggunaan alat bedah yang terkontaminasi pyrogen. Jenis bakteri yang paling umum berpotensi menghasilkan pyrogen adalah bakteri batang gram negatif terutama *Pseudomonas*, *Salmonella* dan Coliform grup.

Pyrogen tahan panas pada sterilisasi steam. Karena itu, larutan atau perlatan disterilisasi steam belum tentu bebas dari pyrogen. Larutan harus disterilisasi dengan pemanasan kering dan dibilas dengan air bebas pyrogen untuk mencegah pyrogen masuk dalam aliran darah. Partikel pyrogen berukuran 50  $\mu$  sampai 1  $\mu$ . Karena demikian kecilnya ukuran pyrogen maka metoda filtrasi tidak digunakan untuk memperoleh air bebas pyrogen.

Walau sifat kimiawi pyrogen belum dapat ditentukan secara pasti namun dapat diketahui bahwa pyrogen merupakan hasil pertumbuhan sistem bakteri tertentu, ragi atau jamur. Diperkirakan pyrogen adalah polysaccharide kompleks yang tergabung pada senyawa bahan mengandung nitrogen dan fosfor dan menghasilkan endotoksin. Berdasarkan sifat biokimia klinis uji pyrogen yang dianggap terjangkau adalah menggunakan uji biologi dengan kelinci. Larutan yang akan diuji diinjeksikan ke dalam kelinci dan kelinci diamati dengan cermat untuk melihat kenaikan suhu tubuh.

Suhu dasar tiap kelinci yang diuji diukur kemudian tiap kelinci tersebut diinjeksi 10 ml larutan per kg berat badan. Suhu dubur kelinci diukur pada interval 1 jam selama 3 jam, bila suhu salah satu kelinci naik  $0,6^{\circ}\text{C}$  uji pyrogen dinyatakan positif. Untuk konfirmasi, 5 kelinci lain diuji dengan cara yang sama bila 4 kelinci menunjukkan kenaikan suhu tubuh  $0,6^{\circ}\text{C}$  atau lebih atau total kenaikan suhu tubuh dari 8 kelinci lebih dari  $3,7^{\circ}\text{C}$  maka uji pyrogen dinyatakan positif.

#### 2.5 Kontaminan gas

Amonia dan chlorin merupakan contoh kontaminan air dalam bentuk gas kontaminan ammonia dalam air untuk kegunaan khusus di laboratorium biomedis

dapat menyebabkan penyimpangan hasil uji laboratorium. Chlorin dapat mempengaruhi ketepatan uji uric acid, bilirubin dan senyawa protein-iodine.

Gas karbon dioksida diabsorpsi oleh air murni dari atmosfer pengolahan ataupun absorpsi dari atmosfer selama penyimpanan. Amonia dapat diuapkan dalam pot pemanas namun akan segera diabsorpsi kembali pada saat kondensasi.

Karbon dioksida gas diabsorpsi oleh air murni dari atmosfer setelah pengolahan. Pembuangan CO<sub>2</sub> perlu dilakukan karena efek korosif pada saluran air dan perlengkapan pengolahan air.

Meningkatnya CO<sub>2</sub> dalam air bersih menurunkan pH dan menaikkan daya hantar listrik. Daya hantar listrik sering digunakan untuk mengukur mutu kebersihan air.

### **3. Ukuran Kebersihan Air**

Ada beberapa cara untuk mengukur kebersihan air. Pengukuran dibedakan ke dalam 4 kelompok, yaitu fisika, kimia, mikrobiologi dan radioaktivitas. Kriteria air kegunaan khusus tergantung pada kegunaan air yang bersangkutan. Parameter kimia dan mikrobiologi biasanya sudah cukup untuk menilai tingkat kebersihan air minum secara umum tetapi air untuk kegunaan khusus harus dipandang secara individual.

### **4. Metoda Pengolahan**

Air minum biasanya dilakukan beberapa pengolahan sebelum sampai kepada konsumen. Setelah sampai rumah sakit, biasanya diperlukan pengolahan tambahan sesuai dengan kriteria dan kegunaan yang telah diuraikan diatas. Biasanya dilakukan pembuangan kontaminan namun pada hal-hal tertentu ditambahkan bahan-bahan untuk mencegah korosi pada boiler atau sistem pendingin air.

#### **4.1 Saringan karbon**

Karbon aktif biasa digunakan untuk menghilangkan bau dan kadang untuk dechlorinasi. Proses yang berlangsung adalah adsorpsi dan absorpsi chlorin atau bahan-bahan yang menyebabkan bau dan rasa. Karena karbon aktif mempunyai permukaan area yang luas dalam pengertian massa maka sangat tepat untuk tujuan ini. Kapasitas absorpsi bervariasi tergantung pada jenis karbon aktif.

Di rumah sakit atau laboratorium biomedis, saringan arang aktif digunakan untuk mengolah air baku destilasi dan deionisasi untuk menghilangkan bahan organik dan atau chlorin. Bakteri yang terkandung dalam air yang tersaring bisa tumbuh pada saringan. Dengan demikian, kandungan bakteri ini golongan pyrogen maka

pyrogenitas air meningkat. Kandungan bakteri dan pyrogen ini mungkin juga bisa meningkat selama pengolahan ion *exchange*.

Secara berkala sesuai dengan petunjuk pabrik, saringan perlu di “*backwash*”, diaduk dan diperbaiki lapisan karbonnya. Saringan karbon hendaknya dicuci dengan steam secara berkala untuk menghambat pertumbuhan bakteri. Frekuensi pencucian dapat ditentukan melalui uji bakteri. Setelah pemakaian beberapa lama kapasitas saringan menurun maka saringan perlu diganti atau diaktifkan kembali.

#### 4.2 Pertukaran ion

Proses pertukaran ion mirip dengan saringan karbon. Air yang diolah dengan pelan melewati kolom silindris yang berisi granula dan resin untuk pertukaran ion. Ketika air kontak dengan resin terjadilah pertukaran kimia. Ion yang ada dalam resin bertukar dengan ion yang ada dalam air. Partikel ion mempunyai afinitet lebih besar terhadap ion dalam air dibanding afinitet terhadap ion yang telah diikatnya.

Satu contoh adalah “*zeolite softener*” yang digunakan untuk di rumah tangga. Ion sodium pertama-tama terikat pada resin. Ketika air sadah (air yang mengandung Ca dan Mg) melewati *deionizer*, ion sodium bertukar dengan ion Ca dan Mg. Untuk setiap ion Ca dan Mg yang terikat resin dilepaskan dua ion sodium. Air yang diolah biasanya dianggap cukup aman dan digunakan untuk pasien yang diet sodium, walau demikian harus tetap berada dalam pengawasan dokter dan ahli gizi.

Bila ion sodium pada resin telah terpakai, ion sodium harus dipengaruhi dengan larutan “*brine*” (NaCl konsentrasi tinggi). Bila larutan *brine* kontak dengan resin ion Ca dan Mg dilepaskan resin lama dibalas dan dibuang. Dengan demikian, *water softener* dapat digunakan lagi.

Secara umum, proses *ion exchange* melalui 4 tahap : (1) penggunaan, (2) *backwash*, (3) penggantian dan (4) pembilasan. Prinsip dasar *ion exchange* ini juga berlaku pada proses deionisasi.

#### 4.3 Destilasi

Air destilasi merupakan kebutuhan mutlak setiap rumah sakit, misalnya untuk digunakan di CSSD terutama pembilas peralatan di laboratorium. Air destilasi bebas pyrogen digunakan untuk mencuci alat yang kontak langsung dengan darah atau luka terbuka di unit farmasi untuk mempersiapkan larutan injeksi bedah, intravenus. Sebelum air destilasi digunakan mungkin bisa dilakukan saringan pasir atau ion *exchange* untuk menghilangkan chlorin dan amonia. Air destilasi akan membunuh

bakteri dan juga akan menghilangkan bahan organik yang dilepas oleh resin atau karbon.

Destilasi adalah proses fisika sederhana yaitu menguapkan suatu bahan dan mengkondensasikan kembali. Karena hampir semua senyawa dalam air tidak menguap maka destilasi air dapat menghasilkan air yang hampir bebas dari bahan organik dan anorganik. Namun ada beberapa senyawa menguap seperti amonia atau chlorin yang bisa menguap dan terkondensasi bersama dengan air destilasi. Maka mungkin perlu menghilangkan kontaminan ini dengan ion *exchange* atau saringan karbon sebelum destilasi.

Walau destilasi adalah proses sederhana, desain destilasi perlu memperhatikan kualitas hasil akhir yang diharapkan. Destilasi dapat dirancang dengan menggunakan steam dari boiler sentral sebagai sumber panas. Setelah stem terkondensasi digunakan sebagai air baku untuk destilasi. Jika hal ini digunakan maka harus dicari informasi yang pasti tentang kualitas steam yang terkondensasi dari boiler karena kontaminan itu akan terbawa ke dalam air destilasi dan bisa menimbulkan masalah. Namun praktek ini sudah tidak banyak digunakan lagi.

Spesifik *resistance* air destilasi tergantung pada desain dan bahan yang digunakan untuk destilasi, pemeliharaan dan kualitas air baku. Destilasi tunggal umumnya menghasilkan *resistance* antara 300.000 – 800.000 ohm/cm. Sedangkan ganda tiga dengan quartz menghasilkan *resistance* 2.000.000 ohm/cm.

#### 4.4 Saringan membran

Saringan membran digunakan secara luas untuk analisa bilogi dari susu, minuman dan larutan lain serta gas. Larutan atau gas yang dianalisa dilewatkan membran porous sub mikron. Ukuran porous antara 0,025 – 8 u. Pemilihan ukuran porous tergantung pada ukuran partikel mikroskopis yang harus dihilangkan. Saringan dengan ukuran membran 0,45 u sering digunakan untuk analisis air secara bakteriologi. Sebagian pyrogen dapat juga dihilangkan dengan saringan membran. Karena ukuran bakteri pyrogen antara 0,05 – 1,0 u maka untuk pembebasan pyrogen total dari air harus menggunakan saringan yang berukuran porous lebih kecil dibanding saringan membran untuk menyaring untuk kegunaan umum dan hanya dapat menyediakan air dalam jumlah terbatas, misalnya keperluan laboratorium tertentu.

#### 4.5 Reverse osmosis

Osmose terjadi bila larutan encer dipisahkan dari larutan kental dengan membran semi-permeable. Membran akan membiarkan bahan kimia tertentu untuk melewatinya dan secara bersamaan mengeluarkan yang lain. Bila larutan garam dipisahkan dari air murni, molekul air murni akan berdifusi ke dalam air garam melalui membran.

*Reverse* osmose terjadi bila tekanan dikenakan pada larutan garam memaksa molekul air garam berdifusi ke dalam air murni. Fraksi air terus menerus dibuang dari air garam untuk menghindari penumpukan kontaminan.

Ukuran porous membran cukup kecil (0,02 – 0,05 u) yang mampu mengeluarkan hampir semua bakteri dan virus. Namun tidak boleh dianggap serta merta steril karena kemungkinan terdapat kerusakan membran. Sekali sisi produk membran terkontaminasi maka bakteri akan berkembang biak dalam produk akhir. Hilangnya pyrogen dengan membran belum dapat dipastikan. Tetapi bisa diperkirakan hilang karena mereka berukuran antara 0,05 sampai 1,0 u.

## **5. Penampungan dan Distribusi**

Setelah air murni dihasilkan harus dilakukan upaya untuk menjaga kualitasnya selama dalam penyimpanan dan distribusi. Untuk mempertahankan kualitas itu tidak mudah karena air yang telah dimurnikan sangat mudah untuk kembali tidak murni. Air akan mempunyai afinitet lebih besar terhadap ion organik dan organik dalam pipa atau reservoir dan sangat mudah menyerap kontaminan gas dari atmosfer.

### **5.1 Tangki penampung**

Bahan tangki harus dipilih sedemikian untuk mencegah kebocoran terhadap kontaminan. Pemilihan bahan pipa distribusi dan tangki sama pentingnya.

Perhatian perlu diarahkan juga untuk mencegah kontaminasi bakteri dan pertumbuhannya dalam tangki. Air destilasi yang tersisa disarankan dibuang hari itu juga. Tangki kemudian dibasuh dengan air destilasi baru sebelum digunakan untuk menyimpan hasil produksi hari berikutnya. Penyimpanan jangka pendek tersebut bermanfaat untuk mencegah pertumbuhan mikroorganisme dan pyrogen dalam jumlah besar.

Jumlah bakteri yang masuk ke dalam tangki akan ditekan dengan menempatkan tangki pada lokasi bebas debu dan jauh dari jalan umum. Kontaminasi dari atmosfer dapat dicegah dengan penutup rapat dan didapat saringan bakteri pada pipa hawa.

Saringan harus sering diganti untuk mencegah menumpuknya bakteri bakteri pada saringan. Walaupun dengan filter, bakteri bisa masuk bila udara ruang tersedot

melalui ventilasi *condenser* selama periode pendinginan setelah destilasi. Lampu ultra violet dapat membantu memelihara mutu air dalam tangki. Intensitas lampu harus dijaga sehingga efisiensi bakterisidal masih dapat dipertahankan atau masih di atas standar. Pemanasan terus menerus air destilasi pada suhu 82°C juga akan membantu menahan kandungan kuman sampai minimum.

## 5.2 Bahan konstruksi tangki dan distribusi

Bahan tangki dan distribusi hendaknya terbuat dari bahan tidak larut air. Biasanya untuk ini digunakan tin. Bahan ini umumnya berada dalam 3 bentuk, yaitu : “*block-tin line brass*”, “*block tin tubing*” dan “*tin-coated tubing*”. Bila tin rusak, tembaga akan larut dalam air. Adanya kandungan tembaga dapat digunakan sebagai indikator bahwa sistem perlu diperbaiki.

Bahan lain yang dapat digunakan adalah *stainless steel* tipe 304. Namun terhadap bahan ini kadang-kadang masih diperlukan pencucian untuk menghilangkan kontaminan dan mematikan oksidasi logam. Proses pencucian menggunakan larutan asam hipoklorit dan asam nitrat.

Beberapa bahan plastik dapat juga digunakan, tetapi mereka biasanya tidak tahan panas dan mengandung bahan-bahan *additive* dalam proses pembuatan plastik (biasanya sulit diidentifikasi) yang bisa menimbulkan gangguan kesehatan. Diantara bahan tersebut, jenis teflon adalah yang terbaik. Untuk penanganan air destilasi dan *deionized* sering digunakan gelas borosilicate. Bersama dengan *block-tin line brass* merupakan pilihan yang dianjurkan.

SERI : 3

## **PENGELOLAAN AIR LIMBAH**

# PENGUMPULAN DAN PEMBUANGAN AIR LIMBAH

## 1. Pendahuluan

Pada setiap tempat dimana orang berkumpul akan selalu dihasilkan limbah dan memerlukan pembuangan. Rumah sakit seperti halnya pemukiman menghasilkan limbah. Orang mulai lebih berkepentingan terhadap limbah rumah sakit karena sifat limbah yang dibuang. Tetapi sebenarnya komposisi sampah pada dasarnya tidak banyak berbeda dengan limbah rumah tangga, bahkan dari segi mikrobiologi sekalipun kecuali sampah yang berasal dari bagian penyakit menular karena organisme belum dipisahkan melalui proses olah setempat.

## 2. Pengertian dan Dampak

Limbah cair rumah sakit adalah semua limbah cair yang berasal dari rumah sakit yang kemungkinan mengandung mikroorganisme, bahan kimia beracun dan racun gas.

Bila bahan-bahan yang terkontaminasi seperti bahan percobaan tidak ditangani dengan baik selama proses pengumpulan maka akan dapat terjadi kontaminasi sampah secara langsung atau melalui aerosol. Demikian juga, percikan dan penyiraman toilet, macerator dapat mencemari lantai dan dinding yang kemudian melalui penguapan akan terbawa masuk ke dalam udara ruangan. Seyogyanya suatu kota perlu memiliki saluran air limbah.

Namun, tak satupun tersedia di kota-kota Indonesia. Maka air limbah dari rumah sakit sangat disarankan untuk diolah sebelum dibuang ke saluran air perkotaan.

Bila menggunakan pengolahan individual seperti septic tank atau unit pengolahan limbah terpusat maka harus dijaga, jangan sampai terjadi kontaminasi pada saluran penerima oleh mikroorganisme yang masih bertahan selama proses pengolahan limbah tersebut atau terlepas ke udara sebagai efek samping unit pengolahan terpusat. Hal ini mengingat beberapa hasil studi bahwa beberapa jenis bakteri masih hidup setelah melalui proses pengolahan tertentu. Percikan dari karbon aktif, misalnya menimbulkan pencemaran udara oleh mikroorganisme. Karena itu sebaiknya limbah infeksius dilakukan desinfeksi atau sterilisasi sebelum dibuang ke unit pengolahan.

Sebagai contoh, limbah yang mengandung virus polio dipanaskan dengan uap selama 1 jam pada suhu 100°C dan didinginkan antara 20 – 80 mg/l ditambahkan terus menerus selama 15 – 60 menit untuk membunuh kuman TBC. Namun kuman TBC sangat tahan

terhadap chlorin bila berada dalam air kotor untuk itu dapat digunakan 10 Kg *quicklime* per meter kubik air limbah sebelum dibuang.

Buangan air pendingin bisa mengandung chromate atau bahan pengolah air lain yang beracun langsung terbuang ke drainase dapat menimbulkan masalah kesehatan bila tidak ditangani dengan tepat.

### **3. Sumber dan Sifat-sifat Air Limbah**

#### **3.1 Sifat limbah yang dibuang ke saluran**

Ukuran, fungsi dan kegiatan rumah sakit mempengaruhi kondisi air limbah yang dihasilkan. Secara umum, air limbah mengandung buangan pasien, bahan otopsi jaringan hewan yang digunakan di laboratorium, sisa makanan dari dapur, limbah laundry, limbah laboratorium berbagai macam bahan kimia baik toksik maupun non toksik dan lain-lain.

#### **3.2 Karakteristik kimia, fisik dan biologi limbah**

Limbah rumah sakit bisa mengandung bermacam-macam mikroorganisme tergantung pada jenis rumah sakit tingkat pengolahan yang dilakukan sebelum dibuang dan jenis sarana yang ada (misalnya, kandang hewan laboratorium dan lain-lain). Jelas bahwa diantara mikroorganisme tersebut bisa patogen.

Limbah rumah sakit seperti halnya limbah lain akan mengandung bahan-bahan organik dan anorganik, yang tingkat kandungannya dapat ditentukan dengan uji air kotor pada umumnya seperti BOD, COD, TSS dan lain-lain.

Bila rumah sakit memiliki unit pengolahan sendiri maka kandungan ini harus dimonitor untuk menilai hasil kerja unit pengolahan. Berbagai bakteri indikator perlu diperiksa setelah desinfeksi.

### **4. Penampungan dan Pengolahan Limbah Lokal**

#### **4.1 *Waste Stabilization Pond System* (kolam stabilisasi air limbah)**

Sistem pengolahan air limbah “kolam stabilisasi” adalah memenuhi semua kriteria tersebut diatas kecuali masalah lahan yang diperlukan sebab untuk kolam stabilisasi memerlukan lahan yang cukup luas maka biasanya sistem ini dianjurkan untuk rumah sakit di pedalaman (di luar kota) yang biasanya masih tersedia lahan yang cukup.

Sistem ini hanya terdiri dari bagian-bagian yang cukup sederhana, yakni :

1. *Pump Sump* (pompa air kotor).
2. *Stabilization Pond* (kolam stabilisasi) biasanya 2 buah.
3. *Bak Chlorinasi*.

4. *Control Room* (ruangan untuk kontrol).
5. Inlet.
6. *Interconnection* antara 2 kolam stabilisasi.
7. *Outlet* dari kolam stabilisasi menuju ke sistem chlorinasi (bak chlorinasi).

#### 4.2 *Waste Oxidation Ditch Treatment System* (kolom oksidasi air limbah)

Sistem kolam oksidasi ini telah dipilih untuk pengolahan air limbah rumah sakit yang terletak di tengah-tengah kota karena tidak memerlukan lahan yang luas. Kolam oksidasi-nya sendiri dibuat bulat atau elips dan air limbah dialirkan secara berputar agar ada kesempatan lebih lama berkontak dengan oksigen dari udara (aerasi).

Kemudian air limbah dialirkan ke dalam *sedimentation tank* untuk mengendapkan benda-benda pada dan lumpur lainnya. Selanjutnya air yang sudah nampak jernih dialirkan ke bak chlorinasi sebelum dibuang ke dalam sungai atau badan air lainnya. Sedangkan lumpur yang mengendap diambil dan dikeringkan pada *Sludge Drying Bed*.

Sistem *Oxidation Ditch* ini terdiri dari komponen-komponen sebagai berikut :

1. *Pump Sump* (pompa air kotor).
2. *Sedimentation Tank* (bak pengendapan).
3. *Chlorination Tank* (bak chlorinasi).
4. *Sludge Drying Bed* (tempat mengeringkan lumpur biasanya 1 – 2 petak)
5. *Control Room* (ruang kontrol).

#### 4.3 *Anaerobic Filter Treatment System*

Sistem pengolahan air limbah melalui proses pembusukan anaerobik melalui suatu filter/saringan, dimana air limbah tersebut sebelumnya telah mengalami *pre-treatment* dengan septic tank (Inhoff Tank).

Dari proses *Anaerobic Filter Treatment* biasanya akan menghasilkan *effluent* yang mengandung zat-zat asam organik dan senyawa anorganik yang memerlukan chlor lebih banyak untuk proses oksidasinya. Oleh sebab itu, sebelum *effluent* dialirkan ke Bak Chlorinasi ditampung dulu kepada Bak/Kolam Stabilisasi untuk memberikan kesempatan oksidasi zat-zat tersebut diatas sehingga akan menurunkan jumlah chlorin yang dibutuhkan pada proses chlorinasi nanti.

- (1) *Pump Sump* (Pompa Air Kotor).
- (2) *Septic Tank* (Inhoff Tank).
- (3) *Anaerobic Filter*.
- (4) *Stabilization Tank* (Bak Stabilisasi).

- (5) *Chlorination Tank* (Bak Chlorinasi).
- (6) *Sludge Drying Bed* (Tempat Pengeringan Lumpur).
- (7) *Control Room* (Ruang Kontrol).

Sesuai dengan debit air buangan dari rumah sakit yang juga tergantung dari besar kecilnya rumah sakit atau jumlah tempat tidur maka konstruksi *Anaerobic Filter Treatment System* dapat disesuaikan dengan kebutuhan tersebut, misalnya :

- *Volume Septic Tank*
- *Volume Anaerobic Filter*
- *Volume Stabilization Tank*
- *Jumlah Chlorination Tank*

## **PEDOMAN PENGELOLAAN LIMBAH KLINIS**

### **1. Pendahuluan**

#### **1.1. Limbah Klinis**

Rumah sakit merupakan penghasil limbah klinis terbesar. Berbagai jenis limbah yang dihasilkan di rumah sakit dan unit-unit pelayanan medis bisa membahayakan dan menimbulkan gangguan kesehatan bagi pengunjung dan terutama petugas yang menangani limbah tersebut.

Terhadap limbah tersebut seringkali diperlukan pengolahan pendahuluan sebelum diangkut ke tempat pembuangan atau dimusnahkan dengan unit pemusnah setempat.

Limbah klinis adalah limbah yang berasal dari pelayanan medis, perawatan, gigi, “veterinary”, farmasi atau sejenis serta limbah yang dihasilkan di rumah sakit pada saat dilakukan perawatan/pengobatan atau penelitian.

Banyak sekali limbah yang dihasilkan oleh rumah sakit. Sebagian besar dapat membahayakan siapa saja yang kontak dengannya, karena itu perlu prosedur tertentu dalam pembuangannya. Tidak semua limbah klinis berbahaya. Tetapi ada beberapa yang dapat menimbulkan ancaman pada saat penanganan, penampungan, pengangkutan dan atau pemusnahannya karena alasan-alasan sebagai berikut :

- Volume limbah yang dihasilkan melebihi kemampuan pembuangannya.

- Beberapa diantara limbah itu berpotensi menimbulkan bahaya kepada personil yang terlibat dalam pembuangan, apabila tidak ditangani dengan baik.
- Limbah ini juga menimbulkan pencemaran lingkungan bila mereka dibuang secara sembrono dan akhirnya membahayakan atau mengganggu kesehatan masyarakat.

Mungkin akan banyak lagi jenis limbah yang perlu ditangani untuk masa mendatang. Disamping itu, perlu juga diperhatikan pembuangan limbah dari poliklinik atau praktek dokter swasta walaupun pembuangan limbah dalam jumlah kecil.

## **1.2. Maksud dan Tujuan Buku Pedoman**

Tujuan dari pedoman ini adalah untuk menjelaskan prosedur dalam pengemasan, pemberian label, penampungan, pengangkutan dan pembuangan limbah klinis. Hal ini dimaksudkan untuk membantu pihak berwenang dan pelaksana serta masyarakat yang terlibat baik secara langsung maupun tidak untuk menentukan strategi pengelolaan limbah yang tepat dengan memperhatikan faktor-faktor khusus dan unit yang ada pada setiap situasi, kondisi lokal, persyaratan atau peraturan yang berlaku.

Pedoman ini hanya bersifat umum dan tidak dimaksudkan untuk mengatur pelaksanaan yang mungkin telah dikerjakan oleh rumah sakit atau daerah tertentu. Namun, pedoman ini bisa menjadi dasar pengembangan untuk pengembangan strategi di masa mendatang.

Kewenangan dalam penanganan limbah tetap berada pada daerah atau rumah sakit yang bersangkutan. Namun, strategi pendekatan sebagai pedoman perlu disusun untuk tingkat nasional karena akan dapat meningkatkan keamanan dan optimalisasi sumber daya.

Dalam pengembangan pedoman ini telah memperhatikan pengalaman dan praktek yang berlangsung di negara-negara maju, standar yang berlaku secara internasional, konsultasi dengan beberapa tenaga ahli dan badan-badan internasional seperti WHO, dll.

## **1.3. Strategi Pengelolaan Limbah**

Institusi dan individu penghasil limbah bertanggung jawab terhadap pengelolaan limbah klinis. Jadi, tiap organisasi harus memiliki strategi pengelolaan limbah yang komprehensif dengan memperhatikan prinsip-prinsip yang terkandung dalam pedoman ini. Ke dalam strategi itu harus dimasukkan

prosedur dalam pengelolaan limbah yang dihasilkan oleh pelayanan rawat inap di rumah sakit, seperti dialisis dan citotoksik. Strategi itu harus dapat menjamin bahwa semua limbah dibuang dengan aman. Hal ini terutama berlaku untuk limbah berbahaya seperti radioaktif, citotoksik dan infeksius. Petunjuk-petunjuk praktis pengelolaan limbah harus disediakan untuk semua pekerja yang terlibat.

Kebijaksanaan dalam pembuangan limbah seringkali tergantung pada keadaan lokal, ukuran, kekhususan, infrastruktur yang ada dan tersedia atau tidaknya incinerator. Bahkan pada satu unit organisasi bisa dihasilkan prosedur pengelolaan yang berbeda untuk mengatasi berbagai volume limbah yang dihasilkan dalam suatu area. Namun, prosedur hendaknya sedapat mungkin seragam dalam suatu organisasi atau antar organisasi. Hal ini bertujuan untuk mengurangi kebingungan dan terjadinya kesalahan yang bisa mencelakakan staf bila pindah dari satu tempat ke tempat lain dalam suatu organisasi.

## **2. Kesimpulan dan Saran**

Berikut ini adalah kesimpulan pokok beberapa rekomendasi dari buku pedoman ini. Saran untuk pembuangan beberapa bentuk limbah belum dirumuskan dan akan dirinci dalam petunjuk teknis yang lebih detail.

- 2.1. Penghasil limbah klinis dan yang sejenis harus menjamin keamanan dalam memilah-milah jenis sampah, pengemasan, pemberian label, penyimpanan, pengangkutan, pengolahan dan pembuangannya.
- 2.2. Penghasil limbah klinis hendaknya mengembangkan dan secara periodik meninjau kembali strategi pengelolaan limbah secara menyeluruh.
- 2.3. Menekan produksi sampah hendaknya menjadi bagian integral dari strategi pengelolaan.
- 2.4. Pemisahan sampah sesuai sifat dan jenisnya (kategori) adalah langkah awal prosedur pembuangan yang benar.
- 2.5. Limbah radioaktif harus diamankan dan dibuang sesuai dengan peraturan yang berlaku oleh instansi yang berwenang.
- 2.6. Incinerator adalah metoda pembuangan yang disarankan untuk limbah tajam, infeksius dan jaringan tubuh.
- 2.7. Incinerator dengan suhu tinggi disarankan untuk memusnahkan limbah citotoksik (1100°C).

- 2.8. Incinerator harus digunakan dan dipelihara sesuai dengan spesifikasi desain. Mutu emisi udara harus dipantau dalam rangka menghindari pencemaran udara.
- 2.9. Pilihan lain seperti *landfill* mungkin diperlukan dalam keadaan tertentu bila sarana incinerator tidak mencukupi.
- 2.10. Pemilihan incinerator “*on site*” atau “*off site*” perlu memperhatikan semua faktor yang mungkin terkena dampak pencemaran udara.
- 2.11. Perlu diperhatikan bahwa program latihan karyawan/staf rumah sakit menjadi bagian integral dalam strategi pengelolaan limbah.
- 2.12. Disarankan menggunakan warna standar dan koding untuk kantong pembuangan dan kontainer sampah.
- 2.13. Karena pedoman ini hanya menyajikan garis besar pengelolaan limbah klinis dan yang sejenis maka dirasa perlu untuk mengembangkan pedoman yang lebih detail yang berkenaan dengan hal-hal yang bersifat khusus.

### **3. Limbah Klinis dan yang Sejenis**

Penggolongan kategori limbah seperti yang tersebut dibawah ini dilakukan berdasarkan potensi bahaya yang terkandung di dalamnya, termasuk plastik karena volume dan sifat persistensinya yang menimbulkan masalah :

- Limbah benda tajam.
- Limbah infeksius.
- Limbah jaringan tubuh.
- Limbah citotoksik.
- Limbah farmasi.
- Limbah kimia.
- Limbah radioaktif.
- Limbah plastik.

Penggolongan berbagai limbah tidak mudah dilakukan. Misalnya, beberapa benda tajam bisa juga digolongkan ke dalam limbah infeksius. Limbah yang kontak dengan darah, eksudat atau sekresi bisa dianggap memiliki potensi infeksius, walaupun biasanya dianggap tidak praktis karena harus memperlakukan limbah itu sebagai limbah infeksius. Bila satu ongkok limbah mengandung beberapa jenis limbah, misalnya citotoksik dan infeksius maka metode pembuangan yang paling tepat untuk keduanya adalah incinerator.

Metode pembuangan jenis limbah yang digolongkan diatas diuraikan dalam bab 3 ini, sementara perubahan lebih jauh diuraikan dalam bab 6. Karena istilah incinerator dan *landfill* sering disinggung dalam dokumen ini, pembaca hendaknya merujuk juga ke bab 6.2 dan 6.3.

### **3.1. Limbah benda tajam**

Limbah benda tajam adalah obyek atau alat yang memiliki sudut tajam, sisi, ujung atau bagian menonjol yang dapat memotong atau menusuk kulit, seperti jarum hipodermik, perlengkapan intravena, pipet pasteur, pecahan gelas, pisau bedah. Semua benda tajam ini memiliki potensi bahaya dan dapat menyebabkan cedera melalui sobekan atau tusukan. Benda-benda tajam yang terbuang mungkin terkontaminasi oleh darah, cairan tubuh, bahan mikrobiologi dan beracun bahan sitotoksik atau radioaktif. Limbah benda tajam mempunyai potensi bahaya tambahan yang dapat menyebabkan infeksi atau cedera karena mengandung bahan kimia beracun atau radioaktif. Potensi untuk menularkan penyakit akan sangat besar bila benda tajam tadi digunakan untuk pengobatan pasien infeksi atau penyakit infeksi.

Secara umum, jarum *disposable* tidak dipisahkan dari syringe atau perlengkapan lain setelah digunakan. *Clipping, bending* atau *breaking* jarum-jarum, sangat tidak disarankan karena akan menyebabkan *accidental inoculation*. Prosedur tersebut dalam beberapa hal perlu diperhatikan kemungkinan dihasilkannya aerosol. Menutup jarum dengan kap dalam keadaan tertentu barangkali bisa diterima, misalnya dalam penggunaan bahan radioaktif dan untuk pengumpulan gas darah.

Limbah benda tajam hendaknya ditempatkan dalam kontainer benda tajam yang dirancang cukup kuat, tahan tusukan dan diberi label dengan benar. Desain dan konstruksi kontainer hendaknya sedemikian untuk mengurangi kemungkinan cedera bagi orang yang menangani pada saat pengumpulan dan pengangkutan limbah benda tajam itu. Label untuk limbah benda tajam termasuk simbol biohazard (lihat bab 4.3).

Incinerator merupakan metoda terbaik untuk pembuangan limbah benda tajam ini. Diketahui bahwa pembuangan ke *landfill* diperlukan bila sarana incinerator tidak mencukupi atau tidak tersedia. Dalam hal ini perlu diperhatikan bahwa tempat pembuangan harus dikelola dengan baik dan kontainer limbah

benda tajam segera ditimbun dengan tanah yang cukup tebal atau dengan material lain yang tepat.

Limbah benda tajam yang terkontaminasi oleh bahan sitotoksik atau radioaktif harus diberi label dengan benar dan dibuang sesuai dengan prosedur yang telah ada (lihat bab 3.4 dan 3.7).

### **3.2. Limbah infeksius**

Limbah infeksius hendaknya mencakup pengertian sebagai berikut :

- Limbah yang berkaitan dengan pasien yang memerlukan isolasi penyakit menular (perawatan intensif).
- Limbah laboratorium yang berkaitan dengan pemeriksaan mikrobiologi dari poliklinik dan ruang perawatan/isolasi penyakit menular.

Namun beberapa institusi memasukkan juga bangkai hewan percobaan yang terkontaminasi atau diduga yang terkontaminasi oleh organisme patogen ke dalam kelompok limbah infeksius.

Pembuangan/pemusnahan dengan incinerator adalah pilihan utama, sementara itu *sanitary landfill* merupakan pilihan terakhir (lihat bab 6.3). Pilihan lain adalah dengan menggunakan *autoclaving* yang membuatnya menjadi tidak infeksius sehingga bisa dibuang ke *sanitary landfill*, masalahnya adalah volume limbah yang harus di *autoclave* cukup besar (lihat bab 6.1.1).

### **3.3. Limbah jaringan tubuh**

Jaringan tubuh meliputi jaringan tubuh, organ, anggota badan, placenta, darah dan cairan tubuh lain yang dibuang pada saat pembedahan atau autopsi.

Jaringan tubuh yang tampak nyata seperti anggota badan dan placenta yang tidak memerlukan pengesahan penguburan hendaknya dikemas secara khusus, diberi label dan dibuang ke incinerator dibawah pengawasan petugas berwenang.

Cairan tubuh, terutama darah dan cairan yang terkontaminasi berat oleh darah harus diperlakukan dengan hati-hati. Dalam jumlah kecil dan bila mungkin dapat diencerkan sehingga dapat dibuang ke dalam sistem saluran pengolahan air limbah.

### **3.4. Limbah sitotoksik**

Limbah sitotoksik adalah bahan yang terkontaminasi atau mungkin terkontaminasi dengan obat sitotoksik selama peracikan, pengangkutan atau tindakan terapi sitotoksik.

Untuk menghapus tumpahan yang tidak sengaja, perlu disediakan absorben yang tepat. Bahan pembersih hendaknya selalu tersedia dalam ruang percikan terapi sitotoksik. Bahan-bahan yang cocok untuk itu, antara lain : sawdust, granula absorpsi yang tersedia di pasar, detergen atau perlengkapan pembersih lainnya. Semua limbah pembersihan itu harus diperlakukan sebagai limbah sitotoksik. Pemusnahan limbah sitotoksik hendaknya menggunakan incinerator karena sifat racunnya yang tinggi.

Limbah yang mengandung campuran limbah sitotoksik dan limbah lain, harus dibakar dalam incinerator dengan suhu yang disarankan untuk pembakaran limbah sitotoksik.

Limbah dengan kandungan obat sitotoksik rendah, seperti urine, tinja dan muntahan bisa dibuang secara aman ke dalam saluran air kotor. Namun harus hati-hati dalam menangani limbah tersebut dan harus diencerkan dengan benar.

### **3.5. Limbah farmasi**

Limbah farmasi berasal dari :

- Obat-obatan yang kadaluarsa.
- Obat-obatan yang terbuang karena batch yang tidak memenuhi spesifikasi atau kemasan yang terkontaminasi.
- Obat-obatan yang dikembalikan oleh pasien atau dibuang oleh masyarakat.
- Obat-obatan yang tidak lagi diperlukan oleh institusi yang bersangkutan.
- Limbah yang dihasilkan selama produksi obat-obatan.

Metoda pembuangan tergantung pada komposisi kimia limbah. Namun, prinsip-prinsip berikut hendaknya dapat dijadikan pegangan/pertimbangan :

- Limbah farmasi hendaknya diwadahi dalam kontainer non-reaktif.
- Bila dimungkinkan, limbah ini hendaknya dibakar dengan incinerator. Jangan sampai dikirim ke *landfill* atau dibuang bersama-sama dengan limbah biasa (domestik). Praktek demikian akan menimbulkan pencemaran air tanah.
- Bilamana memungkinkan, cairan yang tidak mudah terbakar (larutan antibiotik) hendaknya diserap dengan sawdust dikemas dengan kantong plastik dan dibakar dengan incinerator.
- Bila proses penguapan dilakukan untuk membuang limbah farmasi hendaknya dilakukan di tempat terbuka jauh dari api, motor elektrik atau *intake air conditioner*. Proses penguapan dapat menimbulkan pencemaran udara karena itu metode ini hendaknya hanya digunakan untuk limbah dengan sifat racun

rendah. Bahan ditempatkan dalam wadah non-reaktif yang mempunyai bidang permukaan luas.

- Umumnya limbah farmasi harus dibuang melalui incinerator. Secara umum, tidak disarankan untuk membuangnya ke dalam saluran air kotor, kecuali dalam jumlah kecil masih diijinkan.

### **3.6. Limbah kimia**

Limbah kimia yang dihasilkan dari penggunaan kimia dalam tindakan medis, veterineri, laboratorium, proses sterilisasi dan riset. (Limbah kimia yang telah dibahas adalah limbah farmasi dan sitotoksik). Pembuangan limbah kimia ke dalam saluran air kotor dapat menimbulkan korosi pada saluran, sementara beberapa bahan kimia lainnya dapat menimbulkan ledakan. Limbah kimia yang tidak berbahaya dapat dibuang bersama-sama dengan limbah umum. Reklamasi dan daur ulang bahan kimia berbahaya beracun (B3) dapat diupayakan bila secara teknis dan ekonomi memungkinkan. Disarankan untuk berkonsultasi dengan instansi berwenang untuk mendapat petunjuk lebih lanjut.

Merkuri banyak digunakan dalam penyerapan restorasi amalgam. Limbah merkuri amalgam tidak boleh dibakar dengan incinerator karena akan menghasilkan emisi yang beracun (mengandung merkuri). Pembuangannya harus mengikuti peraturan yang berlaku. Limbah amalgam dan kimia lain seperti ester dari asam acrylic yang digunakan dalam penyiapan lapisan gigi tidak boleh dibuang melalui sistem pembuangan domestik.

Bahan kimia lain, seperti limbah laboratorium, limbah gas dan solven, tidak termasuk dalam bab ini karena lingkupnya sangat bervariasi untuk disarankan secara umum disini. Untuk itu, diperlukan pedoman tersendiri. Terlepas dari produksi limbah kimia, prosedur pengamanan adalah yang terpenting (*good housekeeping*). Disarankan untuk berkonsultasi dengan instansi berwenang untuk mendapat pengarahan.

### **3.7. Limbah radioaktif**

Limbah radioaktif adalah bahan yang terkontaminasi dengan radio isotop yang berasal dari penggunaan medis atau riset radionucleida. Limbah ini dapat berasal dari antara lain : tindakan kedokteran nuklir, radioimmunoassay dan bakteriologis dapat berbentuk padat, cair ataupun gas. Penanganan, penyimpanan dan pembuangan bahan radioaktif harus memenuhi peraturan yang berlaku.

Hal-hal yang harus dipenuhi secara umum dalam penanganan dan pembuangan limbah radioaktif adalah bahwa personil harus sesedikit mungkin memperoleh paparan radiasi.

Kepala Pengamanan radiasi harus bertanggung jawab untuk penanganan yang aman, penyimpanan dan pembuangan limbah radioaktif. Pejabat ini harus bertanggung jawab untuk semua urusan pengamanan radioaktif dan mencari petunjuk, bila diperlukan unit menghasilkan limbah radioaktif hendaknya menetapkan area khusus untuk penyimpanan limbah radioaktif, yang harus dikemas dengan benar dan diberi label (lihat bab 4.3). Tempat khusus tersebut hendaknya diamankan dan hanya digunakan untuk tujuan itu.

Limbah radioaktif harus dipantau sebelum dibuang dan daya radioaktivitasnya tidak melebihi batas syarat yang ditetapkan oleh instansi yang berwenang. Limbah radioaktif yang sudah aman boleh dibakar dengan incinerator dengan *sanitary landfill* yang terjamin pada lokasi khusus atau dibuang melalui saluran air limbah rumah sakit. Dalam penggunaan incinerator, perlu diperhatikan kemungkinan adanya limbah gas radioaktif atau debu radioaktif sehubungan dengan total limbah keseluruhan yang masuk incinerator dan sifat-sifat asap. Semua prosedur itu harus sesuai dengan peraturan yang berlaku.

### **3.8. Limbah plastik**

Limbah plastik adalah bahan plastik yang dibuang oleh klinik, rumah sakit dan sarana pelayanan kesehatan lain. Masalah yang ditimbulkan oleh limbah plastik ini adalah terutama karena jumlahnya yang meningkat secara cepat seiring dengan meningkatnya penggunaan barang-barang medis *disposable* seperti syringes dan slang. Penggunaan plastik yang lain (seperti kantong obat) makanan, peralatan dan bungkus utensil ataupun pelapis tempat tidur (perlak) juga memberi kontribusi meningkatnya jumlah limbah plastik. Terhadap limbah ini barangkali perlu dilakukan tindakan tertentu sesuai dengan salah satu golongan limbah diatas jika terkontaminasi dengan bahan berbahaya.

Apabila pemisahan dilakukan dengan baik, bahan plastik yang terkontaminasi dapat dibuang melalui pelayanan pengangkutan sampah kota/umum.

Dalam pembuangan limbah plastik ini hendaknya memperhatikan aspek berikut :

- Pembakaran beberapa jenis plastik menghasilkan emisi udara yang berbahaya. Misalnya, pembakaran plastik mengandung chlor seperti PVC (*polyvinyl chlor*) menghasilkan hidrogen chlorida. Sementara itu, pembakaran plastik yang mengandung nitrogen seperti plastik formaldehida urea menghasilkan oksida nitrogen. Karena itu, perlu dilakukan pemantauan mutu udara.
- Keseimbangan campuran antara limbah plastik dan non plastik untuk pembakaran dengan incinerator membantu pencapaian pembakaran sempurna dan mengurangi biaya operasi incinerator.
- Pembakaran terbuka sejumlah besar limbah plastik tidak diperbolehkan karena menghasilkan partikel dan pencemar udara. Tindakan ini dapat menghasilkan pemaparan kepada operator dan masyarakat umum.
- Komposisi limbah berubah sesuai dengan kemajuan teknologi sehingga produk racun potensial dari pembakaran mungkin juga berubah. Karena itu perlu dilakukan *updating* dan peninjauan kembali strategi penanganan limbah plastik ini.
- Tampaknya limbah plastik yang dihasilkan dari unit pelayanan kesehatan akan meningkat. Volume yang begitu besar memerlukan pertimbangan dalam pemisahan sampah dan untuk sampah plastik ini setelah aman sebaiknya diupayakan daur ulang.

#### **4. Penanganan dan Penampungan**

##### **4.1. Pemisahan dan pengurangan**

Dalam pengembangan strategi pengelolaan limbah, alur limbah harus diidentifikasi dan dipilah-pilah. Reduksi keseluruhan volume limbah, hendaknya merupakan proses yang kontinyu. Pilah-pilah dan reduksi volume limbah klinis dan yang sejenis merupakan persyaratan keamanan yang penting untuk petugas pembuang sampah, petugas emergensi dan masyarakat. Pilah-pilah dan reduksi volume limbah hendaknya mempertimbangkan hal-hal berikut ini :

- Kelancaran penanganan dan penampungan limbah.
- Pengurangan jumlah limbah yang memerlukan perlakuan khusus, dengan pemisahan limbah B3 dan non-B3.
- Diusahakan sedapat mungkin menggunakan bahan kimia non-B3.
- Pengemasan dan pemberian label yang jelas dari berbagai jenis limbah untuk mengurangi biaya, tenaga kerja dan pembuangan.

Pemisahan limbah berbahaya dari semua limbah pada tempat penghasil kunci pembuangan yang baik. Dengan limbah berada dalam kantong atau kontainer yang sama untuk penyimpanan, pengangkutan dan pembuangan akan mengurangi kemungkinan kesalahan petugas dalam penanganannya.

#### **4.2. Penampungan**

Sarana penampungan untuk limbah harus memadai, diletakkan pada tempat yang pas, aman dan higienis. Faktor-faktor tersebut perlu mendapat perhatian dalam pengembangan seluruh strategi pembuangan limbah untuk rumah sakit.

Pemadatan adalah cara yang efisien dalam penyimpanan limbah yang bisa dibuang dengan *landfill*. Namun, pemadatan ini tidak boleh dilakukan untuk limbah infeksius dan limbah benda tajam.

#### **4.3. Standarisasi kantong dan kontainer pembuangan limbah**

Terdapat berbagai kantong yang digunakan untuk pembuangan limbah di rumah sakit dengan menggunakan bermacam-macam warna. Tidak adanya standarisasi dalam mengurangi kesalahan manusia dalam pemisahan sampah, karena disana sering terjadi mutasi staf di dalam dan antar rumah sakit atau dengan instansi lain.

Karena itu barangkali perlu adanya standar secara nasional tentang kode warna dan identifikasi kantong dan kontainer limbah. Keberhasilan pemisahan limbah tergantung kepada kesadaran, prosedur yang jelas serta keterampilan petugas sampah pada semua tingkat.

Keseragaman standar kantong dan kontainer limbah mempunyai keuntungan sebagai berikut :

- Mengurangi biaya dan waktu pelatihan staf yang dimutasikan antar instansi/unit.
- Meningkatkan keamanan secara umum, baik pada pekerjaan di lingkungan rumah sakit maupun pada penanganan limbah di luar rumah sakit.
- Pengurangan biaya produksi kantong dan kontainer.

Semula, kode standar hanya diusulkan untuk 3 golongan sampah yang paling berbahaya.

Kantong dan kontainer limbah harus cukup bermutu dan terjamin agar tidak sobek atau pecah pada saat penanganan tidak bereaksi dengan sampah yang disimpannya. Kantong limbah ini biasanya memiliki ketebalan sama dengan kantong limbah domestik.

## 5. Pengangkutan Limbah

Dalam strategi pembuangan limbah rumah sakit hendaknya memasukkan prosedur pengangkutan limbah internal dan eksternal bila memungkinkan. Pengangkutan limbah internal biasanya berasal dari titik penampungan awal ke tempat pembuangan atau incinerator di dalam (*on site incinerator*) dengan menggunakan kereta dorong. Peralatan-peralatan tersebut harus jelas dan diberi label, dibersihkan secara regular dan hanya digunakan untuk mengangkut sampah. Setiap petugas hendaknya dilengkapi dengan alat proteksi dan pakaian kerja khusus.

Walau beberapa rumah sakit menggunakan chute (pipa plosotan) untuk pengangkutan sampah internal, tetapi pipa plosotan tidak disarankan karena alasan keamanan, teknis dan higienis, terutama untuk pengangkutan sampah benda tajam, jaringan tubuh, infeksius, sitotoksik dan radioaktif. Pembuangan dengan pipa plosotan hendaknya tidak dilakukan lagi untuk rumah sakit baru.

Pengangkutan sampah klinis dan yang sejenis ke tempat pembuangan di luar memerlukan prosedur pelaksanaan yang tepat dan harus selalu diikuti oleh semua petugas yang terlibat. Prosedur tersebut harus memenuhi peraturan angkutan lokal. Bila limbah klinis dan yang sejenis diangkut dengan kontainer khusus, kontainer harus kuat dan tidak bocor. Kontainer harus mudah ditangani, dalam hal kontainer akan digunakan kembali harus mudah dibersihkan/dicuci dengan detergen.

Sangat diharapkan bahwa kendaraan yang dipergunakan untuk mengangkut limbah klinis dan yang sejenis hanya untuk itu saja. Kendaraan itu hendaknya mudah memuat dan membongkar serta dibersihkan dan dilengkapi dengan alat pengumpul kebocoran. Ruang sopir secara fisik harus terpisah dari limbah. Desain kendaraan sedemikian rupa sehingga sopir dan masyarakat terlindung bila sewaktu-waktu terjadi kecelakaan. Kendaraan juga harus dipasang kode/tanda peringatan.

- Perbaiki sarana yang ada.
- Penggantian sarana yang baru.
- Meninggalkan sarana yang ada dan beralih menggunakan sarana di luar rumah sakit.

Tergantung pada jenis limbah yang dibakar, emisi gas bisa berupa gas beracun seperti hidrogen klorida, nitrogen oksidan dan belerang oksida. Karena itu, pemeliharaan incinerator merupakan hal yang penting untuk efisiensi pengoperasian.

Hal ini akan menjamin bahwa persyaratan emisi dipenuhi sekaligus untuk jangka panjang menekan biaya pengoperasian.

#### 6.2.2. Lokasi sarana incinerator

Lokasi incinerator di dalam rumah sakit tentu terbatas dalam halaman rumah sakit. Untuk ini disarankan lokasi sarana incinerator rumah sakit agar mempertimbangkan segi ekonomi dan estetika. Cerobong bisa diletakkan dekat dengan inlet udara *air conditioning* umum dan berada dalam kondisi angin tertentu, gas emisi yang diencerkan sebagian masuk ke dalam sistem *air conditioning* umum.

Beberapa rumah sakit baru atau sejenisnya berniat untuk memiliki incinerator di dalam (*on site*) untuk setiap gedung. Disamping itu, tim perencana hendaknya multidisiplin dan memperhatikan faktor-faktor kesehatan dan lingkungan. Spesifikasi untuk incinerator tersebut, misalnya tentang suhu harus sesuai dengan peraturan yang berlaku. Demikian pula standar emisi untuk incinerator baru harus mengikuti peraturan perundangan yang berlaku.

Kedudukan pusat incinerator (*collective*) di luar (*off-site*) tidak terbatas pada halaman institusi penghasil. Namun, beberapa faktor perlu diperhatikan :

- Keharmonisan dengan penggunaan lahan, misalnya tidak berada dalam zona pemukiman baik yang telah ada maupun yang diusulkan.
- Diupayakan mendekati penghasil limbah.
- Klimatologi, misalnya tidak berada dalam wilayah yang diidentifikasi sering terjadi perubahan suhu yang menyolok.

Beberapa keuntungan dan kerugian incinerator terpusat (*collective*) dan individual (*on-site*) dapat dilihat pada tabel 1.

**Tabel 1. Sarana incinerator terpusat dan individual**

Terpusat ( <i>collective</i> )	Individual ( <i>on-site</i> )
1. Beroperasi terus menerus.	Tampaknya beroperasi start-stop tiap hari dan perlu dicatat bahwa emisi akan selalu melampaui standar pada saat setiap start-up.
2. Operator <i>full-time</i> tampaknya memiliki keahlian lebih yang	Operator <i>part-time</i> .

diperlukan.	
3. Incinerator bisa dibuat lebih canggih karena ukuran dan kapasitasnya lebih besar dan tidak hanya melayani satu investasi.	Biasanya sederhana saja.
4. Mungkin biayanya lebih efektif memerlukan biaya bahan untuk pengangkutan dan risiko dalam perjalanan.	Biaya mungkin kurang efektif tetapi tanpa tambahan biaya untuk pengangkutan.
5. Penghasil limbah tidak bertanggung jawab terhadap pengoperasian sarana tersebut.	Penghasil limbah bertanggung jawab langsung.
6. Kedudukan incinerator tidak terbatas dalam halaman institusi.	Tempat kedudukan terbatas.
7. Penghasil limbah kurang bertanggung jawab terhadap pembuangan akhir limbah/pemusnahan.	Penghasil limbah bertanggung jawab langsung.

### 6.3. Landfill

*Landfill* merupakan metoda pembuangan limbah tradisional. Beberapa lokasi *landfill* yang digunakan sekarang lebih merupakan tempat pembuangan terbuka (*open dump*). Keadaan ini tidak dikehendaki karena kemungkinan risiko terhadap manusia dan lingkungan. Namun perlu diketahui bahwa ada area terisolasi cara ini yang mungkin dapat dipakai. Dalam hal ini kekhususan dari tipe ini hendaknya diidentifikasi untuk pembuangan limbah klinis dan yang sejenis. Area harus dipagar dengan baik dan jauh dari penglihatan masyarakat untuk menghindari protes.

Sebagai tambahan dari persyaratan yang disebutkan diatas suatu *sanitary landfill* harus secara fisik berada di daerah dengan lapisan padat dimana perpindahan limbah ke air tanah atau ke tanah sekitarnya dapat dicegah dengan lapisan kedap seperti tanah liat, aspal atau lapisan sintetis. Lokasi harus didaftar

dan diizinkan oleh instansi yang berwenang dan operator harus mencatat setiap limbah yang dibuang. Limbah harus segera ditutup dengan tanah atau lapisan yang sesuai.

Perhatian perlu ditekankan pada pemilihan lokasi untuk *sanitary landfill*, dengan kriteria sebagai berikut :

- Kesesuaian dengan penggunaan lahan (tata guna lahan).
- Dekat dengan penghasil limbah.
- Meteorologi.
- Hidrogeologi.
- Evaporasi tinggi/ratio curah hujan rendah.
- Permukaan air tanah dalam dan terlepas oleh lapisan dengan *permeability* rendah.

#### **6.4. Sistem saluran air kotor (*sewerage*)**

Bagi daerah yang telah memiliki sistem pengolahan air limbah perkotaan dan dapat menjangkau rumah sakit tersebut maka rumah sakit harus memanfaatkan sistem pengolahan air limbah tersebut.

Apabila belum terdapat sistem air limbah perkotaan yang dapat menjangkau rumah sakit tersebut maka rumah sakit harus membangun/memiliki sistem pengolahan air limbah dengan mempertimbangkan :

- Efektivitas.
- Kebutuhan lahan.
- *Capital investment*.
- Tingkat mekanisasi.
- Biaya operasi dan pemeliharaan.
- Energi listrik yang diperlukan.

## **7. Latihan**

Sangat diharapkan bahwa semua institusi yang menghasilkan limbah klinis dan yang sejenis memiliki kebijaksanaan pengelolaan limbah secara menyeluruh dan tertulis yang selalu siap dan bisa diketahui oleh semua pekerja di setiap tingkat. Staf yang diberi tanggung jawab untuk pelaksanaan ini harus dinyatakan dengan jelas. Disamping itu, institusi/unit kontraktor yang bekerja sama dengan institusi hendaknya

dinyatakan secara jelas, misal perusahaan badan pengelola limbah atau dinas kebersihan setempat. Kerja sama dengan asosiasi profesional pengusaha barangkali akan menjamin keberhasilan pengelolaan limbah.

Program latihan hendaknya mencakup :

- Latihan dasar tentang prosedur penanganan limbah untuk semua personil.
- *Inservice training* untuk merevisi dan memperbaharui pengetahuan yang diperlukan bagi pekerja yang menangani limbah.

Program latihan hendaknya ditinjau secara periodik dan diperbaharui bilamana perlu. Informasi pokok dalam pelatihan antara lain :

- Bahaya limbah klinis dan yang sejenis.
- Prosedur yang aman untuk menangani limbah tersebut.
- Tindakan yang diperlukan dalam hal terjadinya kecelakaan termasuk cara pelaporan kepada supervisor.

Setiap institusi rumah sakit hendaknya menunjuk satu orang pejabat yang bertanggung jawab atas terjaminnya sistem pembuangan limbah yang efisien dan memenuhi persyaratan kesehatan dan keselamatan kerja.