

LAMPIRAN



LAMPIRAN A
TUGAS KHUSUS
STANDARD OPERATING PROCEDURES

A.1 Klorin

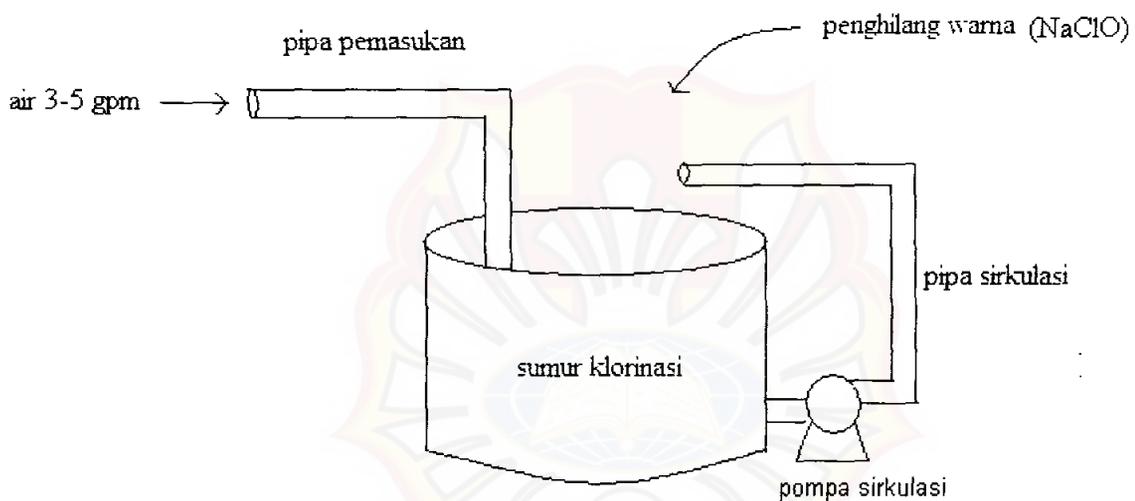
Klorin merupakan gas yang tidak dapat terbakar, menjadi cair di bawah tekanan 8,8 bar, dan merupakan substansi yang efektif dalam mengendalikan pertumbuhan bakteri. Klorin digunakan sebagai disinfektan dalam saluran penyediaan air dan pabrik pengolahan air, dan pada air kolam industri dan komersial. Klorin sangat berbahaya karena merupakan oksidator kuat. Klorin sangat korosif pada sebagian besar logam dengan adanya *moisture* dan harus ditangani dengan hati-hati.

A.1.1 Prosedur Klorinasi

Klorinasi adalah langkah awal yang paling baik untuk menyelesaikan masalah akibat kontaminasi bakteri. Berikut adalah langkah-langkah penggunaan klorin untuk disinfektasi sistem air.

1. Untuk mengklorinasi air sumur
 - a. Membuka tutup sumur, kemudian memasukkan pipa agar memiliki akses secara langsung pada sumur. Salah satu ujung pipa diletakkan di luar, sedangkan ujung lainnya di dalam sumur.
 - b. Air dialirkan melalui pipa menuju ke dalam sumur dengan laju sekitar 3-5 gpm. Saat air sedang dialirkan, dituangkan sejumlah penghilang warna ke dalam sumur. Penghilang warna yang dapat digunakan adalah *Sodium Hypochlorite* yang tidak

berbau. Hal tersebut didasarkan pada penggunaan dengan konsentrasi 5,25%, namun konsentrasi sebesar 6% juga dapat digunakan (seperti pada penghilang warna modern) dengan jumlah yang sama. Setelah air yang telah diklorinasi mulai mengalir dari pipa, air terus disirkulasi selama 10 menit, disemprotkan pada dinding-dinding sumur dan penutup sumur. Air tidak boleh disemprotkan secara langsung pada apapun yang memiliki sambungan listrik. Setelah itu, pipa tersebut dapat dikeluarkan dari sumur.



Gambar A.1. Klorinasi Pada Air Sumur

- c. Klorinasi air panas sama dengan klorinasi pada air dingin. Namun, klorinasi air panas membutuhkan waktu lebih lama karena klorin akan terlarut pada air panas.
- d. Air yang telah diklorinasi harus tetap berada di pipa selama minimal delapan jam agar efektif mengatasi bakteri, dan maksimal 36 jam untuk melindungi pipa. Selama periode ini air tidak boleh digunakan.

2. Tangki penampungan dapat menjadi sumber kontaminasi. Bakteri dapat masuk ke dalam tangki melalui udara, jika tangki tersebut tidak ditutup dengan baik, dan bakteri akan berkembang.
 - a. Langkah-langkah yang telah disebutkan sebelumnya dapat digunakan, namun volume tangki harus diperhitungkan (dari 100 sampai 3000 galon), karena hal tersebut mempengaruhi kelarutan klorin. Penghilang warna ditambahkan seperti pada langkah b sebelumnya, satu cangkir tiap 31 galon air yang disimpan. Waktu yang panjang dibutuhkan untuk mensirkulasikan klorin melalui tangki yang lebih besar, sehingga lebih menguntungkan jika dilakukan klorinasi pada tangki secara langsung.
 - b. Jika diketahui sumber kontaminasi berasal dari tangki, atau tidak dapat dilakukan klorinasi pada sumur, atau ukuran tangki sesuai untuk penambahan klorin, maka lebih baik jika dilakukan klorinasi secara langsung pada tangki. Untuk klorinasi secara langsung pada tangki, digunakan pipa seperti yang digunakan pada klorinasi sumur. Ditambahkan satu cangkir 5,25% penghilang warna tiap 31 galon air yang ditampung sekaligus dilakukan sirkulasi pada air tersebut. Ketika air yang telah diklorinasi dialirkan melalui pipa, dinding dan tutup tangki dibasuh dengan air tersebut sebelum tangki ditutup.
3. Setelah diolah, air tersebut akan menjadi sangat terklorinasi. Untuk menghilangkan klorin dan mendapatkan air bebas klorin, sumur dan/atau tangki harus dikosongkan dari air yang terklorinasi. Biasanya air tersebut dibuang menuju area bebas pabrik agar sebagian besar klorin tersebut berkurang. Pembuangan air dengan kadar klorin

yang tinggi secara berlebihan pada saluran pembuangan harus dihindari, karena hal ini dapat mempengaruhi keseimbangan kimia dari sistem air limbah.

A.1.2 Bahaya Klorin

1. Gas klorin menyebabkan iritasi pada sistem pernapasan yang mempengaruhi membran berlendir. Klorin dapat dideteksi baunya pada 3,5 ppm dan dapat mematikan setelah dihirup sampai 1000 ppm.
2. Konsentrasi maksimum klorin dalam udara tidak boleh melebihi 1 ppm untuk ekspos yang lama.
3. Gas klorin hanya boleh digunakan pada area dengan ventilasi yang baik sehingga gas yang keluar akibat kebocoran tidak akan menjadi terlalu pekat.
4. Jika klorin terhirup, segera hirup udara segar. Jika sulit bernafas, harus dibetikan oksigen.
5. Klorin korosif terhadap mata, kulit, dan saluran pernapasan dengan adanya *moisture*.
6. Jika terjadi kontak dengan kulit, bilas segera dengan air dalam jumlah yang besar selama 15 menit dan melepas pakaian dan sepatu yang terkontaminasi.
7. Jika terjadi kontak dengan mata, mata dibilas dengan air dalam jumlah yang banyak selama kurang lebih 15 menit.
8. Klorin harus dijaga dari panas dan cahaya matahari langsung. Penyimpanan harus dilakukan pada area kering yang jauh dari sumber panas dan cahaya matahari.
9. Klorin harus dijaga tetap terpisah dari gas bertekanan lainnya dan tidak boleh disimpan dekat hidrokarbon, logam, *ammonia anhydrous* atau material lainnya yang dapat terbakar.

10. Semua kontainer penyimpanan harus memiliki label ketahanan terhadap cuaca yang dipasang dekat kran pengeluaran dan harus dapat diakses oleh publik.
11. Kontainer klorin tidak boleh dibiarkan terbuka jika tidak sedang digunakan. Kontainer harus ditutup dengan rapat.
12. Klorin beracun terhadap ikan dan organisme air. Limbah yang mengandung klorin tidak boleh dibuang menuju sungai, danau, atau air lainnya kecuali dengan persetujuan pemerintah.

(<http://www.waterwell.cc/CHLORIN.HTM>)

A.1.3 Penanganan NaClO

NaClO adalah senyawa kimia yang biasa dipakai sebagai disinfektan dan *bleaching agent*, sehingga NaClO umumnya disebut dengan “*bleach*” sekalipun ada beberapa senyawa kimia lain yang juga disebut “*bleach*”. Sekitar 12% NaClO ditambahkan dalam suatu proses klorinasi air. Untuk kolam renang biasanya ditambahkan sekitar 30% NaClO. NaClO memiliki kandungan “*active chlorine*” yang dapat membantu membersihkan air.

NaClO merupakan agen pengoksidasi yang kuat dan dapat menyebabkan luka bakar pada kulit serta membahayakan mata, apalagi dalam jumlah yang pekat. Menurut standar internasional, larutan yang mengandung lebih dari 40% NaClO dapat dianggap sebagai agen pengoksidasi yang berbahaya. Bila NaClO dicampur dengan berbagai material organik akan dapat menyebabkan timbulnya zat-zat yang bersifat karsinogenik. NaClO juga tidak boleh dicampur dengan bahan yang mengandung asam, ammonia, serta

hidrogen peroksida, karena campuran dengan bahan-bahan tersebut bisa menimbulkan gas yang sangat beracun.

(http://en.wikipedia.org/wiki/So-dium_hypochlorite)

A.2 Nitrogen Cair

A.2.1 Definisi Cairan Kriogenik

Cairan kriogenik adalah suatu cairan yang berada pada temperatur -100°F atau -60°C sampai -460°F atau -266°C . Jaringan tubuh yang terbakar akan semakin parah bila berkontak dengan cairan ini. Bahaya cairan ini sebanding dengan bahaya yang ditimbulkan air mendidih. Contoh cairan kriogenik adalah nitrogen cair dan helium cair.

A.2.2 Analisa Bahaya

Kesalahan dalam mengikuti prosedur dapat menyebabkan timbulnya beberapa bahaya, antara lain :

1. Terbakarnya jaringan tubuh karena berkontak langsung dengan cairan nitrogen.
2. Peningkatan tekanan di ruang yang tertutup.
3. Rapuhnya struktur material di sekitar cairan nitrogen.
4. Timbulnya api dan ledakan karena kondensasi oksigen pada permukaan dingin dimana cairan nitrogen memiliki titik didih yang lebih rendah daripada oksigen.
5. Sesak napas karena adanya evaporasi nitrogen.

Oksigen mempunyai titik didih yang lebih tinggi (-183°C) daripada nitrogen (-195°C) atau helium (-269°C). Jadi, oksigen dapat terkondensasi di luar tekanan atmosfer selama penggunaan cairan bertitik didih lebih rendah seperti ini. Satu liter nitrogen cair

akan menguap menjadi sekitar 300 liter gas dimana hal tersebut dapat menimbulkan tekanan yang merusak terutama untuk bejana atau tangki. Material terstruktur yang digunakan untuk cairan nitrogen harus dipilih dengan mempertimbangkan perawatannya, karena pendinginan yang ekstrim atau drastis dapat mengubah karakteristik dasar dari material tersebut.

A.2.3 Peralatan Pelindung

1. **Pelindung Tangan.** Sarung tangan dapat dipakai bila bahaya utamanya adalah kontak antara kulit dengan bagian yang dingin. Sarung tangan harus dilepas bila terdapat bahaya tumpahan, percikan, tetesan yang memasuki sarung tangan dan membekukannya beserta kulit pemakainya. Jika perlindungan terhadap tangan diperlukan saat menangani kontainer atau logam yang dingin, maka penjepit tipe *pot-holder* adalah yang paling sesuai. Lap tak boleh dipakai karena harus dilapisi dengan banyak lapisan terlebih dahulu agar efektif.
2. **Pelindung Mata.** Pelindung mata harus selalu dipakai ketika menangani cairan ini, karena cairan ini hampir selalu mendidih dan dapat menimbulkan percikan ke mata. Bila percikan terus terjadi dan menjadi bahaya yang pasti, maka *face shield* (pelindung wajah) sangat dibutuhkan.
3. **Baju Pelindung.** Baju pelindung dapat membantu menghindarkan pakaian, perhiasan, dan material lain berkontak dengan cairan nitrogen. Celana panjang, apron yang kedap air atau mantel, serta sepatu berpenutup tinggi juga dibutuhkan.
4. **Kontainer Sekunder.** Suatu botol atau labu dipersiapkan secara tertutup untuk mencegah cairan dan gas melakukan penetrasi di tangki luar. Hanya gunakan

kontainer yang teruji untuk penggunaan cairan kriogenik. Jangan pernah memakai botol termos untuk cairan ini karena kontainer ini bisa meledak.

5. **Pipa Transfer.** Ketika memindahkan cairan nitrogen dari kontainer 150 atau 240 liter, gunakan pipa transfer yang tepat. Pipa transfer nitrogen cair harus dilapisi dengan suatu insulasi untuk mencegah kontak dengan permukaan logam dari pipa serta untuk menghindari kondensasi oksigen pada permukaan. Pipa transfer nitrogen cair diinsulasi dengan ruang vakum antara bagian *inner* dan *outer*.

A.2.4 Prosedur Penanganan

A. Tahap Persiapan

1. Ketahuilah bahaya yang dapat timbul dari cairan tersebut.
2. Bekerjalah pada lokasi yang cukup terbuka dan memiliki ventilasi yang baik. Meskipun gas yang timbul dari evaporasi cairan nitrogen tidak beracun, namun dapat menyebabkan sesak napas oleh karena perpindahan oksigen. Jangan berhadapan langsung dengan cairan nitrogen yang wadahnya terbuka. Pusing atau pingsan dapat dialami saat udara sekitar kurang oksigen. Dalam ruangan-ruangan yang lebih terbatas (sempit), penentuan ukuran ruangan dan ventilasinya sangat perlu untuk mengetahui volume gas yang ditampung dan untuk mencegah terkonsentrasinya gas berbahaya yang terjadi karena kebocoran atau tumpahan gas tersebut. Pengawasan oksigen secara kontinyu tetap diperlukan agar tak terjadi kekurangan oksigen.
3. Tempat pencuci atau bak pencuci harus diletakkan cukup dekat untuk membersihkan area yang tercemar dengan menggunakan air. Jika tak ada bak

pencuci di tempat yang dekat, pekerja lain harus mendampingi pekerja yang terkena percikan atau tumpahan ke fasilitas lain di sekitar tempat operasi.

4. Pastikan bahwa mata dan wajah terlindungi dengan baik. Gunakan perlengkapan protektif yang lain selama operasi berlangsung. Tanggalkan perhiasan dan benda lain yang bisa membuat cairan nitrogen terbawa kemudian berkontak dengan kulit.
5. Gunakan penjepit tipe *pot-holder* atau sarung tangan yang sesuai; jangan gunakan lap untuk menyentuh permukaan peralatan yang tak terinsulasi.
6. Periksa kontainer dan keran pengatur tekanan sebagai tanda bila terjadi kerusakan. Bila kerusakan ditemukan, beritahukan *supervisor* secepatnya.
7. Bagian gelas yang terekspos harus dilapisi dengan plastik atau pembungkus karet untuk mencegah terhamburnya pecahan gelas ketika wadah meledak. Pembungkus atau pelapis tersebut akan menjadi rapuh atau susut seiring berjalannya waktu, bila sudah demikian pembungkus tersebut jangan dipakai lagi.
8. Jaga agar peralatan dan sistem tetap bersih dan bebas minyak atau material lain yang bisa menimbulkan kondisi bahaya saat berkontak dengan cairan nitrogen.

B. Pemindahan dan Penggunaan Nitrogen Cair

1. Hanya gunakan pipa transfer yang sesuai dengan kontainer cairan nitrogen. Insulasi yang rusak atau retak pada pipa transfer harus diganti. Jangan menangani pipa transfer dengan tangan kosong bila *fitting* tidak diinsulasi.
2. Ketika memindahkan ke wadah kedua, sebaiknya jangan berdiri di dekat kontainer saat pengisian. Kontainer sebaiknya diletakkan di atas penahan atau *stable stand* sehingga pipa transfer aman di samping wadah kedua.

3. Ketika memindahkan ke wadah kedua, jangan mengisi wadah tersebut lebih dari 80% kapasitasnya. Jika kemungkinan yang ada menyatakan bahwa temperatur silinder saat penuh dapat meningkat menjadi lebih dari 30°C, jangan mengisi wadah kedua lebih dari 60% kapasitasnya.
4. Jangan memindahkan nitrogen ke bagian *storage* kecuali ada peraturan yang menyatakan untuk menyediakan ventilasi dan mencegah pembekuan di leher kontainer.
5. Komponen-komponen yang akan dipakai dapat diuji terlebih dahulu dengan cara mencelupkannya ke dalam tangki berisi cairan nitrogen. Tahan celupan komponen tersebut dengan suatu senar atau kabel, jangan menenggelamkannya dengan tangan. Gunakan penutup tangki yang ada untuk mengurangi kontak antara permukaan cairan nitrogen dengan udara. Jika timbul asap di atas permukaan cairan, jangan meniupnya atau mencoba menyingkirkannya dengan tangan karena asap dapat timbul lebih banyak lagi. Asap tersebut akan menghilang secepatnya.
6. Segeralah menyiapkan wadah lain untuk mencegah apabila kandungan air dari udara sekitar masuk dan menjadi serpihan es.
7. Pendeteksi kebocoran harus tetap digunakan.

C. Penyimpanan

1. Gunakan wadah atau kontainer cairan nitrogen dengan penuh kewaspadaan. Kontainer-kontainer tersebut mudah pecah dan mahal harganya.
2. Jangan menggerakkan kontainer tersebut dengan memegang bagian lehernya karena bagian tersebut merupakan penyangga utama untuk *inner vessel* dan

mudah rusak. Selalu gunakan mesin pendorong untuk menggerakkan kontainer penyimpanan.

3. Jangan biarkan kandungan air udara sekitar berkontak dengan kontainer penyimpanan karena dapat membeku dan menutupi alat tersebut.

A.2.5 Penanganan Terhadap Tumpahan Nitrogen Cair

Bahaya utama dari tumpahan cairan nitrogen adalah adanya evaporasi yang akan menyebabkan perpindahan oksigen serta sesak napas, atau bahaya api dan ledakan akibat evaporasi gas yang mudah terbakar dan kondensasi oksigen. Sebagai tambahan, gelas dan material lain dapat menjadi hancur atau pecah saat berkontak dengan cairan nitrogen. Biasanya, sedikit percikan atau tumpahan akan cepat menguap (terevaporasi) ke udara. Bila terjadi tumpahan yang besar atau banyak, pekerja harus melarang atau menghentikan akses ke daerah tersebut dan menghubungi pemadam kebakaran.

A.2.6 Prosedur Situasi Darurat dan Pertolongan Pertama

Semua kasus yang berhubungan dengan tumpahan atau kontak dengan cairan nitrogen harus dilaporkan ke *supervisor*. Segeralah membilas atau membersihkan area yang terkena cairan nitrogen dengan air. Air digunakan untuk membilas karena memiliki kapasitas panas yang tinggi. Tindakan ini cukup bila kontak dengan cairan nitrogen tidak berlanjut. Kontak yang berlanjut atau berkepanjangan akan menyebabkan luka bakar yang serius atau penggumpalan darah yang membutuhkan perawatan medis yang canggih. Bila terjadi kontak cairan nitrogen dengan mata yang cukup parah segera

hubungi bagian *Ophthalmology* (*Ophthalmology* adalah salah satu cabang ilmu medis yang menangani penyakit atau operasi pada organ penglihatan dan otak).

(<http://psfcwww2.psfc.mit.edu/esh/cryo.html>)

A.3 Ozon

A.3.1 Deskripsi Ozon

Ozon adalah substansi yang sangat tidak stabil, mudah meledak, dan tidak dapat ditebak. Ozon dapat dikumpulkan pada *silica gel* kemudian didinginkan pada temperatur es kering. Ozon cair, merupakan substansi yang lebih berbahaya dengan kecenderungan untuk meledak yang ekstrim. Ozon merupakan oksidator yang kuat, baik terhadap material yang mudah terbakar dan juga pada jaringan tubuh manusia. Pada konsentrasi yang rendah ozon akan tercium seperti bau busuk, sedangkan pada konsentrasi di atas 1 ppm memiliki bau seperti bau sulfur. Ozon tidak boleh dihirup karena dapat menyebabkan kerusakan paru-paru dan ekspos langsung pada kulit dapat menyebabkan kekeringan dan iritasi. Ozon yang terhirup dapat menyebabkan sakit kepala, menurunnya denyut nadi dan tekanan darah, dermatitis dan batuk. Karena ozon adalah oksidator yang kuat, material yang mudah terbakar, termasuk kertas, dijaga dari tabung yang berisi ozon. Pada temperatur es kering, tekanan uap ozon di atas *silica gel* sekitar 17 Torr dan oksigen digantikan oleh ozon pada permukaan *silica gel*.

A.3.2 Analisa Bahaya

1. Ledakan-ozon. Jika pendinginan oleh es kering tidak diisi ulang dengan teratur (12 jam) atau jika terlalu banyak ozon yang disimpan (>100 g), suatu ledakan dapat terjadi.
2. Kerusakan jaringan-ozon. Jaringan dapat mengalami kerusakan jika tidak tersedia ventilasi dengan baik.
3. Kerusakan jaringan-es kering. Kontak langsung dengan es kering dan *slurry* es kering dapat menyebabkan kerusakan jaringan.
4. Ozon adalah gas beracun akut.

A.3.3 Jenis Penyimpanan

1. Penyimpanan Khusus

Ozon (diadsorpsi oleh *silica gel*) disimpan dalam tabung tertutup antara penggunaan yang dijaga tetap dingin dengan es kering dan diletakkan di belakang *blast shield*. Pendingin es kering harus diperbaharui setidaknya setiap 12 jam.

2. Silinder Gas Pengaman

Silinder gas disambung dengan *ozonator* diamankan dengan rantai pada *bench* atas.

A.3.4 Peralatan Pelindung

1. Perlindungan Mata dan Wajah

Kacamata pelindung dan pelindung wajah harus selalu digunakan saat menangani tabung yang mengandung ozon yang teradsorpsi. Kacamata pelindung dan pelindung wajah harus dipakai saat mengisi ulang es kering.

2. Sarung Tangan

Sarung tangan thermal harus digunakan saat menangani es kering.

3. Pakaian Pelindung

Tidak dibutuhkan.

4. Pelindung Pendengaran

Tidak dibutuhkan.

5. Respirator

Tidak dibutuhkan..

6. Pencuci Mata

7. *Shower* Keamanan

A.3.5 Penanganan Ozon

Tabung penyimpanan ozon yang baik dikemas dengan *silica gel* dan *glass wool*. Pemasangan *glass wool* sangat penting untuk efisiensi operasi dan keamanan. *Glass wool* dibutuhkan untuk mencegah *silica gel* ikut mengalir dengan gas (baik oksigen, O₃, atau gas lainnya) ke dalam kran Teflon baik saat pompa belum bekerja atau saat beroperasi. Kontaminasi seperti di atas tidak dapat dihindari jika *glass wool* tidak digunakan. Adanya kontaminasi merusak segel kran dan dapat merusak secara permanen pada Teflon.

Glass wool dipasang sekitar 1 atau 2 inch dari dasar pusat kran dari tabung ozon yang digunakan. *Glass wool* ini tidak boleh sampai memanjang lebih dari satu inch menuju leher tabung, jika tidak maka akan terjadi penumpukan tekanan ketika letak pendingin turun sampai di bawah *glass wool*. Pemasangan yang ideal untuk *glass wool* adalah pada tingkat yang setara atau di bawah tingkat *silica gel*. *Glass wool* tambahan

diletakkan pada sambungan sisi lengan dengan leher tabung. Tumpukan *glass wool* biasanya memiliki panjang sekitar 1 atau 2 inch dan dikemas cukup longgar agar gas dapat mengalir dengan bebas.

A.3.6 Menjalankan Eksperimen dengan Ozon

Pada saat eksperimen, diinginkan agar ozon tetap terjaga pada tekanan yang stabil. Dengan ozon, setiap satu atau dua menit, tekanan harus diperiksa dan diatur jika dibutuhkan untuk menjaga agar tekanan tetap sestabil mungkin. Setelah sekitar 20 sampai 30 menit pengambilan data, terkadang dibutuhkan penutupan tabung dari ruang vakum agar desorpsi ozon dapat terjadi sehingga terjadi kesetimbangan ulang.

A.3.7 Tahap Penyimpanan

Setelah ozon selesai digunakan, tabung dipisahkan dari ruang vakum dan ditutup dengan cepat. Tabung disambung kembali dengan *ozon generator* dalam *hood*. Ozon digenerasi selama kurang lebih 4 jam untuk mengisi kembali kandungan ozon pada bagian atas lapisan *silica gel*. Bahkan ketika tidak mengumpulkan ozon, tabung harus dijaga tetap dingin dan kemudian es kering harus tetap diisi ulang setidaknya setiap 12 jam.

(<http://www.chemistry.ohio-state.edu/ehs/chp2013>)

PERPUSTAKAAN
Universitas Katolik Widya Mandala
SURABAYA