

PERBANDINGAN EFEKTIVITAS STERILISASI ALKOHOL 70%, INFRAMERAH, OTOKLAF DAN OZON TERHADAP PERTUMBUHAN BAKTERI *Bacillus subtilis*

THE STERILIZATION EFFECTIVITY OF ALCOHOL 70%, INFRARED,
AUTOCLAVE AND OZONE TO THE GROWTH OF *Bacillus subtilis*

Dhirgo Adji¹, Zuliyanti² dan Herny Larashanty²

¹Bagian Bedah dan Radiologi Fakultas Kedokteran Hewan, Universitas Gadjah Mada,
²Mahasiswa Program Ekstensi, Fakultas Kedokteran Hewan Universitas Gadjah Mada,
Jl. Fauna 2, Karangmalang, Yogyakarta 55281

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan efektivitas antara sterilisasi menggunakan alkohol 70%, otoklaf, inframerah dan ozon terhadap pertumbuhan bakteri berspora *Bacillus subtilis*. Lima belas buah jarum jahit yang masing-masing mengandung biak murni *Bacillus subtilis* dimasukkan ke dalam tabung steril. Tiga buah jarum digunakan sebagai kontrol positif tanpa perlakuan sterilisasi (Kelompok I), tiga buah jarum disterilisasi menggunakan alkohol 70% selama 3 jam (Kelompok II), tiga buah jarum disterilisasi menggunakan inframerah selama 15 menit (kelompok III), tiga buah jarum disterilisasi menggunakan otoklaf selama 20 menit pada suhu 121°C (Kelompok IV), dan tiga buah jarum disterilisasi menggunakan ozon selama 45 menit (Kelompok V). Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa sterilisasi dengan alkohol 70%, *Bacillus subtilis* masih tetap tumbuh. Sterilisasi dengan inframerah menunjukkan tidak ada pertumbuhan bakteri *Bacillus subtilis*. Sterilisasi dengan otoklaf satu sampel positif tumbuh sedangkan dua sampel yang lain negatif (bakteri tidak tumbuh), dan sterilisasi dengan ozon menunjukkan *Bacillus subtilis* tetap tumbuh. Dari penelitian ini disimpulkan bahwa sterilisasi menggunakan inframerah adalah yang paling efektif diantara metoda sterilisasi yang lain.

Kata kunci : sterilisasi, alkohol, inframerah, otoklaf, ozon, *Bacillus subtilis*

ABSTRACT

Sterilization was a process to destroy all microorganism life. This research was aimed to compare the effectivity of alcohol 70% , infra red, autoclave and ozone to the growth of *Bacillus subtilis*. Fifteen needles contain natural tertile of *Bacillus subtilis* each put into steril tubes. Three needles were used as positive control/ without sterilization process (Group I), three needles were sterilized using alcohol 70% for 3 hours and three needles were sterilized using infrared for 15 minutes (Group II), three needles were sterilized using autoclave for 20 minutes at temperature of 121°C with 15 lb preasure (Group III), three needles were sterilized using infrared machine (Group IV) and three needles were sterilized using ozone (Group V). The result of the research showed that in Group I, II and V, all tubes showed positive growth of bacteria; Group III showed only 1 tube growth and Group IV all tubes did not show the growth of bacteria. From all of the result, it be concluded that sterilization using infra red was the best than another method above.

Keywords : sterilization, alcohol, infrared, autoclave, ozone, *Bacillus subtilis*

PENDAHULUAN

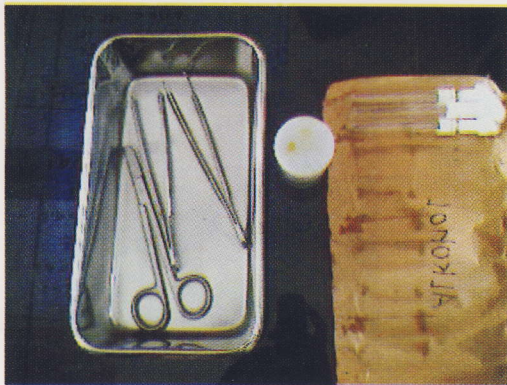
Perkembangan Ilmu Bedah dimulai sejak abad XIX di Eropa. Pada waktu itu belum diketahui adanya mikroorganisme (kuman, virus, riketsia, spora, jamur dan sebagainya) yang dapat menyebabkan infeksi, sehingga pada setiap penanganan operasi menjadi kurang aseptik dan sering menimbulkan infeksi. (Oswari, 2000). Operasi adalah tindakan pembedahan untuk meringankan dan menyembuhkan gejala penyakit, trauma dan kelainan kongenital dengan menggunakan alat-alat operasi. Beberapa hal yang perlu diperhatikan selama penggunaan alat-alat operasi adalah jenis, jumlah, kebersihan atau sterilitas, tata letak dan kondisi alat. Alat-alat operasi yang dipergunakan harus dipertahankan sterilitasnya sampai pelaksanaan operasi selesai dan segera dibersihkan setelah selesai digunakan. Saat ini, tersedia berbagai peralatan sterilisasi dengan mekanisme kerja yang berbeda-beda, dimana masing-masing mempunyai keterbatasan sendiri-sendiri di dalam penerapan praktisnya. Proses sterilisasi tersebut dapat dilakukan dengan uap panas, larutan kimia, pemanasan kering atau metode gas. Metode yang dipilih biasanya tergantung sifat materi yang akan disterilkan (Sabiston, 1992). Sterilisasi merupakan proses yang menghancurkan semua bentuk kehidupan. Suatu benda yang steril dipandang dari sudut mikrobiologi, artinya bebas dari mikroorganisme hidup. Pada proses sterilisasi, spora bakteri adalah yang paling resisten diantara semua organisme hidup (Pelczar dan Chan, 1988). Untuk mengetahui hal tersebut, diperlukan bakteri berspora dalam pembuktiannya karena spora bersifat lebih tahan terhadap pengaruh luar yang tidak sesuai dibandingkan dengan bakteri biasa (bentuk vegetatif). Efektifitas sterilisasi tergantung pada jumlah dan jenis mikroorganisme, jumlah dan jenis kontaminasi oleh zat lain, serta ada tidaknya tempat-tempat perlindungan mikroorganisme pada alat (misalnya pada alat yang bergigi) (Kaiser dan Harry, 1948).

Alkohol

Rumus kimia umum alkohol adalah $C_nH_{2n+1}OH$. Dalam ilmu kimia, alkohol (atau alkanol) adalah istilah yang umum untuk senyawa organik apapun yang memiliki gugus hidroksil (-OH) yang terikat pada atom karbon juga terikat pada atom hidrogen dan atau atom karbon lain. Alkohol merupakan denaturan protein, suatu sifat yang terutama memberikan aktivitas antimikrobia pada alkohol. Disamping itu, alkohol juga merupakan pelarut lipid sehingga dapat merusak membran sel. Alkohol yang umum dipakai untuk sterilisasi adalah alkohol konsentrasi 70% karena efektif memecah protein yang ada dalam mikroorganisme (Margono *et al.*, 1993). Penggunaan pada proses disinfeksi adalah untuk permukaan yang kecil, tangan dan kulit. Adapun keunggulan golongan alkohol ini adalah sifatnya yang stabil, tidak merusak material, dapat dibiodegradasi, cocok untuk kulit dan hanya sedikit menurun aktivasinya bila berinteraksi dengan protein. Sedangkan beberapa kerugiannya adalah beresiko tinggi terhadap api/ledakan dan sangat cepat menguap (Rismana, 2002).

Inframerah

Inframerah adalah cahaya yang berguna untuk konstituen radiasi hanya meliputi fraksi kecil dari seluruh spektrum matahari. Sinar inframerah (*infrared ray IR*) juga merupakan sinar tidak tampak yang berada pada spektrum warna merah, mendekati spektrum sinar tampak. Dapat dikatakan bahwa 80% cahaya matahari adalah sinar inframerah karena lebarnya jangkauan gelombang sinar ini (4-1000 micron). Sinar inframerah dikelompokkan dalam 3 zona: *Near infrared ray*, *Middle infrared ray* dan *Far infrared ray (FIR)* (Ananta, 2005). Menurut Susanto (2005), karakteristik FIR adalah tidak kasat mata (tidak kelihatan), bersifat linear (menyebar), refraktif (dapat dipantulkan), diserap oleh beberapa objek. Untuk mengetahui efek dari radiasi pada bakteri diperlukan sejumlah faktor yang harus diperhatikan, antara lain: panjang gelombang, intensitas radiasi, jenis organisme, medium



Gambar 1. Sterilisasi dengan Alkohol

dimana organisme berada dan lamanya paparan (Merchant dan Parker, 1961).

Otoklaf

Otoklaf adalah suatu bejana yang dapat ditutup, yang diisi dengan uap panas dengan tekanan tinggi. suhu didalamnya dapat mencapai 115°C hingga 125°C dan tekanan uapnya mencapai 2 hingga 4 ATM (Oswari, 2000). Alat tersebut merupakan ruang uap berdinding rangkap yang diisi dengan uap jenuh bebas udara dan dipertahankan pada suhu serta tekanan yang ditentukan selama periode waktu yang dikehendaki. Waktu yang diperlukan untuk sterilisasi tergantung pada sifat bahan yang disterilkan, tipe wadah dan volume bahan. Kondisi yang baik digunakan untuk sterilisasi adalah pada 15 psi dan temperatur 121°C selama 15 menit (Nester *et al.*, 2004). Agar penggunaan otoklaf efektif, uap air harus dapat menembus setiap alat yang disterilkan. oleh karena itu, otoklaf tidak boleh terlalu penuh, agar uap air benar-benar menembus semua area (Volk dan Margareth, 1993).

Ozon

Ozon merupakan suatu bentuk oksigen alotropis (gabungan beberapa unsur) yang setiap molekulnya memuat tiga jenis atom. Formula ozon adalah O₃, berwarna biru pucat dan merupakan gas yang sangat beracun dan berbau sangat tajam serta dapat mendidih pada suhu ± 111,9°C (± 169,52°F), mencair pada suhu 192,5°C (- 314°F) dan memiliki gravitasi 2,144. Penghancuran bakteri pada sterilisasi



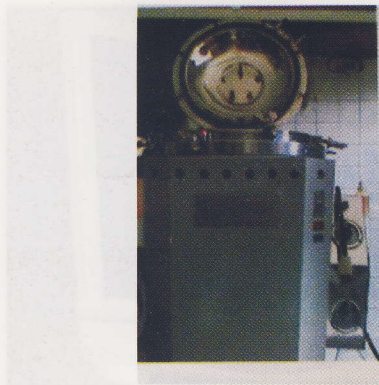
Gambar 2. Sterilisator infra red

menggunakan ozon terjadi melalui proses oksidasi langsung. Kekuatan oksidasi ozon dapat merusak membran sel, dinding bagian luar sel mikroorganisme (*cell lysis*) dan juga dapat membunuhnya (*nekrosis*). Ketika ozon kontak dengan bakteri, satu atom oksigen akan melepaskan diri dan mengoksidasi pelindung protein bagian luar yaitu phospholipid dan lipoprotein dari bakteri tersebut, kemudian atom oksigen yang lain akan berubah menjadi gas oksigen. bakteri dapat dihancurkan akibat adanya kebocoran pada sitoplasma (Anonim, 2006).

Bacillus dan Spora Bakteri

Bacillus merupakan bakteri Gram positif, kemoorganotrof dengan sel berbentuk batang, panjang 0,3 2,2 µm x 1,27 7,0 µm. sebagian besar motil dengan flagellum khas lateral. Membentuk endospora tidak lebih dari satu dalam satu sel sporangium. Metabolisme dengan respirasi sejati, fermentasi sejati atau kedua-duanya. Termasuk aerobik sejati atau anaerobik fakultatif. Umum dijumpai dalam tanah (Pelczar dan Chan, 1988).

Spora ditemukan terpisah oleh Ferdinand Cohn dan Robert Koch pada tahun 1876, segera setelah Pasteur membuat bidang mikrobiologi terkenal. Ketahanan spora bakteri ini terhadap panas bervariasi di antara strain. Secara garis besar spora dapat dibagi dalam dua kelompok, yaitu spora yang tahan panas (90°C selama 15 sampai 145 menit) dan spora yang tidak tahan panas (90°C, 3 sampai 5 menit). Spora yang tahan panas secara umum membutuhkan *heat shock* 75-100°C selama 5



Gambar 3. Mesin sterilisator otoklaf



Gambar 4. Sterilisator ozon

sampai 20 menit untuk proses germinasi (perubahan spora menjadi bentuk sel vegetatif). Spora dari bakteri *Bacillus* lebih tahan dari bentuk vegetatifnya terhadap pemanasan, kekeringan, bahan preservatif makanan, dan pengaruh lingkungan lainnya (Naim, 2003).

MATERI DAN METODE

Penelitian ini menggunakan biak *Bacillus subtilis* yang diperoleh dari Laboratorium Mikrobiologi, Fakultas Kedokteran Hewan, Universitas Gadjah Mada. Alat-alat dan bahan yang digunakan adalah jarum jahit, tabung, pinset, rak tabung, kapas, container, alkohol 70%, mesin sterilisasi Inframerah dan ozon dari Elitech Vanguard, Produksi PT. Janoko Karya Yogyakarta, alat sterilisasi otoklaf model HL 36 Ac no.820880044 buatan *Tokyo Hiramaya Manufacturing Corporation Japan*

Lima belas buah jarum dicelupkan kedalam biak murni bakteri *Bacillus subtilis* yang berumur lebih dari 24 jam, lalu jarum tersebut dimasukkan ke dalam tabung steril dan ditutup rapat selanjutnya disterilisasi dengan alkohol 70%, inframerah, otoklaf dan ozon.

Tiga buah jarum dipergunakan sebagai kontrol positif yaitu tanpa perlakuan sterilisasi. Sterilisasi dengan alkohol 70%, jarum yang sudah dimasukkan ke dalam tabung tadi diambil kemudian direndam dengan alkohol 70% selama ± 3 jam.

Sterilisasi dengan mesin sterilisasi inframerah, jarum yang sudah dimasukkan ke dalam tabung steril tadi, ditaruh pada rak tabung kemudian dimasukkan ke dalam mesin sterilisasi dan ditutup, power dinyalakan, tekan tombol sterilisasi, terlihat adanya warna merah dari inframerah (Gambar 2). Mesin secara otomatis akan mati pada saat panas sudah cukup untuk mensterilkan (± 15 menit). Setelah 15 menit dan mesin sterilisasi sudah dalam keadaan mati, tabung kemudian diambil.

Sterilisasi dengan mesin otoklaf dilakukan dengan memasukkan tabung yang berisi jarum dengan biak *Bacillus subtilis*, selama 20 menit pada suhu 121°C dengan tekanan 15 lb. Tiga jarum lainnya yang telah dimasukkan kedalam tabung dimasukkan pada mesin sterilisasi ozon selama 45 menit. Tabung selanjutnya dibawa ke laboratorium Mikrobiologi Fakultas Kedokteran Hewan Universitas Gadjah Mada Yogyakarta untuk diinkubasi kemudian diamati tumbuh atau tidaknya bakteri *Bacillus subtilis* dengan metode standar.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada dasarnya pelaksanaan operasi pada hewan juga memerlukan suatu usaha yang dapat melindungi luka dari kontaminasi dan infeksi bakteri sebagaimana manusia. Untuk melindungi dan/ atau untuk mencegah agar luka tidak terkontaminasi atau terinfeksi bakteri, suatu luka operasi harus dibuat

sedemikian rupa sehingga mampu menghalangi masuknya organisme pengganggu. Teknis pencegahan masuknya bakteri antara lain dengan: melakukan operasi dalam ruang operasi yang memadai, sterilisasi peralatan bahan dan perlengkapan operasi, persiapan operator (dokter bedah), pembantu operator, dan orang-orang yang terlibat dalam pelaksanaan operasi, serta pasien harus dioperasi dengan prosedur operasi yang aseptik. Penelitian ini menggunakan bakteri *Bacillus subtilis* yang mampu membentuk endospora, karena standar internasional mengharuskan steril tidak saja hanya terbebas dari bakteri, namun juga spora bakteri. Spora memiliki beberapa kelebihan dibandingkan dalam bentuk sel vegetatifnya. Seperti ketahanannya terhadap gaya mekanik, kekeringan, radiasi sinar matahari dan suhu tinggi. Salah satu spora yang memiliki ketahanan terhadap suhu tinggi adalah spora *Bacillus* yang menjadikan spora ini dapat digunakan sebagai bioindikator sterilisasi (Sugiono, 2003).

Penggunaan disinfektan merupakan salah satu cara dalam proses sterilisasi. Namun, pada kenyataannya tidak semua disinfektan dapat berfungsi sebagai bahan dalam proses sterilisasi. Menurut Rachdie (2006), proses aplikasi bahan kimia (disinfektan) terhadap peralatan, lantai, dinding atau lainnya hanya berguna untuk membunuh sel vegetatif saja, namun tidak mampu membunuh spora. Alkohol merupakan denaturasi protein, suatu sifat yang terutama memberikan aktivitas antimikrobia pada alkohol. Disamping itu, alkohol juga merupakan pelarut lipid sehingga dapat merusak membran sel dengan mekanisme kerja mempresipitasi protein dan melarutkan lemak pada membran sel dan mendenaturasi bio

molekul (DNA, RNA, Lipid) yang penting untuk pertumbuhan dan perkembangan mikrobia. Semakin banyak karbon penyusun alkohol, fungsi germisidal dari alkohol tersebut semakin tinggi (Pelczar dan Chan, 1988).

Hasil penelitian setelah dilakukan uji sterilisasi menggunakan alkohol 70% pada jarum jahit yang diberi biak bakteri berspora *Bacillus subtilis* adalah tidak efektif dimana bakteri *Bacillus subtilis* tetap tumbuh yang ditandai dengan kekeruhan pada media kaldu steril. Kondisi ini disebut juga tidak steril (Gambar 5), hal ini membuktikan bahwa golongan alkohol tidak efektif untuk membunuh bakteri berspora serta kurang efektif bagi virus non-lipoid karena bakteri dalam bentuk spora lebih tahan terhadap disinfektan, sinar dan terutama terhadap kekeringan, panas dan suhu dingin. Hal ini disebabkan karena dinding spora sedikit banyak *impermeable* (Dwidjoseputro, 1990).

Bakteri berspora memiliki tingkat ketahanan yang lebih tinggi dibandingkan bakteri bukan berspora. Misalnya *Bacillus subtilis* sebagai bakteri spora memiliki tingkat ketahanan 5-10 x daripada bakteri *E. coli* (William, 1958). Menurut Pelczar dan Chan (1988), etil alkohol dengan konsentrasi 50-70% tidak efektif terhadap mikroorganisme yang membentuk spora karena mempunyai aktifitas sporisidal yang rendah. Spora antraks dapat bertahan di dalam alkohol selama 20 tahun sedangkan spora *Bacillus subtilis* selama 9 tahun.

Gelombang elektromagnetik di antara sinar tampak dan sinar mikrowave dinamakan sinar inframerah. Studi terbaru tentang Bioteknologi menemukan bahwa Sinar-Inframerah-Gelombang-Panjang (*Far Infrared*

Tabel 1. Hasil pengamatan pertumbuhan bakteri *Bacillus subtilis* pada uji sterilisasi dengan alkohol 70%, inframerah, otoklaf dan ozon.

Kode Sampel/tabung	Kontrol (I)	Inframerah (II)	Alkohol 70% (III)	Otoklaf (IV)	Ozon (V)
1	Tumbuh	Tidak tumbuh	Tumbuh	Tumbuh	Tumbuh
2	Tumbuh	Tidak tumbuh	Tumbuh	Tidak tumbuh	Tumbuh
3	Tumbuh	Tidak tumbuh	Tumbuh	Tidak tumbuh	Tumbuh

Ray – FIR, dengan panjang gelombang antara 6-14 mikron), sebagaimana dikandung sinar matahari pagi jam 07.00–09.00 berperan penting dalam formasi dan pertumbuhan makhluk hidup. Untuk alasan inilah, sinar inframerah ini disebut Sinar Biogenetik. Pancaran sinar ini tidak memerlukan media penghantar dan kekuatan daya tembusnya sangat kuat. Efektivitas sinar Bio FIR diantaranya mengaktifkan dan menyeimbangkan sel-sel tubuh, memecah molekul air atau mengencerkan darah, menghambat pertumbuhan sel kanker dan menghambat pertumbuhan bakteri dan jamur (Ananta, 2005). Untuk mengetahui efek dari radiasi pada bakteri perlu sejumlah faktor yang perlu diperhatikan, antara lain: panjang gelombang, intensitas radiasi, jenis organisme, medium dimana organisme berada dan lamanya paparan (Merchant dan Parker, 1961).

Absorpsi energi radiasi oleh sel bakteri secara garis besar mempunyai dua hasil yaitu kematian sel yang diindikasikan oleh tidak adanya kemampuan untuk membentuk koloni, atau mutasi yaitu perubahan pola genetik. Radiasi langsung menyerang pada area sensitif atau area target dari sel, dan karena itu energi terabsorpsi dan subsekuen merubah molekul lokal yang menjadi target. (Sinnot dan Duan, 1956). Karena hampir semua bakteri membutuhkan lingkungan yang gelap untuk pertumbuhan optimumnya, sinar matahari mungkin merupakan germisidal paling efektif di dunia (Merchant dan Parker, 1961). Bucholz dan Jeney menyebutkan bahwa energi yang dihasilkan oleh panjang gelombang antara 2530 Å sampai 2650 Å akan memindahkan sejumlah elektron dari protoplasma bakteri sehingga menyebabkan perubahan fotokemikal yang tetap berikutan kematian bakteri (Merchant, 1956).

Hasil penelitian setelah dilakukan uji sterilisasi menggunakan inframerah pada jarum jahit yang diberi biak bakteri berspora *Bacillus subtilis* adalah efektif dimana tidak ada lagi pertumbuhan bakteri *Bacillus subtilis* baik sel vegetatif maupun sporanya yang ditandai dengan media kaldu steril yang tampak jernih (Gambar 6). Hal ini berarti efek radiasi

inframerah dalam menghancurkan spora *Bacillus subtilis* adalah suatu metode efektif dan merupakan teknologi alternatif yang menjanjikan untuk sterilisasi mikroorganisme dalam waktu cepat. Lebih dari itu, diperkirakan bahwa mekanisme utama dari sterilisasi dengan inframerah adalah pemanasan langsung ke mikroorganisme oleh penyinaran termal (Hamanaka *et al.*, 2000).

Bakteri *Bacillus subtilis* disterilkan dengan menggunakan otoklaf selama 20 menit pada tekanan 15 lb. Metode paling efektif untuk membunuh mikroorganisme adalah dengan menggunakan suhu tinggi digabungkan dengan kelembaban tinggi (Pelczar, 1988). Uap yang bersuhu dan bertekanan tinggi akan membunuh semua kuman beserta spora yang ada (Oswari, 2000). Mekanisme penghancuran bakteri pada otoklaf adalah dengan denaturasi protein atau asam nukleat dan gangguan pada membran sel bakteri (Anonim, 2006).

Hasil sterilisasi menggunakan otoklaf dapat dilihat pada Tabel I. Dari tabel tersebut terlihat bahwa pada tabung A positif. Bakteri tetap tumbuh, yang ditandai dengan kekeruhan pada media. Sedangkan pada tabung B dan C negatif. Bakteri tidak tumbuh, yang ditandai dengan media yang tetap jernih

Hasil positif pada tabung A dapat terjadi karena beberapa faktor yaitu faktor yang mempengaruhi ketahanan panas mikroorganisme dan faktor yang berasal dari penggunaan otoklaf. Faktor yang mempengaruhi ketahanan panas mikroorganisme yaitu (1) umur sel. Ketahanan panas yang tinggi terjadi pada fase adaptasi, dan akan menurun pada fase logaritmik. Spora yang sudah tua lebih tahan panas dibandingkan dengan spora yang masih muda. (2) Suhu pertumbuhan. Makin tinggi suhu inkubasi, maka ketahanan panas suatu mikroorganisme juga semakin tinggi. Pada suhu inkubasi yang tinggi akan terjadi seleksi genetik yang merangsang pertumbuhan galur tahan panas. (3) Air. Makin rendah kandungan air, maka ketahanan panas mikroorganisme akan semakin tinggi (Anonim, 2001). Faktor yang berasal dari penggunaan otoklaf yaitu adanya kontak antara uap dengan semua permukaan

bahan yang akan disterilkan, oleh karena itu kegagalan kontak dapat menyebabkan kegagalan sterilisasi (Gould dan Christine, 2003). Menurut Pelczar (1988), seluruh udara didalam ruang otoklaf harus tergantikan dengan uap jenuh. Apabila masih ada udara, maka suhu didalam ruang otoklaf tersebut akan turun, dengan demikian proses sterilisasi menjadi tidak sempurna. Faktor lain adalah perlunya memvalidasi putaran otoklaf untuk suatu muatan tertentu (Anonim, 2002).

Sterilisasi menggunakan ozon dilakukan selama 45 menit. Melalui proses oksidasinya ozon mampu membunuh berbagai macam mikroorganisme (Critez, 1998). Penghancuran bakteri pada sterilisasi menggunakan ozon terjadi melalui proses oksidasi langsung. Kekuatan oksidasi ozon dapat merusak membran sel, dinding bagian luar set mikroorganisme (*cell lysis*) dan juga dapat membunuhnya (*nekrosis*) (Anonim, 2005'). Jika ozon kontak dengan bakteri, satu atom oksigen akan melepaskan diri dan mengoksidasi pelindung protein bagian luar yaitu phospholipid dan lipoprotein dari bakteri tersebut, kemudian atom oksigen yang lain akan berubah menjadi gas oksigen (Anonim, 2005'). Bakteri dapat dihancurkan akibat adanya kebocoran pada sitoplasma (Anonim, 2006). Hasil sterilisasi menggunakan ozon dapat dilihat pada tabel I. Dari label tersebut terlihat bahwa pada semua tabung (A, B dan C) positif. Bakteri tetap tumbuh yang ditandai dengan kekeruhan pada media.

Hasil positif dapat terjadi karena pada pelaksanaan sterilisasi, tutup pada tabung berisi bakteri *Bacillus subtilis* yang akan disterilkan tidak dibuka. Hal ini menyebabkan ozon tidak dapat melakukan kontak langsung dengan bakteri, sehingga tidak dapat terjadi oksidasi antara ozon dan membran sel bakteri.

Secara keseluruhan, keempat sterilisator merupakan alat sterilisasi yang sering dipergunakan di dunia kedokteran. Penggunaan sterilisasi metoda panas kering (*infra red*), dan uap panas (otoklaf) merupakan standar yang dipergunakan di rumah sakit-rumah sakit maupun klinik-klinik bedah baik manusia maupun hewan.

Penggunaan larutan kimia alkohol 70% tidak efektif untuk mensterilkan peralatan operasi. Mungkin dibutuhkan waktu perendaman yang lebih lama untuk dapat mendenaturasi protein membran sel bakteri maupun spora bakteri. Penggunaan ozon juga tidak efektif karena peralatan disterilisasi dalam kondisi tertutup, ozon sendiri dalam bekerjanya memerlukan kontak langsung dengan bakteri. Dalam keadaan tertutup, ozon yang merupakan gas dingin, tidak mampu menembus tabung sehingga sterilisasi tidak terjadi.

Berdasarkan hasil dari penelitian ini dapatlah disimpulkan bahwa sterilisator terbaik yang dipergunakan untuk sterilisasi alat operasi adalah *Infra red* (II), kemudian diikuti oleh otoklaf (IV). Sterisasi menggunakan alkohol 70% dan ozon tidak dianjurkan karena keduanya tidak mampu membunuh *Bacillus subtilis* pada jarum.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih disampaikan kepada PT. Janoko Karya, Yogyakarta yang telah menyumbangkan seperangkat mesin Sterilisator Infra Red dan ozon sehingga penelitian ini bisa berjalan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Ananta. 2005. *Biogenetic energy for infrared ray*. <http://www.cantika.com>.
- Anonim. 2001. *Endospora bakteri dan ketahanannya terhadap pengolahan*. <http://www.my.onera.com/henigranger/homes/Files/04.%20Termobakteriologi%2001%20-%20gryftindor29.a#.yahoo.com.doc>.
- Anonim. 2005. *Ozonisasi pengolahan limbah medis*. [http://www.pdii.lipi.go.id/mybox/2/167.1\(1\)2005.html.PHPSES](http://www.pdii.lipi.go.id/mybox/2/167.1(1)2005.html.PHPSES) SID:da58c94F4F0585dgcF2b72935e4492e6.

- Anonim. 2005. Ozone Bacterial and Mold Killing Studies. <http://www.airzone.corn/ozonestudies.html>
- Anonim. 2006. Bacillus subtilis. http://en.wikipedia.org/wiki/Bacillus_subtilis.
- Anonim. 2006. Bacillus. http://microbewiki.kenyon.edu/index.php/Bacillus#_Genome_Structure.
- Dwidjoseputro, D., 1990. *Dasar-dasar Mikrobiologi*. IKAPI. Penerbit Djambatan.
- Gould, D. dan Christine, B. 2003. *Mikrobiologi Terapan untuk Perawat*. Penerbit Buku Kedokteran EGC. Jakarta. hal: 129-131.
- Hamanaka, D., Uchino T., Hu, Yasunaga, E. and Sorour, H.M. 2000. Effect of Infrared Radiation on the Disinfection for Wheat and Soybean, <http://bipren.en.a.u-tokyo.ac.jp/JSAM/english/journal/abstracts/65.2Abstract.htm>. vol 65.
- Kalser, R.A. and Harry, W.S. 1948. *Manual of Veterinary Bacteriology*. The Wilkins Company, Baltimore.
- Margono, T., Suryati, D. dan Hartinah, S. 1993. Buku Panduan Teknologi Pangan, Pusat Informasi Wanita dalam Pembangunan PDII-LIPI bekerjasama dengan Swiss Development Cooperation. <http://warintek.progres-sio.or.id.ttg/pangan/pengawetan.htm>.
- Merchant, I.A. 1956. *Veterinary Bacteriology and Virology*. Iowa State College Press. Iowa.
- Merchant, I.A. and Parker, R.A. 1961. *Laboratory Manual for Veterinary Bacteriology*. Burgess, Publishing Company, Baltimore.
- Naim, R. 2003. *Endospora, Aspek Kesehatan Industri Pangan*. FKH-IPB, Bogor, <http://www.kompas.com/kompas-cetak/0301/27/ipitek/97493.htm>
- Nester, E.W., Denise, G.A. and Evans, R. 2004. *Microbiology a Human Perspective*. Higher Education. pp. 67-69, 113-115.
- Oswari, E. 2000. *Bedah dan Perawatannya*. Fakultas Kedokteran, Universitas Indonesia, Jakarta. hal. 1-3.
- Pelczar, M.J. and Roger, D.R. 1974. *Microbiology*. McGraw-Hill, New York. hal. 175-176.
- Pelczar, M.J. dan Chan, E.C.S. 1988. *Dasar-dasar Mikrobiologi 2*. Penerbit UI Press, Jakarta. hal. 461-467.
- Rismana, E. 2002. Peneliti Muda di P 3 Teknologi Farmasi dan Medika BPPT Jakarta, <http://www.pikiranrakyat.com/cetak/1004/07/cakrawala/lain01.htm>
- Sabiston, D.C. 1992. *Buku Ajar Bedah*. Penerbit Buku Kedokteran EGC. hal. 164-165.
- Susanto, E. 2005. Bio Genetic Energy Far Infrared Rays, <http://www.biofir.com/index.php?topik=biofir&id=susanto>
- Volk, W.A dan Margareth, F.W. 1993. *Mikrobiologi Dasar*. Penerbit Erlangga. Jakarta. hal. 200-207.
- William, C.F. 1958. *Food Microbiology*. McGraw Book Company Inc. New York, hal.150.