

DAMPAK PENGGUNAAN KLORIN

Achmad Hasan

P3 Teknologi Konversi dan Konservasi Energi
Deputi Teknologi Informasi, Energi, Material dan Lingkungan
Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi

Abstract

Chlorine is a chemical substance, which has been used in many industries for a long time, especially in the pulp and paper industry and drinking water treatment. Chlorine has been used in making dye, medicine, plastic, solvent and dry clean. In the sector of energy and electricity, chlorine is used in the cooling water system. Due to the lack of condition of chlorine's storage, it will lead to the leakage of chlorine gas, which will endanger environment and health. Waste from industrial activity containing chlorine has a potential to damage environment. Chlorine also can easily react with many compounds because of its character as a strong oxidator. If chlorine and organic compounds are bound to each other, they will cause carcinogenic effect. Based on the consideration of the danger of chlorine on environment and health, many countries in the world strive to reduce its use in industries. Many alternatives and technologies have been developed to alternate the function of the chlorine.

Keywords : Chlorine, Chemical, Environment, Solvent, Oxidator, Industry, Cooling, Fouling.

1. PENDAHULUAN

Klorin (Cl_2) merupakan salah satu unsur yang ada di bumi dan jarang dijumpai dalam bentuk bebas. Pada umumnya klorin dijumpai dalam bentuk terikat dengan unsur atau senyawa lain membentuk garam natrium klorida (NaCl) atau dalam bentuk ion klorida di air laut. Dalam kehidupan manusia, klorin memegang peranan penting yaitu banyak benda-benda yang kita gunakan sehari-hari mengandung klorin seperti peralatan rumah tangga, alat-alat kesehatan, kertas, obat dan produk farmasi, pendingin, semprotan pembersih, pelarut, dan berbagai produk lainnya. Klorin pertama kali diidentifikasi oleh seorang ahli farmasi dari Swedia, Carl Wilhelm Scheele pada tahun 1774, dengan meneteskan sedikit larutan asam klorida (HCl) pada lempeng mangan oksida (MnO_2) yang menghasilkan gas berwarna kuning kehijauan. Reaksi dari percobaan tersebut adalah sebagai berikut :



Pada saat itu, Scheele belum dapat memastikan kandungan gas tersebut. Pada

tahun 1810 Sir Humphrey Davy, seorang ahli kimia Inggris menyatakan bahwa gas kuning kehijauan pada percobaan Scheele adalah sebuah unsur dan menamakannya *chlorine*, berasal dari bahasa Yunani *khloros* yang berarti hijau.

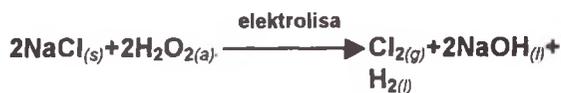
Pada tahun 1994, Scott menyatakan bahwa klorin dalam suhu kamar berbentuk gas, termasuk unsur golongan halogen (Golongan VII), sangat reaktif dan merupakan oksidator kuat yang mudah bereaksi dengan berbagai unsure. Pada suhu -34°C , klorin berbentuk cair dan pada suhu -103°C berbentuk padatan kristal kekuningan.

Tabel 1
Kadar ion-ion halogen pada perairan alami

| Anion Halogen | Air Tawar (mg/liter) | Air Laut (mg/liter) |
|---------------|----------------------|---------------------|
| Klorida (Cl) | 8,3000 | 19000,00 |
| Florida (F) | 0,2600 | 1,30 |
| Bromida (Br) | 0,0060 | 66,00 |
| Iodida (I) | 0,0018 | 0,06 |

Sumber : Effendi, H, 2003.

Secara alami, klorin terdapat dalam bentuk ion klorida dengan jumlah relatif jauh lebih besar dibandingkan ion-ion halogen lainnya. Kelimpahan ion-ion halogen di perairan alami seperti ditunjukkan pada Tabel 1. Klorin dalam bentuk garam (contoh NaCl) merupakan bentuk yang paling aman, sedangkan dalam bentuk gas, klorin dapat diperoleh dengan mengekstraksi larutan garam NaCl dengan cara elektrolisis. Proses elektrolisis larutan garam ini dapat diuraikan sebagai berikut :



Klorin, di samping mempunyai fungsi yang berarti dalam kehidupan manusia, juga berdampak negatif bagi lingkungan. Untuk mencegah terjadinya kerusakan lingkungan akibat pembuangan limbah, termasuk limbah klorin maka suatu industri diwajibkan mengelola limbahnya terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan. Hal ini sesuai dengan pasal 16 ayat (1) Undang-Undang No.23 Tahun 1997 tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup yang menyebutkan bahwa "Setiap penanggung jawab usaha dan/atau kegiatan wajib melakukan pengelolaan limbah hasil usaha dan/atau kegiatan". Selain itu untuk mencegah terjadinya pencemaran pada badan air, Pemerintah melalui Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor Kep-51/MenLH/10/1995 tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri menetapkan parameter dan batasan konsentrasi dari limbah cair yang diizinkan untuk dibuang. Salah satu parameter yang terdapat dalam baku mutu tersebut adalah klorin dengan batasan 1 mg/liter dalam bentuk klorin bebas (Cl_2).

2. MANFAAT KLORIN

Klorin digunakan dalam berbagai industri untuk menghasilkan produk yang bermanfaat bagi manusia. Produk yang dihasilkan dengan menggabungkan klorin dengan hidrokarbon (produk klorinat-hidrokarbon) merupakan produk yang amat berguna. Beberapa contoh penggunaan klorin adalah sebagai berikut :

2.1 Bidang Kesehatan

Klorin digunakan sebagai disinfektan pada pengolahan air minum. Klorin yang digunakan sebagai desinfektan adalah gas klor (Cl_2) atau kalsium hipoklorit [$\text{Ca}(\text{OCl})_2$]. Peranan klorin sebagai desinfektan pada air minum sejak puluhan tahun lalu merupakan hal yang sangat berarti bagi peningkatan kualitas kesehatan manusia. Selain itu klorin juga digunakan sebagai bahan obat-obatan yang dikombinasikan dengan senyawa lain.

2.2 Sebagai Pemutih

Dalam industri tekstil, pulp dan kertas, fungsi klorin pada kedua industri tersebut adalah sebagai pemutih dan penghalus. Selain memutihkan warna kertas, klorin juga dapat menguatkan permukaan kertas.

2.3 Bidang Pertanian

Pestisida dari kelompok organoklorin merupakan pestisida yang mengandung klorin yaitu dikloro difenil trikloroetana (DDT), metoksklor, aldrin dan dieldrin. DDT merupakan pestisida yang pertama kali dihasilkan.

2.4 Industri Kimia dan Industri Lainnya

Pemakaian klorin dalam berbagai industri dapat dijumpai, misalnya pada produk yang berbahan dasar plastik, seperti poly vinyl chloride (PVC). Selain itu juga pada produk pelarut (solvent), dry cleaning, dan berbagai produk lainnya yang sering dijumpai dalam kehidupan sehari-hari, seperti lem, semen, dan pembungkus.

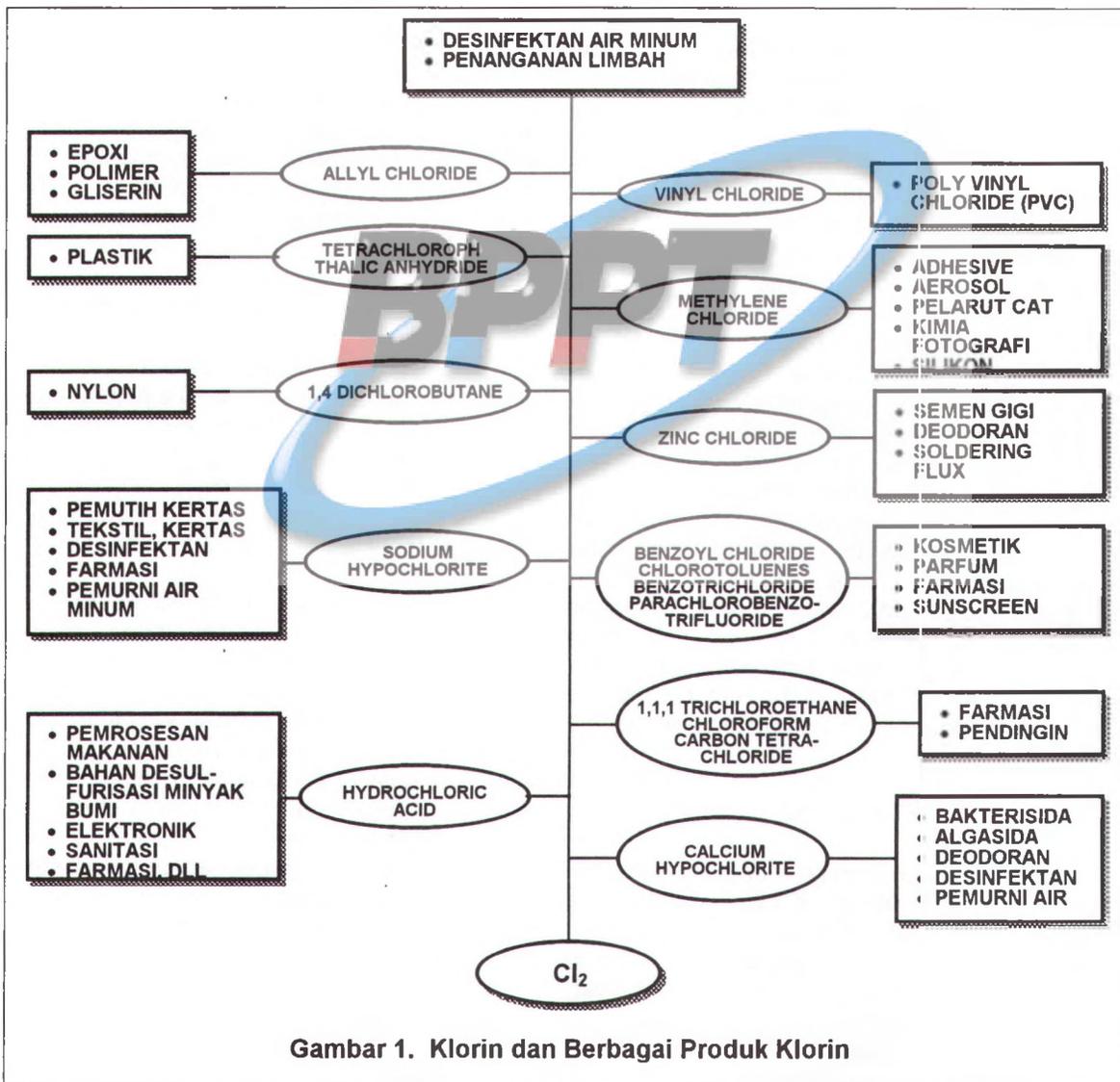
Dalam *Chlorine Chemistry's Role in Our Daily Lives* disebutkan bahwa penggunaan klorin terbesar adalah untuk produksi Vinyl (PVC) sebesar 34%, bahan-bahan organik 21%, pelarut klorinasi 6%, pulp dan kertas 6%, pengolahan air 6%, dan untuk lain-lain 27%. Gambar 1 menunjukkan penggunaan klorin dalam berbagai produk, di mana gambar tersebut merupakan bagian kecil yang diambil dari bagan pohon produk-produk klorin (*Products of the Chlorine Tree*) yang terdapat dalam *Chlorine Chemistry's Role in Our Daily Lives*.

2.5 Bidang Pembangkit Listrik

Pada pembangkit listrik seperti Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) dan Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN),

pemakaian klorin yang digunakan pada sistem pendingin (*cooling system*) sebagai pengontrol *biological fouling*. Untuk PLTU yang menggunakan air sungai maupun air tanah sebagai pendingin, klorin digunakan sebagai *bioside* untuk mengatasi *fouling mussels*. Pada PLTU yang menggunakan air laut sebagai pendingin, biasanya dilengkapi dengan unit klorinasi (*chlorination plant*). Fungsi klorin di sini adalah untuk mencegah tumbuhnya alga yang menjadi nutrisi tritip (*barnacles*) pada dinding pipa kondensor. Apabila terjadi penempelan alga dan tritip pada dinding pipa kondensor, akibatnya akan mengurangi efisiensi kondensor tersebut. Tujuan yang paling mendasar dari penambahan klorin tersebut adalah untuk menciptakan suatu kondisi yang bertentangan

dengan kondisi lingkungan hidup organisme laut, sehingga mereka tidak dapat tumbuh dan berkembang. Penambahan klorin ini juga ada yang bersifat kontinu maupun dengan kejutan (frekuensi waktu). Titik-titik penambahan klorin yang menggunakan air laut sebagai air pendingin, seperti ditunjukkan pada Gambar 2. Penambahan klorin pada kepala pipa *intake* (Titik 1) secara kontinu, akan efektif dalam mengontrol moluska, alga, *slime* dan *weed*, serta mencegah kerang/tritip mengendap di pipa. Penambahan klorin dekat dengan kepala *house pump* (Titik2) adalah untuk menjaga air agar bebas dari *bio fouling*.



Penambahan klorin di kondensor (Titik 3) adalah untuk menjaga agar permukaan pendingin kondensor bebas dari *bio fouling*, sehingga efisiensi kondensor dapat dipertahankan.

3. DAMPAK KLORIN

Klorin dalam bentuk produk kimia buatan menimbulkan dampak terhadap lingkungan, seperti penipisan lapisan ozon dan pemanasan global. Selain berdampak pada kesehatan, senyawa klorin juga menimbulkan dampak terhadap lingkungan, baik berupa produk maupun limbah yang dihasilkan. Senyawa klorin juga dapat disebabkan dari pembakaran sampah dan kebocoran klorin dalam proses industri. Seiring dengan meningkatnya perhatian terhadap lingkungan dan perkembangan teknologi peralatan analisis, dampak-dampak klorin terhadap lingkungan mulai diketahui, misalnya saja klorin yang digunakan sebagai desinfektan ternyata juga bereaksi dengan senyawa-senyawa organik yang terdapat di dalam air. Selain itu terbentuknya senyawa organoklorin lain secara tidak sengaja dari proses pembakaran senyawa yang berbasis klorinat hidrokarbon, berdampak negatif terhadap lingkungan. Sumber atau kegiatan dari penggunaan klorin yang berpotensi me-

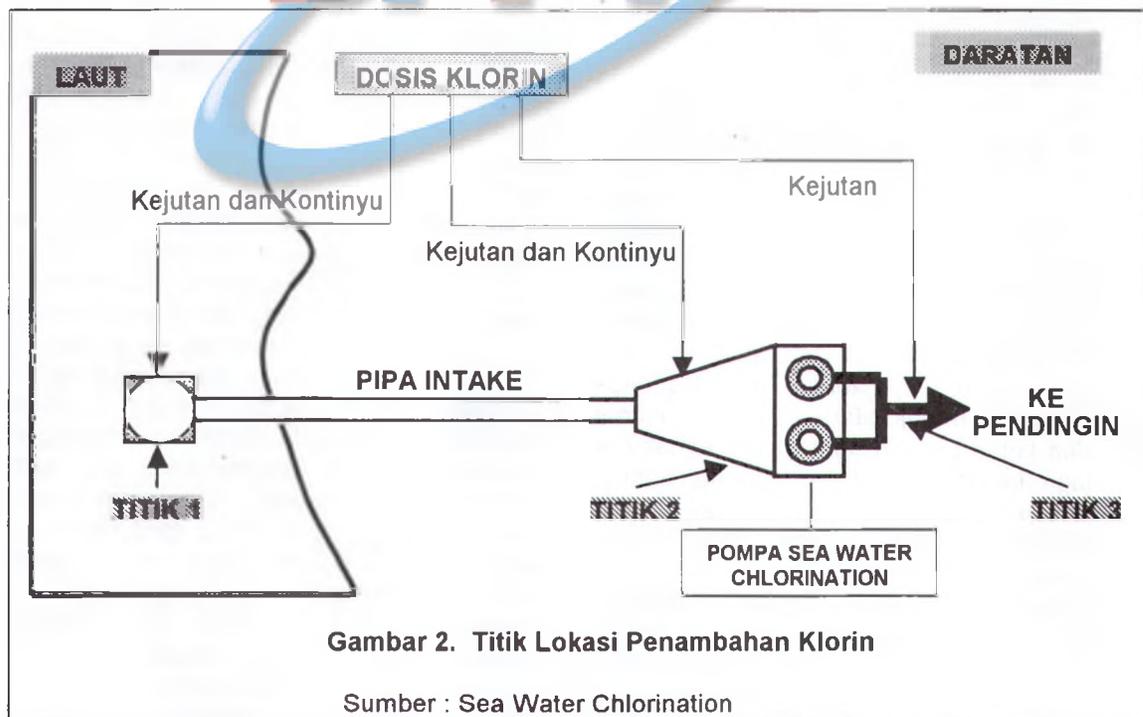
rusak lingkungan, dapat dibedakan dalam beberapa kegiatan, yaitu :

3.1 Kebocoran Klorin

Kebocoran klorin pada saat penyimpanan maupun pada proses pemakaiannya, dapat mencemari lingkungan. Kebocoran umumnya disebabkan oleh kecelakaan dan kelalaian. Di sini masalah teknis dan manusia sangat berperan. Gas klorin yang terhirup berpengaruh langsung pada kesehatan manusia.

3.2 Penggunaan Klorin di Industri

Berbagai industri yang menggunakan klorin dalam proses kegiatannya akan menghasilkan limbah yang mengandung klorin. Limbah tersebut dapat berbentuk padat, cair maupun gas. Industri yang menggunakan klorin antara lain : industri plastik, pelarut, semen, pulp dan kertas, pestisida, metal, pembangkit listrik, dan industri kimia lainnya. Limbah yang mengandung klorin juga dihasilkan oleh kegiatan pengolahan air bersih/minum, limbah aktifitas manusia (*municipal waste*) dan limbah rumah sakit. Limbah yang mengandung klorin tersebut dapat mencemari lingkungan apabila tidak dilakukan pengolahan



Gambar 2. Titik Lokasi Penambahan Klorin

Sumber : Sea Water Chlorination

sebelum dibuang ke lingkungan. Sifat klorin yang sangat reaktif akan sangat mudah bagi klorin bereaksi dengan senyawa lain dan membentuk senyawa-senyawa baru seperti senyawa organoklorin yang merupakan senyawa toksik dan dapat menimbulkan efek karsinogen bagi manusia. Senyawa organoklorin merupakan senyawa kimia di mana klorin terikat kuat pada karbon. Organoklorin merupakan kelompok terbesar dari senyawa kimia organik yang merupakan unsur berbasis karbon yang mengandung satu atau lebih atom klorin. Banyak produk yang dihasilkan oleh industri kimia merupakan senyawa organoklorin, seperti plastik, pelarut, pembungkus. Namun demikian dalam proses kimia yang menghasilkan produk tersebut tanpa disengaja terbentuk juga senyawa organoklorin lain. Begitu juga pemakaian klorin pada kegiatan lain, sering tanpa disengaja membentuk senyawa baru yang tidak diinginkan. Beberapa contoh terbentuknya senyawa organoklorin yang tidak diharapkan, di antaranya adalah :

- Proses pembakaran senyawa yang berbasis klorin dengan hidrokarbon dalam industri kimia untuk menghasilkan produk seperti pestisida, plastik dan pelarut, ternyata juga membentuk senyawa lain sebagai produk sampingnya secara tidak sengaja seperti dioksin.
- Pembakaran sampah rumah tangga dan limbah dari rumah sakit yang mengandung klorin (produk klorinat-hidrokarbon), juga akan membentuk senyawa lain yang tidak diinginkan seperti dioksin, chloroform dan lain-lain.
Dioksin terbentuk karena adanya pembakaran senyawa klorinathidrokarbon. Alur proses dioksin hingga sampai ke tubuh manusia melalui siklus rantai makanan. Dioksin hasil pembakaran bersama partikel-partikel jatuh ke lahan pertanian/kebun, padang rumput sebagai makanan ternak atau masuk ke sungai, dan laut. Dioksin larut dalam lemak dan juga bersifat hidrofobik. Karena sifatnya tersebut, maka dioksin masuk dan menempel pada ikan dan ternak yang dikonsumsi manusia.
- Klorin yang digunakan sebagai disinfektan pada proses pengolahan air bersih, pengolahan air minum, kolam renang dan pada air pendingin untuk memusnahkan mikro-organisme yang terdapat dalam air, ternyata juga bereaksi dengan senyawa-senyawa organik yang terdapat di dalam air dan membentuk kloroamina tersubsti-

tusi. Pada air yang terklorinasi tersebut ditemukan juga senyawa organik lainnya seperti trihalomethanes yang meliputi chloroform, dichlorobromo-methane, dibromochloromethane dan bromoform.

3.3 Penggunaan Produk Kandungan Klorin

Produk atau benda yang mengandung klorin banyak terdapat di sekitar kita dan berpotensi mencemari lingkungan, misalnya pemakaian pestisida organoklorin seperti DDT. Kecepatan degradasi pestisida organoklorin di lingkungan sangat lama (waktu paruhnya 2 – 4 tahun) dan hasil degradasi senyawa organoklorin tersebut bersifat racun. Senyawa ini juga tidak dapat larut dalam air namun larut dalam lemak. Selain itu penggunaan pelarut yang mengandung klorin dan sistem pendingin yang menggunakan klorin seperti CFCs (*Chlorofluorocarbon*) juga berdampak pada lingkungan.

Klorin selain berdampak pada kesehatan, juga berdampak pada lingkungan, baik itu udara, air dan komunitas makhluk hidup yang ada di lingkungan yang terkena dampak tersebut. Besarnya dampak yang ditimbulkan oleh senyawa klorin sangat tergantung dari kadar, jenis senyawa klorin dan yang terpenting adalah tingkat toksisitas dari senyawa tersebut. Pengaruh klorin terhadap kesehatan, terutama senyawa organoklorin seperti PCBs, Dioksin, DDT dan lain-lain adalah : dapat mengganggu sistem kekebalan tubuh, merusak hati dan ginjal, gangguan pencernaan, gangguan pada system saraf (neurological), dapat menyebabkan kanker dan gangguan sistem reproduksi yang dapat menyebabkan keguguran.

Pembuangan limbah yang mengandung klorin ke perairan, berpotensi mencemari perairan dan ekosistem yang ada di perairan. Gas buang dari pembakaran senyawa organoklorin juga dapat mengganggu habitat kehidupan di lingkungan tersebut. Selain itu senyawa klorin juga dapat menyebabkan masalah lingkungan yang bersifat global seperti CFCs yang terurai di atmosfer melepaskan klorin yang dapat merusak lapisan ozon. CFCs dan komponen lainnya dan pelarut klorin yang banyak terdapat pada cairan pembersih juga memberikan kontribusi pada efek gas rumah kaca. Senyawa organoklorin seperti trichloroethylene yang terurai di udara, juga memberikan kontribusi pada terjadinya hujan asam.

3.4 Kasus Pencemaran Klorin

Kasus-kasus pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh klorin telah terjadi di belahan dunia, baik itu di negara maju maupun negara berkembang. Sebagai contoh adalah kasus pencemaran pestisida jenis DDT pada beras yang dikonsumsi oleh penduduk Jepang yang mengakibatkan keracunan bagi penduduk setempat. Pencemaran yang terjadi di sungai Kalamazoo, Michigan (Amerika Serikat) akibat pembuangan limbah pabrik kertas yang mengandung PCBs (*poly chlorinated biphenyls*) telah memusnahkan biota perairan Kalamazoo.

Di Indonesia sendiri, beberapa kasus pencemaran yang terkait dengan klorin juga telah terjadi, contohnya pencemaran pestisida DDT yang terjadi di beberapa daerah, namun masih berada pada tahap awal dan dosis rendah. Kasus pencemaran lingkungan lain yang cukup penting adalah meledaknya tangki *bleaching* penyimpan klorin pada pabrik kertas dan pulp di Sumatera Utara.

4. ALTERNATIF PENGGANTI KLORIN

Meningkatnya kepedulian manusia terhadap lingkungan, serta semakin diketahuinya dampak berbahaya dari klorin, maka telah diupayakan alternatif untuk menggantikan klorin. Dengan berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi, maka akan dapat diupayakan untuk mencari alternatif pengganti klorin. Beberapa alternatif pengganti klorin telah dilaksanakan, misalnya pada pengolahan air minum atau air bersih yaitu klorinasi air digantikan dengan teknologi lain seperti ozonisasi, proses membran dan ultraviolet. Fungsi klorin pada pembangkit listrik sebagai pengontrol *biological fouling* juga sedang dikembangkan alternatif penggantinya. Sebuah konsorsium yang dibentuk oleh pemerintah Amerika Serikat mengembangkan *biocide* menggunakan bakteri *pseudomonas fluorescens strain*. Alternatif lain yang sedang diteliti antara lain penggunaan enzim, minyak ikan dan unsure lainnya yang ramah lingkungan. Penggunaan *hydrogen peroksida* atau *sodium hydroshulpite* mulai diterapkan pada industri kertas dan pulp sebagai pengganti klorin.

Keberadaan klorin dalam kehidupan memiliki dua sisi yang berbeda. Di satu sisi klorin memberikan manfaat yang cukup penting, namun di sisi lain dapat membahayakan kehidupan manusia. Upaya untuk

mengembangkan alternatif pengganti klorin merupakan upaya yang patut didukung, namun dengan melihat begitu banyak dan luasnya pemakaian klorin dalam berbagai produk, maka untuk menggantikan fungsi-fungsi klorin tersebut tidak dapat ditempuh dalam waktu yang relatif singkat, kecuali untuk senyawa-senyawa klorin yang bersifat sangat toksik harus segera dihentikan pemakaiannya.

Upaya lain yang perlu dilakukan adalah dalam pemakaian maupun penyimpanan klorin di industri harus sesuai dengan prosedur sehingga tidak terjadi kebocoran maupun dampak yang berakibat fatal bagi lingkungan. Pengolahan limbah cair yang mengandung klorin juga perlu ditingkatkan, misalnya dengan melakukan detoksifikasi (*deklorinasi*) sebelum dibuang ke perairan, menghindari pembakaran sampah atau limbah padat yang mengandung senyawa klorinat hidrokarbon yang dapat menyebabkan terbentuknya senyawa organoklorin yang berbahaya seperti dioksin.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil yang telah diuraikan di atas, ada beberapa hal yang dapat disimpulkan :

1. Klorin selain bermanfaat bagi kehidupan manusia, juga dapat menjadi racun bagi lingkungan dan kesehatan manusia.
2. Sifat klorin sebagai oksidator kuat, memudahkan klorin berikatan dengan senyawa lain, membentuk senyawa-senyawa yang bersifat racun seperti senyawa organoklorin yang memiliki efek karsinogen.
3. Alternatif untuk menggantikan fungsi klorin dengan senyawa lain yang ramah lingkungan merupakan upaya yang perlu didukung.
4. Upaya lain yang diperlukan adalah dengan melakukan *treatment* terhadap limbah klorin sebelum dibuang ke lingkungan, serta meningkatkan sistem yang aman dalam menggunakan klorin di industri.

DAFTAR PUSTAKA

1. Anonim, 2003, *Chlorine, Pollution and the Environment*, The Women Environmental Network, www.msopotlight.org.
2. Anonim, 2004, *Sea Water Chlorination, in Power Plant for Condenser Cooling Water Treatment*, www.iecfabchem.com.

3. Effendi dan Hefni, 2003, *Telaah Kualitas Air : Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*, Kanisius, Yogyakarta.
4. Fardiaz dan Srikandi, 1992, *Polusi Air dan Udara*, Yogyakarta.
5. Faridha dan I Made Agus DS, 2004, *Publikasi P3TEK : Informasi Teknologi Energi & Ketenagalistrikan*, Vol.3, No.1.
6. Keenan, et al, 1993, *Kimia Untuk Universitas*, Erlangga, Jakarta, Jilid 2.
7. Palar dan Heryando, 1994, *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*, PT. Rineka Cipta, Jakarta.
8. Winarno, FG, 2004, *Ancaman Dioksin Bagi Kesehatan Manusia*, Internet.

