

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Air Minum

Air minum didefinisikan sebagai air yang disampaikan kepada konsumen yang dapat digunakan secara aman untuk air minum, memasak, dan mencuci. Air untuk diminum bukan hanya jumlah yang dipentingkan tetapi kualitasnya juga sangat penting. Air yang dapat diminum dapat diartikan sebagai air yang bebas dari bakteri patogen, serta bebas dari zat-zat kimia tertentu.<sup>(4)</sup>

Dengan demikian air minum harus memenuhi persyaratan fisika, kimia maupun mikrobiologis. Persyaratan fisika meliputi suhu, warna, kekeruhan, bau dan rasa. Persyaratan kimia meliputi kandungan zat atau unsur tertentu yang tertentu pula konsentrasinya. Persyaratan mikrobiologis meliputi kandungan bakteri *Escherichia coli* yang merupakan indikator kemungkinan adanya kontaminasi bakteri parasit atau patogenik.<sup>(5)</sup>

Air permukaan merupakan air baku utama bagi pembuatan air minum. Sumber air permukaan dapat berupa sungai, danau, mata air, waduk, empang dan air dari saluran irigasi. Umumnya air permukaan sudah mengalami pencemaran dan bahan pencemarnya bermacam-macam. Karena itu harus dilakukan pengolahan lebih dahulu.<sup>(6)</sup>

#### 2.2. Pengolahan Air

Pengolahan air dimaksudkan untuk mengolah air mentah menjadi air minum. Adapun cara-caranya adalah sebagai :

## 1. Sedimentasi (pengendapan)

Cara ini merupakan cara yang paling sederhana dan biasanya digunakan untuk memisahkan lumpur dari air. Sedimentasi mempunyai pengaruh ekonomis yaitu :<sup>(1)</sup>

- a. Dapat mengurangi biaya pengendapan secara kimia pada tahap pembersihan selanjutnya karena bahan kimia yang dibutuhkan lebih sedikit.
- b. Penyaringan pada tahap selanjutnya akan lebih baik karena penyaringan hanya menerima beban sedikit, sehingga kecepatan penyaringan akan meningkat.
- c. Jika air dilunakkan (dihilangkan kesadahanannya) maka sisa-sisa padatan akan lebih sedikit.
- d. Mengurangi sisa-sisa padatan yang tertinggal bila misalnya air akan diuapkan.
- e. Mengurangi sejumlah bakteri dengan penyimpanan dalam reservoir, sehingga sejumlah bakteri akan berkurang.

## 2. Koagulasi (penggumpalan kimia)

Pengendapan dengan penggumpalan kimia dilakukan khususnya untuk mengendapkan zat-zat yang tidak dapat diendapkan secara biasa, misalnya tanah liat. Semua air permukaan mengandung tanah liat dalam bentuk suspensi yang dapat tahan sampai berbulan-bulan, kecuali jika terganggu oleh zat lain akan membentuk gumpalan yang lebih besar maka dapat dihilangkan dengan pengendapan atau penyaringan.<sup>(1)</sup>

Bahan penggumpal yang biasa digunakan adalah garam alumunium dan garam besi. Bila kedua garam tersebut

ditambahkan ke dalam air, terbentuk alumunium hidroksida dan feri hidroksida yang tidak larut, yang akan bereaksi dengan kalsium dan magnesium hidrogen karbonat yang biasa terdapat dalam air (alkalinitas dan kesadahan). Jika karbonat tidak ada di dalam air dalam jumlah yang cukup, boleh ditambahkan kalsium hidroksida atau natrium karbonat. Bila digunakan bahan almunium sulfat maka akan terjadi reaksi sebagai berikut :<sup>(1)</sup>



Masing-masing molekul bahan penggumpal mempunyai ukuran sangat kecil, tetapi molekul-molekul tersebut akan berkumpul membentuk gumpalan yang lebih besar meyerupai bintang. Partikel-partikel yang tersuspensi di dalam air akan menempel pada bintang tersebut, sehingga gumpalan akan bertambah besar dan dapat mengendap.<sup>(1)</sup>

### 3. Filtrasi (penyaringan)

#### a. Pasir Penyaring Lambat

Pasir penyaring lambat mempunyai efisiensi yang tinggi untuk menghilangkan kekeruhan air, rasa dan bau. Selain itu tidak memerlukan bahan kimia. Penggunaan pasir penyaring lambat sangat praktis untuk pembersihan air dengan kekeruhan di bawah 50 mg/l dan terbaik pada kekeruhan 10 mg/l atau lebih rendah. Kekeruhan air lebih dari 50 mg/l dapat pula disaring dengan pasir penyaring lambat tetapi harus dilakukan dalam waktu 1-3 hari.<sup>(1)</sup>

#### b. Pasir Penyaring cepat

Pasir penyaring cepat digunakan untuk menyaring air kotor, terpolusi dan keruh dengan kecepatan yang lebih tinggi dari pada pasir penyaring lambat. Sebelum disaring secara cepat, air biasanya lebih dahulu melalui tahap penggumpalan dan pengendapan secara klorinasi untuk menghilangkan sebanyak mungkin bahan-bahan polusi yang mengotori.<sup>(1)</sup>

Bila pasir penyaring cepat dioperasikan dan fungsinya berjalan baik, termasuk penggumpalan dan pengendapan, hasilnya diharapkan dapat menghilangkan sekitar 98% bakteri, sebagian besar warna, dan semua padatan yang terlarut. Meskipun demikian agar air dapat digunakan sebagai air minum sebaiknya diklorinasi terlebih dahulu.<sup>(1)</sup>

#### 4. Desinfeksi (pembunuhan bakteri)

Proses desinfeksi air dimaksudkan untuk mengurangi organisme yang menyebabkan penyakit dengan memakai desinfektan. Pengambilan air tanah dari sumur yang dalam biasanya bebas bakteri. Air permukaan dan air yang dihasilkan dari sumur yang dangkal dan sumur galian yang terbuka biasanya perlu didesinfeksi. Tingkatan atau efisiensi dari desinfeksi tergantung pada metoda yang digunakan dan faktor-faktor yang mempengaruhi proses desinfeksi yaitu :<sup>(3)</sup>

- a. Macam dan konsentrasi mikroorganisme dalam air.
- b. Zat lain dalam air yang dapat mengganggu desinfeksi.

- c. Waktu kontak yang tersedia.
- d. Temperatur air (temperatur tinggi akan mempercepat reaksi kimia).

Bahan kimia yang baik digunakan sebagai desinfektan adalah yang mempunyai kemampuan sebagai berikut :<sup>(9)</sup>

- a. Menghancurkan semua mikroorganisme yang ada dalam air dengan waktu kontak yang layak.
- b. Desinfeksi sempurna tanpa mengubah air menjadi toksik atau karsinogen.
- c. Sederhana dan dapat terukur dengan cepat kekuatan dan konsentrasinya di dalam air.
- d. Aman dan sederhana dalam pemeliharaan, pemakaian dan pengawasan.
- e. Banyak tersedia dan harganya murah.

Adapun desinfektan yang dapat dipakai pada desinfeksi air adalah sebagai berikut :<sup>(9)</sup>

#### 1. Iodin

Iodin adalah desinfektan yang baik sekali, efektif melawan bakteri, amuba, dan beberapa virus. Biasanya ditambahkan ke dalam air dalam bentuk cairan. WHO menganjurkan pemakaian 2 tetes per-liter air dari 2% larutan iodin. Iodin juga tersedia dalam bentuk tablet. Jika dibanding dengan klorin, iodin mempunyai keuntungan sebagai berikut :<sup>(9)</sup>

- a. Lebih efektif dengan daerah pH yang lebar (di atas pH 10) kecuali bila temperatur sangat rendah.
- b. Amonia dan zat nitrogen organik tidak membentuk

senyawa gabungan dengan iodine.

- c. Kereaktifannya hanya sedikit tergantung dengan waktu kontak dan temperatur.
- d. Efektif melawan organisme patogen dengan jangka waktu yang pendek.
- e. Penggunaan dan pemantauannya sederhana.

Karena biaya operasi yang sangat tinggi penggunaan iodine menjadi masalah yang penting. Disamping itu iodine mempunyai kekurangan sebagai berikut :<sup>(3)</sup>

- a. Dibutuhkan dosis yang lebih tinggi dari pada dosis klorin.
- b. Adanya lumpur dan kekeruhan akan mempengaruhi daya untuk membunuh bakteri.
- c. Iodine 20 kali lebih mahal daripada klorin.
- d. Rasa dan sedikit warna yang dihasilkan iodine berpengaruh secara estetika.
- e. Pada pemakaian jangka panjang akan menyebabkan alergi terutama pada anak.

Karena alasan ekonomi maka iodine dipakai hanya kadang-kadang saja (misalnya pada waktu bencana alam ataupun dalam perjalanan).<sup>(3)</sup>

## 2. Ozon

Ozon adalah salah satu diantara desinfektan yang efektif. Sifat-sifat ozon sebagai oksidan kuat adalah sebagai berikut :<sup>(3)</sup>

- a. Dapat mereduksi kandungan Fe, Mn, dan Pb.
- b. Menghilangkan rasa dan bau yang tidak dikehendaki.

- c. Keefektifannya tidak tergantung pada harga pH, suhu maupun kandungan amonia dalam air.
- d. Memberikan kontrol terhadap warna yang berlebihan.
- e. Dapat mengoksidasi senyawa organik.
- f. Dapat mengurangi senyawa makro dan mikrobiologi yang mengganggu.
- g. Tidak membentuk THM bahkan mampu menghilangkannya setidaknya menghilangkan prekursornya.

Kekurangan ozon sebagai desinfektan adalah sebagai berikut :<sup>(3)</sup>

- a. Adanya bahan kimia dalam air akan mempengaruhi proses dekomposisi ozon.
- b. Tidak bisa menghindari terjadinya rekontaminasi.
- c. Membutuhkan biaya yang sangat tinggi.
- d. Membutuhkan tenaga operator yang ahli dan pemantauan yang kontinyu.

### 3. Kalium Permanganat

Kalium permanganat cukup efektif membasmi bakteri kolera, tetapi tidak cukup efektif membasmi kuman patogenik lain. Dosis yang dianjurkan yaitu 1-5 ppb. Harus diperhatikan bahwa pemakaian  $\text{KMnO}_4$  akan menyebabkan endapan coklat keunguan yang berlapis pada dinding tangki yang sulit dihilangkan.<sup>(3)</sup>

Akhir-akhir ini  $\text{KMnO}_4$  sering dipakai pada pengolahan air selama efektif untuk :<sup>(3)</sup>

- a. Menghilangkan rasa dan bau yang tidak diinginkan dengan mengoksidasi senyawa organik dan  $\text{H}_2\text{S}$ .

- b. Mencegah pertumbuhan alga.
- c. Menghilangkan besi dan mangan.

#### 4. Perak (Ag)

Perak dapat digunakan untuk mengurangi kuman dalam air. Produk komersial tersedia dalam bentuk cair atau bubuk, yang segera larut dalam air yang dapat diberikan secara mudah. Dengan konsentrasi sedikit sudah efektif (0,003 - 0,004) ppm. Ion perak akan menghambat pertumbuhan bakteri. Setelah waktu kontak 30 menit - 60 jam, tergantung dari banyaknya bakteri, dapat dihasilkan air dengan kandungan kuman yang sangat rendah. Bau dan rasa air tidak dipengaruhi oleh pemakaian perak. Desinfeksi dengan perak adalah metoda yang sangat efektif. Keuntungannya yaitu dapat menjaga rekontaminasi kuman dalam waktu yang lama.<sup>(3)</sup>

Kekurangan perak sebagai desinfektan yaitu karena beayanya yang mahal (200 kali lebih mahal dari pada gas klorin), membutuhkan waktu kontak yang lama, adanya zat organik, besi dan sulfur dapat menghambat aktifitasnya serta teknik yang dapat dipakai terbatas.<sup>(3)</sup>

#### 5. Pendidihan

Pendidihan air sangat efektif untuk menghancurkan bakteri patogenik ; bakteri, virus, spora, amuba dan telur cacing. Adanya kekeruhan dan kotoran lain sedikit berpengaruh terhadap keefektifannya membunuh bakteri. Disarankan untuk membiarkan air mengendap dulu dan disaring dengan kain kasa untuk menghilangkan kotoran



kasar dan partikel tersuspensi. Air dipanaskan pada suhu tinggi dan dibiarkan paling sedikit 5 menit (terbaik 20 menit). Untuk menyimpannya cukup ditutup guna mencegah rekontaminasi.<sup>(3)</sup>

#### 6. Radiasi Ultra Violet.

Pengaruh untuk dapat membunuh bakteri dari sinar ultra violet sudah diketahui orang sebelum digunakan pada desinfeksi air. Biasanya sumber sinar ultra violet adalah lampu merkuri yang memancarkan sinar tak tampak pada panjang gelombang 200 - 300 nm dengan energi pada daerah spektrum  $2537 \text{ \AA}$ . Kemampuan membunuh bakteri tergantung pada kekuatan listrik dari lampu dan waktu pencahayaan terhadap air. Besi terlarut akan menyerap sinar UV. Kekeruhan dan zat tersuspensi akan menghambat transmisi radiasi.<sup>(3)</sup>

Desinfektan dengan sinar UV adalah proses yang baik. Tidak menghasilkan rasa dan bau dalam air. Kekurangan dari tipe pengolahan ini adalah :<sup>(3)</sup>

- a. Biaya sangat mahal.
- b. Membutuhkan suplai energi yang terus menerus.
- c. Kekuatan lampu terbatas, dibutuhkan lapisan air yang tipis.

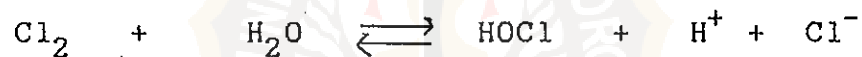
#### 7. Klorin

Klorin telah digunakan sebagai desinfektan untuk air sejak tahun 1896. Oleh karena itu proses desinfeksi air disebut juga klorinasi. Klorin banyak digunakan sebagai desinfektan air karena efektif dan harganya murah. Selain

dapat membasmi bakteri dan mikroorganisme seperti amuba dan ganggang, klorin dapat mengoksidasi ion-ion logam seperti  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$  menjadi  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Mn}^{4+}$  dan memecah molekul organik seperti warna. Selama proses tersebut, klorin sendiri direduksi sampai menjadi klorida ( $\text{Cl}^-$ ) yang tidak mempunyai daya desinfeksi. Disamping itu klorin juga bereaksi dengan amoniak.<sup>(5)</sup>

### 2.3. Klorinasi Air

Klorinasi dikenal sebagai penambahan gas klorin atau senyawa oksidator klorin yang lain (Natrium atau Kalsium Hipoklorit, Klorin Dioksida) ke dalam air untuk pengolahan. Asam hipoklorit akan terbentuk ketika klorin ditambahkan ke dalam air.<sup>(3)</sup>



$$[\text{Cl}_2] + [\text{OCl}^-] + [\text{HOCl}] = \text{klorin tersedia bebas.}$$

Konstanta hidrolisa dan ionisasi berturut-turut adalah :

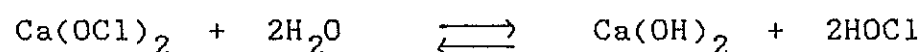
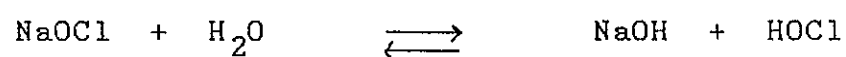
$$K_h = \frac{[\text{HOCl}] [\text{H}^+] [\text{Cl}^-]}{[\text{Cl}_2^{(aq)}]}$$

$$K_a = \frac{[\text{H}^+] [\text{OCl}^-]}{[\text{HOCl}]}$$

Catatan :<sup>(4)</sup>

- pH dan temperatur mempengaruhi perbandingan  $[\text{OCl}^-]/[\text{HOCl}]$ .
- Asam hipoklorit mempunyai daya desinfeksi yang lebih besar dibanding ion hipoklorit.
- Desinfeksi efektif pada temperatur dan pH rendah.

Daya desinfeksi maksimum dicapai bila HOCl tidak terdisosiasi. Bila natrium atau kalsium hipoklorit yang ditambahkan maka reaksinya adalah sebagai berikut :<sup>(9)</sup>



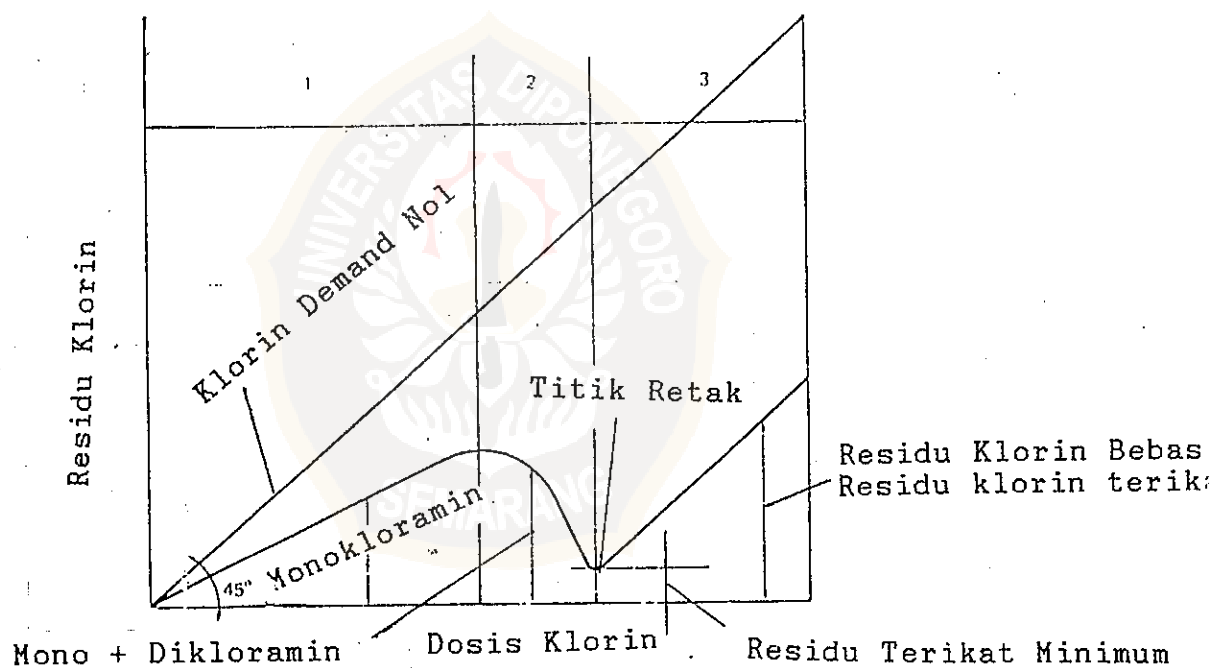
Pada pH 3-6 disosiasi asam hipoklorit kurang baik, sehingga klorinasi sangat efektif pada pH tersebut. Pada pH diatas 8, ion hipoklorit ada dalam jumlah yang melimpah, oleh sebab itu efek desinfeksi turun secara cepat dengan penambahan pH.<sup>(9)</sup>

Hubungan pH dan temperatur dengan persen asam hipoklorit dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel II.1. Hubungan pH dan % HOCl<sup>(6)</sup>

pH	% HOCl	
	0°C	20°C
4,000	100,000	100,000
5,000	100,000	99,700
6,000	98,200	96,800
7,000	83,300	75,200
7,500	61,260	48,930
8,000	32,200	23,200
9,000	4,500	2,900
10,000	0,500	0,300
11,000	0,050	0,030

Adanya berbagai jenis senyawa yang ada dalam air yang dapat bereaksi dengan klorin akan dapat menonaktifkan klorin. Karena itu selama masih banyak terkandung senyawa-senyawa tersebut, klorin yang ditambahkan tidak dapat berdaya sebagai desinfektan terhadap jasad-jasad renik. Hanya setelah kebutuhan klorin (klorin demand) telah terpenuhi baru penambahan klorin selebihnya dapat berfungsi dalam membunuh dan menghambat pertumbuhan mikroba. Dari sifat air tersebut timbul konsep Break Point Chlorination.<sup>(4)</sup>



Gambar II.1. Break Point Chlorination<sup>(4)</sup>

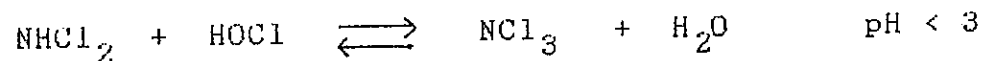
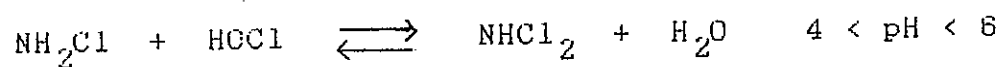
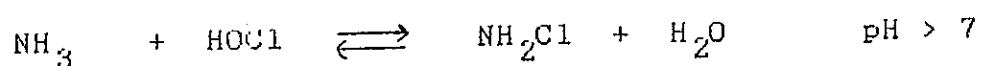
Bila air tidak mengandung senyawa yang dapat bereaksi dengan klorin, maka semua klorin yang ditambahkan akan menjadi klorin bebas. Klorin bebas berbanding lurus dengan konsentrasi (dosis) yang ditambahkan. Air tersebut

dinamakan memiliki klorin demand nol.<sup>(4)</sup>

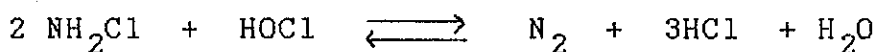
Jika air mengandung bahan organik dan amonia atau senyawa pengganggu lain dalam jumlah yang tinggi, residu klorin baru akan muncul dalam jumlah yang nyata setelah kebutuhan klorin terpenuhi seluruhnya. Air tersebut memiliki klorin demand yang tinggi.<sup>(4)</sup>

Dengan residu klorin bebas, warna air menjadi lebih bersih, besi dan mangan serta bahan organik lainnya digumpalkan dan diendapkan oleh klorin. Terutama bila air tersebut disimpan dalam bak penyimpanan paling sedikit selama dua jam. Sebagian besar senyawa-senyawa penyebab rasa dan bau dihancurkan atau dirusak. Rasa yang timbul dari hasil reduksi sulfat menjadi sulfida juga tercegah oleh klorin. Dan yang sangat penting pertumbuhan berbagai mikroba yang tidak dikehendaki juga dapat dihindarkan asal jumlah residu klorin bebas selalu dijaga agar konsentrasinya dalam air selalu cukup.<sup>(4)</sup>

Zat amonia dalam air akan bereaksi dengan klorin atau asam hipoklorit dan membentuk monokloramin, dikloramin atau trikloramin tergantung dari pH, perbandingan konsentrasi pereaksi dan temperatur. Reaksi-reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :<sup>(5)</sup>



Bila cukup banyak  $\text{NH}_3$  dalam larutan maka  $\text{NH}_2\text{Cl}$  cukup stabil. Namun bila kelebihan klorin,  $\text{NH}_2\text{Cl}$  pecah hingga terbentuk gas  $\text{N}_2$  dengan reaksi sebagai berikut :<sup>(5)</sup>



Semua klorin yang tersedia di dalam air sebagai kloramin disebut klorin tersedia terikat. Jadi klorin aktif dalam larutan adalah jumlah klorin tersedia yaitu klorin tersedia bebas ditambah klorin tersedia terikat. Kebutuhan klorin sama dengan klorin terpakai ditambah residu klorin yang diinginkan.<sup>(5)</sup>

Air yang diklorinasi harus didiamkan selama 30 menit sebelum dipakai. Residu klorin diperlukan untuk menjaga dari rekontaminasi. Air yang meninggalkan instalasi pengolahan air diharapkan mengandung residu klorin dengan konsentrasi (0,200 - 1,000) mg/l. Setelah sampai konsumen diharapkan air mengandung residu klorin dengan konsentrasi (0,20 - 0,50) mg/l.<sup>(4)</sup>

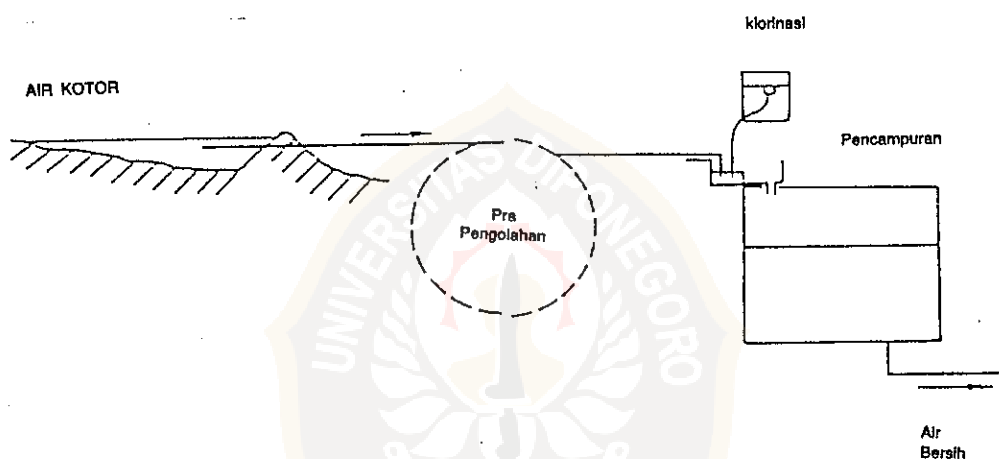
Manfaat dari klorinasi air adalah :<sup>(4)</sup>

1. Dapat menghancurkan mikroorganisme
2. Dapat menunjukkan bahwa semua kebutuhan klorin dalam air telah terpenuhi dengan pemberian dosis klorin pada pengolahan.
3. Masih mempunyai daya desinfeksi sampai beberapa jam setelah pembubuhannya (residu klorin).
4. Residu klorin bebas yang masih tersisa pada kran konsumen juga efektif membantu dalam desinfeksi makanan dan perabotan dalam bak cuci dapur.

Efek negatif dari klorinasi adalah :<sup>(4)</sup>

1. Timbul rasa dan bau.
2. Klorin dapat bereaksi dengan asam humik membentuk THM yang bersifat karsinogen.
3. Klorin adalah zat yang toksik pada konsentrasi yang sangat tinggi, sehingga selalu dicurigai meskipun ada dalam jumlah yang aman.

Skema pengolahan air dengan klorinator dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar II.2. Skema Pengolahan Air Dengan Klorinator<sup>(3)</sup>

Sifat-sifat klorin adalah :<sup>(7)</sup>

- a. Gas kuning kehijauan dengan bau yang sangat tajam.
- b. Larut dalam air dan alkali.
- c. Tidak mudah terbakar.
- d. Baunya sudah dapat tercium pada konsentrasi 0,3 ppm di udara.
- e. Dapat menyebabkan iritasi kulit, mata, membran mukosa dan menyebabkan korosi pada gigi. Pada konsentrasi tinggi bertindak sebagai penyesak nafas disebabkan

karena kejang otot di pangkal tenggorokan, pembengkakan pada selaput mukosa, mual, muntah, dan gelisah. Bila sudah akut dapat menyebabkan susah nafas termasuk batuk, sakit dada, trakheabronkhitis, dan radang paru-paru. Konsentrasi 1,0 ppm dapat menyebabkan iritasi pada hidung, mulut dan tenggorokan. Konsentrasi 1,3 ppm menyebabkan iritasi berat dan batuk serta susah nafas. Pada konsentrasi tinggi menyebabkan kejang otot tenggorokan sehingga tidak bisa bernafas dan akhirnya mati.<sup>(7)</sup>

#### 2.4. Pembentukan THM

Akibat dari klorinasi adalah terbentuknya senyawa THM yang bersifat karsinogen, yaitu apabila klorin bereaksi dengan beberapa senyawa yang sebagian besar didefinisikan sebagai *asam humik*. Asam humik adalah bagian dari bahan organik yang bercampur atau berasal dari tumbuh-tumbuhan yang busuk. Asam humik disebut juga sebagai prekursor. Reaksi pembentukan THM adalah sebagai berikut :<sup>(4)</sup>



THM atau THM total (TTHM) yang teridentifikasi di dalam air minum adalah :<sup>(4)</sup>

- |                              |                                       |
|------------------------------|---------------------------------------|
| 1. Triklorometan (kloroform) | $\text{CHCl}_3$                       |
| 2. Bromodiklorometan         | $\text{CHBrCl}_2$                     |
| 3. Dibromoklorometan         | $\text{CHBr}_2\text{Cl}$              |
| 4. Tribromometan (bromoform) | $\text{CHBr}_3$                       |
| 5. Bromokloriodometan        | $\text{ClCHBrI}$ dan $\text{ClBrCHI}$ |
| 6. Klorodiodometan           | $\text{CHI}_2\text{Cl}$               |



7. Dibromiodometan	$\text{CHBr}_2\text{I}$
8. Dikloriodometan	$\text{CHCl}_2\text{I}$
9. Bromodiodometan	$\text{CHBrI}_2$
10. Triiodometan	$\text{CHI}_3$

Kekhawatiran terbesar adalah pada konsentrasi kloroform karena kloroform bersifat karsinogen. Dari data 10 THM di atas, kloroform dan bromodiklorometan ada di dalam air minum dalam jumlah yang lebih besar dibanding dibromoklorometan dan bromoform. Sedangkan THM yang lain jarang ditemukan.<sup>(4)</sup>

Sifat-sifat kloroform adalah :<sup>(8)</sup>

1. Tidak mudah terbakar.
2. Mudah menguap.
3. Rasanya manis dengan bau yang karakteristik.
4. Mempunyai titik didih  $61,260^\circ\text{C}$ .
5. Larut dalam air, alkohol, benzena, eter, petroleum eter, karbon tetraklorida, karbon disulfida dan minyak.
6. Bila terhirup dapat menyebabkan gangguan pernapasan dan mati.
7. Bersifat karsinogen.

Kecepatan reaksi pembentukan THM dipengaruhi oleh faktor-faktor berikut :<sup>(9)</sup>

1. Temperatur

Temperatur yang tinggi akan menaikkan kecepatan pembentukan THM.

2. pH

Harga pH yang tinggi akan menaikkan kecepatan

pembentukan THM terutama jika pH diatas 8,5.

### 3. Organik prekursor

Macam dan konsentrasi organik prekursor berpengaruh terhadap kecepatan reaksi pembentukan THM.

### 4. Konsentrasi klorin bebas

Adanya klorin bebas dibutuhkan untuk reaksi pembentukan THM. Residu klorin bebas yang berlebihan dari kebutuhan klorin mempunyai pengaruh terhadap kecepatan pembentukan THM.

### 5. Konsentrasi bromida.

Ion bromida dioksidasi menjadi bromin oleh klorin bebas. Molekul bromin dapat bereaksi dengan prekursor membentuk THM. Kecepatan pembentukan THM yang mengandung bromin lebih cepat dibandingkan dengan kecepatan pembentukan kloroform (THM tanpa bromin) karena bromin lebih reaktif dibandingkan klorin. Ion bromin biasa terdapat dalam air, misalnya pada air permukaan dan air tanah.

Pengaruh kesehatan dari THM adalah :<sup>(4)</sup>

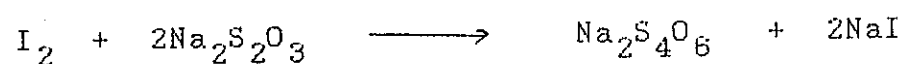
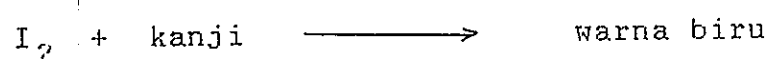
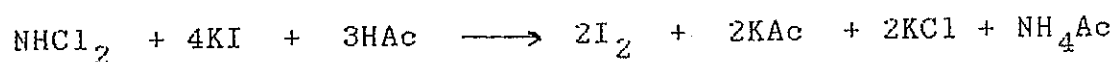
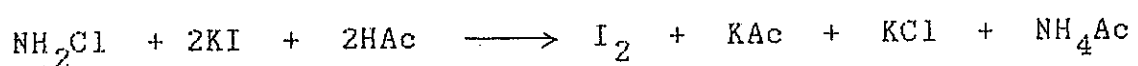
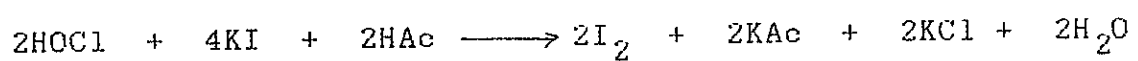
- a. Akibat jangka pendek dari keracunan THM belum diketahui tetapi pemakaian kloroform dalam jangka panjang dengan dosis yang relatif tinggi pada tikus (besar atau kecil) mengakibatkan efek oncogenik.
- b. Kemungkinan resiko kesehatan bagi manusia yang minum air minum yang mengandung kloroform setiap hari dengan konsentrasi lebih dari 0,1 mg/l sebanyak 2 liter per hari selama 70 tahun, masih dianggap aman.

- c. Kloroform adalah zat karsinogenik pada binatang mengerat pada dosis tinggi. Sedangkan pengaruhnya terhadap manusia masih dalam penelitian.

### 2.3. Teori Tentang Iodometri

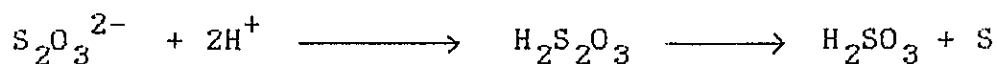
Iodometri adalah penetapan kadar oksidator dalam larutan dengan jalan direaksikan dengan larutan KI berlebihan, kemudian  $I_2$  yang dibebaskan dititrasi dengan larutan standar  $Na_2S_2O_3$ . Iodometri disebut juga proses tak langsung.<sup>(9)</sup>

Pada penelitian ini klorin aktif sebagai zat oksidator akan membebaskan iodin dari larutan KI jika pH < 8 (terbaik pada  $3 < \text{pH} < 4$ ). Sebagai indikator digunakan kanji yang merubah warna larutan yang mengandung iodin menjadi biru. Untuk menentukan jumlah klorin aktif, iodin yang telah dibebaskan oleh klorin aktif tersebut dititrasikan dengan larutan standar  $Na_2S_2O_3$ . Titik akhir titrasi dinyatakan dengan hilangnya warna biru dari larutan. Asam asetat  $CH_3COOH$  (HAc) biasanya digunakan untuk menurunkan pH larutan sampai 3 atau 4. Reaksi-reaksi yang terjadi dalam hal ini adalah :<sup>(5)</sup>



### *Natrium Tiosulfat*

Larutan standar yang biasa digunakan dalam proses iodometri adalah natrium tiosulfat. Garam ini biasanya tersedia dalam bentuk pentahidrat  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ . Biasanya air yang digunakan untuk membuat larutan natrium tiosulfat dididihkan untuk membebaskan kuman. Oksidasi oleh udara dari tiosulfat secara perlahan. Tiosulfat akan terurai dalam larutan asam. Reaksinya adalah sebagai berikut :<sup>(9)</sup>



Akan tetapi reaksinya lambat. Bila larutannya diaduk reaksi antara iodium dengan tiosulfat berlangsung cepat. Reaksinya adalah :<sup>(9)</sup>



### *Indikator Kanji*

Kanji berupa serbuk halus tidak beraturan, berwarna putih dan terdiri dari butiran bulat dengan diameter 3-3,5 mikron dan umumnya dengan belahan pusat yang melingkar atau berbagai arah. Tidak berbau dengan rasa sedikit khas. Tidak larut dalam air dingin dan alkohol.<sup>(9)</sup>

Mekanisme yang tepat dari pembentukan kompleks berwarna iod amilum tidak diketahui. Akan tetapi diduga bahwa molekul iodium ditahan pada permukaan  $\beta$ -amilosa, sebuah unsur dari kanji. Unsur kanji yang lain  $\alpha$ -amilosa, atau amilopektin membentuk kompleks kemerah-merahan dengan iodium yang tidak mudah dihilangkan warnanya. Karena itu kanji yang mengandung banyak amilopektin harus tidak

dipakai.<sup>(9)</sup>

Larutan kanji mudah terurai oleh bakteri, suatu proses yang dapat diperlambat dengan jalan disterilisasi atau dengan penambahan zat pengawet. Keadaan-keadaan yang menyebabkan hidrolisa atau koagulasi dari kanji harus dihindarkan. Kepekaan indikator berkurang dengan kenaikan suhu dan oleh beberapa zat organik seperti metil dan etil alkohol.<sup>(9)</sup>

#### 2.4. Teori Tentang Kromatografi Gas

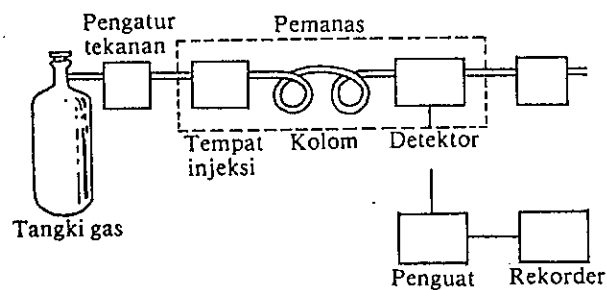
Kromatografi gas terdiri dari 6 komponen yaitu :<sup>(10)</sup>

1. Sistem gas pembawa termasuk tangki pensuplai gas serta pengatur alirannya.
2. Sistem penyuntikan sampel.
3. Kolom pemisah.
4. Sistem pendeteksian (detektor).
5. Sistem pencatat (rekorder).
6. Unit termostat untuk mengatur suhu oven.

Gas pembawa dari tangki mengalir melalui pengatur tekanan yang mengatur kecepatan alir gas dalam alat itu dan sampel dimasukkan melalui kolom injeksi. Dari sini gas pembawa membawa cuplikan melalui kolom sampel dipisahkan dan kemudian detektor yang mengirimkan isyarat ke pencatat.<sup>(10)</sup>

Analisa kualitatif dapat dilakukan dengan menghitung waktu retensi ( $t_r$ ) yang terjadi pada masing-masing puncak kromatogram, sedangkan analisa kuantitatif dengan menghitung langsung luas puncak kromatogram. Skema kerja

alat kromatografi gas dapat dilihat pada gambar II.3. <sup>(10)</sup>



Gambar II. 3 Skema Alat Kromatografi Gas <sup>(10)</sup>

