

PENGARUH KONSENTRASI CU DALAM CU-ZEOLIT TERHADAP DAYA ANTIBAKTERI PADA *STREPTOCOCCUS MUTANS*

Dyah Irnawati, Purwanto Agustiono, Endi Hanifah Wardhani

Bagian Biomaterial, Fakultas Kedokteran Gigi, Universitas Gadjah Mada
Email: ninnad38@yahoo.com

ABSTRAK

Mikroorganisme yang terdapat di dalam rongga mulut dapat menyebabkan penyakit pada jaringan keras dan lunak rongga mulut. Salah satu mikroorganisme tersebut adalah bakteri *S. mutans* yang menjadi etiologi karies gigi. Tembaga (Cu) merupakan salah satu agen kimiawi untuk mengendalikan pertumbuhan mikroorganisme. Tembaga dapat digabungkan dengan zeolit sebagai material antibakteri. Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh konsentrasi Cu di dalam Cu-zeolit alam terhadap daya antibakteri pada *S. mutans*. Penelitian dilakukan dengan membuat 5 kelompok konsentrasi Cu-zeolit, yaitu kelompok 0,05M, 0,1M, 0,15M, 0,2M, dan 0,25M. Serbuk zeolit 100 mesh diaktivasi pada suhu 200 °C selama 1 jam. Larutan CuCl₂ dengan konsentrasi 0,05M hingga 0,25M dibuat masing-masing dengan volume 80 mL. Cu-zeolit dibuat dengan mereaksikan serbuk zeolit 2 gr dengan larutan CuCl₂ 80 mL selama 1 jam pada suhu 100 °C, kemudian disaring, dicuci, dan dikeringkan dalam oven dengan suhu 100 °C selama 24 jam. Bakteri *S. mutans* (0,1 mL x 10⁸ CFU/mL) ditanam dalam media padat MHA, kemudian Cu-zeolit (30 mg) dimasukkan dalam sumuran pada media agar dan diinkubasi selama 24 jam pada suhu 37 °C (n=5). Diameter zona translusen diukur dengan jangka sorong digital (0,01 mm). Data yang diperoleh dianalisis dengan anava 1 jalur dan HSD dengan taraf signifikansi 0,05. Hasil penelitian menunjukkan rata-rata zona translusen adalah 0 mm (kelompok 0,05M), 16,03 ± 0,47 mm (0,10M), 16,45 ± 0,91 mm (0,15M), 18,08 ± 0,39 mm (0,20M), dan 18,26 ± 0,68 mm (0,25M). Uji anava menunjukkan konsentrasi Cu dalam Cu-zeolit alam 0,10M hingga 0,25M berpengaruh secara bermakna terhadap zona translusen *S. mutans* (p < 0,01). Hasil uji HSD menunjukkan perbedaan bermakna antar semua kelompok, kecuali antara kelompok 0,01M dan 0,15M serta 0,20M dan 0,25M (p > 0,05). Kesimpulan penelitian ini adalah konsentrasi Cu dalam Cu-zeolit alam berpengaruh terhadap daya antibakteri pada *S. mutans*. Konsentrasi Cu 0,01M dalam Cu-zeolit alam telah memiliki daya antibakteri terhadap *S. mutans* dan daya antibakteri tertinggi pada kelompok konsentrasi 0,20M.

Kata kunci : konsentrasi Cu, Cu- zeolit alam, daya antibakteri, *S. mutans*.

ABSTRACT

THE INFLUENCE OF Cu CONCENTRATION ON Cu-ZEOLITE TO ANTIBACTERIAL POWER IN *STREPTOCOCCUS MUTANS*. Microorganisms on the mouth can cause disease on hard and soft muscular of the mouth. One of the microorganisms is a bacteria *S. mutans* which become etiology of dental caries. The copper (Cu) is one of chemical agents to control microorganism growth. The copper could be combined with zeolite as antibacterial materials. This study aimed to know the affect Cu concentration on Cu-Natural zeolite to antibacterial power of *S. mutans*. The study was conducted by making five groups of Cu-Zeolite are 0,05M, 0,1M, 0,15M, 0,2M, and 0,25M. 100 mesh zeolite powder was activated at temperature 200 °C during one hours. CuCl₂ solution with concentration of 0,05 M until 0,25 M are made each with volume of 80 mL. Cu-zeolite made by reacting 2 gram of zeolite powder with 80 ml of CuCl₂ solution for one hours at temperature of 100 °C, then filtered, washed, and dried on the oven at 100 °C during 24 hours. *S. mutans* bacterial (0,1 mL x 10⁸ CFU/mL) were grown in solid media MHA, then Cu-Zeolite (30 mg) was included on pitting at gel media an incubated for 24 hours at temperature 37 °C (n=5). Transulent zone diameter was measured with digital slide-term (0.01 mm). The data were analyzed by anava one stripe and HSH with level signification of 0,05. The result showed an average of translucent zones was 0 mm (0,05 M gropus), 16,03 ± 0,47 mm (0,10M), 16,45 ± 0,91 mm (0,15M), 18,08 ± 0,39 mm (0,20M), and 18,26 ± 0,68 mm (0,25M). Anava test showed Cu concentration on 0,10 M up to 0,25 M of Cu-Natural zeolite was significantly effect on translucent zones of *S. mutans* (p < 0,01). The result of HSD showed a significantly difference among all gropus, except on 0,01 M and 0,15 M, and 0,20 m and 0,25 m (p > 0,05). Conclusion of this study is Cu concentration in Cu-natural zeolite has affected antibacterial power of *S. mutans*. 0,01 M of Cu-concentration in Cu-natural zeolite has an antibacterial power to *S. mutans* and highest antibacterial power was on concentration groups of 0,20M.

Keywords: Cu-concentration, Cu-natural zeolite, antibacterial power, and *S. mutans*

PENDAHULUAN

Di dalam rongga mulut terdapat mikroorganisme atau mikroflora normal yang mempunyai hubungan yang harmonis dengan *host* nya, yaitu gigi, permukaan mukosa, saliva, dan cairan krevikular gingiva. Perubahan hubungan tersebut dapat menyebabkan terjadinya penyakit di dalam rongga mulut. Manifestasi klinis dari ketidakseimbangan hubungan antara mikroflora dan rongga mulut yang paling umum adalah terjadinya karies gigi dan penyakit periodontal (Marsh & Martin, 2000) [1]. Salah satu mikroorganisme rongga mulut yang berhubungan dengan etiologi karies gigi adalah *Streptococcus mutans* (Nolte, 1982) [2].

Mikroorganisme terdapat pada permukaan gigi di dalam plak gigi (Nolte, 1982). Salah satu upaya pencegahan karies gigi dapat dilakukan dengan penggunaan agen antimikrobal untuk mengontrol plak gigi (Marsh & Martin, 2000). Telah dikembangkan pula berbagai material restorasi gigi yang memiliki sifat antibakteri untuk pencegahan karies gigi, misalnya *copper cements*, *silver cements*, *zinc oxide eugenol*, dan *glass ionomer cements* (Combe, 1992; Powers & Sakaguchi, 2006) [3] [4]. Tembaga merupakan salah satu logam berat yang digunakan sebagai agen kimiawi antimikroba. Aktifitas antimikroorganisme suatu bahan dapat dipengaruhi oleh konsentrasi efektif bahan tersebut (Nolte, 1982).

Telah dikembangkan senyawa antibakteri yang terbuat dari paduan logam berat dengan material berpori dan memiliki luas permukaan yang tinggi seperti lempung, zeolit, silica, alumina, dan karbon. Senyawa ini efektif melawan semua jenis mikroorganisme, stabil, dan dapat bekerja pada berbagai pH dan suhu (Jenkins & Gilles, 2001) [5]. Zeolit banyak terdapat di Indonesia, antara lain terdapat di daerah Gunung Kidul dan Kulonprogo Yogyakarta (Harjanto, 1987) [6]. Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh konsentrasi ion Cu dalam Cu-zeolit alam terhadap pertumbuhan *Streptococcus mutans*. Diharapkan hasil penelitian Cu-zeolit alam ini dapat bermanfaat dalam menentukan konsentrasi optimal Cu dalam Cu-zeolit dan dapat diaplikasikan dalam pembuatan material antibakteri di bidang kedokteran gigi.

TINJAUAN PUSTAKA

Salah satu mikroorganisme di dalam rongga mulut adalah *Streptococcus mutans*. Bakteri ini mempunyai sel berbentuk bulat atau lonjong dengan diameter sekitar 1 μ m dan tersusun dalam bentuk rantai atau berpasangan. *Streptococcus mutans* merupakan bakteri gram positif, alfa hemolitik, dan bersifat fakultatif dalam kebutuhan oksigennya. Morfologi *S. mutans* pada media agar mitis salivarius berupa koloni berdiameter 0,1 – 1 mm, keras, seperti *rasberry* dan menonjol setelah diinkubasi selama 24 jam dengan suhu 37°C dalam lingkungan anaerob (Nolte, 1982). *Streptococcus mutans* merupakan bakteri pada plak gigi yang mampu mengubah karbohidrat menjadi asam yang menyebabkan karies gigi (Marsh & Martin, 2000).

Penggunaan agen kimiawi untuk mencegah infeksi telah lama digunakan. Pemaparan mikroorganisme pada agen kimiawi germisid dengan konsentrasi rendah, sedang, dan tinggi akan menghasilkan efek bervariasi. Agen kimiawi harus memiliki sifat : (1) menunjukkan kemampuan membunuh mikroorganisme dalam konsentrasi rendah dalam beberapa menit dan menunjukkan spektrum mikrobial yang luas, (2) larut dan stabil dalam air atau pelarut tanpa kehilangan kemampuan membunuhnya, (3) relatif tidak toksik pada jaringan, (4) menunjukkan kekuatan penetrasi permukaan dan tidak menyatu dengan bahan organik, (5) non korosif dan non *staining*, serta (6) memiliki sifat deterjen dan deodoran (Nolte, 1982).

Logam berat dan senyawanya merupakan salah satu agen kimiawi untuk mengendalikan pertumbuhan mikroorganisme. Beberapa logam berat yang sering digunakan adalah perak (Ag), merkuri (Hg), tembaga (Cu), dan seng (Zn) (Nolte, 1982). Logam Hg dan Pb tidak dapat digunakan sebagai bahan antibakterial karena dalam kadar yang rendah bersifat toksik terhadap manusia (Lin dkk., 2003) [7]. Perak memiliki kelemahan sebagai antibakterial, karena bersifat tidak stabil. Ion Cu mempunyai sifat anti jamur yang tinggi, stabilitas kimia yang baik, dan harga relatif murah (Li dkk., 2002) [8].

Kemampuan logam berat dalam jumlah sedikit, terutama perak dan tembaga, untuk menunjukkan aktivitas antimikroba karena adanya efek oligodinamik Logam berat menunjukkan efek antimikrobal dengan mengkoagulasi protein dan bereaksi dengan

gugus SH (sebagai enzim) dan menginaktivasinya (Nolte, 1982). Pada awal abad 21 dikembangkan senyawa antibakteri yang terbuat dari paduan logam berat dengan material berpori dan memiliki luas permukaan yang tinggi seperti zeolit (Jenkins & Gilles, 2001).

Mineral zeolit terdiri dari zeolit alam dan sintetis. Mineral zeolit sintetis tidak dapat sama persis dengan mineral zeolit alam, walaupun memiliki sifat fisik yang jauh lebih baik. Mineral zeolit alam memiliki beberapa sifat yang menguntungkan dibanding zeolit sintetis (Harjanto, 1987). Mineral zeolit alam bukan merupakan mineral tunggal melainkan sekelompok mineral yang terdiri dari beberapa jenis (spesies) seperti modernit, klinoptilolit, erionit, dan kabasit. Secara mineralogis, zeolit alam merupakan senyawa alumino silikat terdehidrasi dengan unsur utama yang terdiri dari kation alkali dan alkali tanah. Senyawa ini berstruktur tiga dimensi dan mempunyai pori yang dapat diisi oleh molekul air (Suhala & Arifin, 1997) [9]. Ukuran porizeolit adalah 2-8 Å⁰. (Sutarti & Rahmawati, 1994) [10]. Zeolit berstruktur porus yang dapat mengakomodasi kation dengan variasi yang luas, seperti Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ dan kation lainnya. Ion positif ini tidak terikat kuat dan siap dipertukarkan dengan ion lainnya dalam larutan kontak (Suhala & Arifin, 1997).

Zeolit alam di Indonesia mengandung silika-alumina amorf dan kristal mordenit (Tri Sunaryanti, 1996) [11]. Mineral yang sering ditemukan pada zeolit alam di Indonesia adalah klinoptilolit dan mordenit (Eddy, 2004) [12]. Zeolit alam asal Gunungkidul Yogyakarta mengandung jenis mordenit dan klinoptilolit. Zeolit alam tersebut memiliki kapasitas pertukaran ion antara 39,41% sampai 67,84% (kategori moderat), pH 7,3 – 8,3, dan penyerapan air 13,42 – 27,60 % (Idrus dkk, 2008) [13].

Zeolit memiliki sifat dehidrasi, adsorpsi, penukar ion, katalis, dan penyaring atau pemisah. Perlu dilakukan aktivasi dan modifikasi untuk memperoleh zeolit dengan kemampuan daya serap, daya tukar ion, maupun daya katalis yang lebih tinggi. Proses aktivasi zeolit dapat dilakukan secara fisis dengan pemanasan dan secara kimiawi dengan larutan asam atau basa. Proses modifikasi dapat dilakukan dengan cara melapisi zeolit dengan polimer organik (Sutarti & Rahmawati, 1994). Kemampuan zeolit sebagai penukar ion digunakan untuk membuat agen antibakteri, yaitu dengan

menukar kation alkali atau alkali tanah dengan kation yang bersifat antibakteri, misalnya logam berat (Rivera-Garza dkk., 2000) [14]. Kation alkali dalam zeolit dapat bergerak bebas, sehingga dapat terjadi pertukaran ion. Kation alkali dilepaskan dari pori dan dipertukarkan dengan ion logam melalui proses adsorpsi (Soedirman dkk., 2002) [15].

Tahapan yang harus dilakukan agar zeolit alam dapat membawa ion logam berat adalah aktivasi zeolit alam dan reaksi zeolit dengan ion logam berat (Lin dkk., 2003). Aktivasi zeolit alam dengan pemanasan dilakukan pada suhu dan lama yang bervariasi. Zeolit alam yang diaktivasi dengan suhu 200 °C selama 1 jam dan direaksikan dengan Cu memiliki daya anti bakteri yang tinggi terhadap *Staphylococcus aureus* (Andhika dkk., 2007) [16]. Reaksi Cu dengan zeolit pada suhu 100 °C menghasilkan daya hambat terbesar terhadap *Staphylococcus aureus* (Widjijono dkk., 2005) [17].

Perak merupakan logam yang banyak digabungkan dengan zeolit sebagai material antibakteri. Resin semen yang mengandung Ag-Zn zeolit menunjukkan efek antimikrobal yang kuat terhadap *S. mutans* (Qian dkk., 1996) [18]. Aplikasi Ag-zeolit sintetis pada *tissue conditioner* mampu menghambat pertumbuhan *C. albicans* (Nikawa dkk., 1997) [19]. Material tumpatan sementara yang mengandung Ag-Zn-zeolit sintetis mempunyai aktifitas antibakteri yang baik terhadap *S. mutans* dan *S. mitis* (Hotta dkk., 1998) [20]. Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa Cu-zeolit alam dengan konsentrasi 0,1M dapat menghambat pertumbuhan *Escherichia coli* (Li dkk., 2002). Hasil penelitian menunjukkan bahwa Cu-zeolit alam asal Yogyakarta dengan konsentrasi Cu 0,1M hingga 0,2 M mempengaruhi pertumbuhan *Staphylococcus aureus*. Daya antibakteri terbesar pada konsentrasi Cu 0,2M (Inan, 2005) [21].

Aktifitas antibakteri agen kimiawi dipengaruhi oleh beberapa hal, yaitu konsentrasi efektif agen kimiawi, lama pemaparan, temperatur, keasaman, dan adanya kontaminan (Nolte, 1982). Sifat antibakteri material kedokteran gigi dapat diketahui melalui pemeriksaan dengan metode difusi dalam gel dan *survival tests*. Metode difusi dalam gel dapat dilakukan dengan cara menanam suspensi bakteri pada permukaan media agar, kemudian material antibakteri dimasukkan ke dalam sumuran, diaplikasikan di permukaan,

atau diteteskan pada kertas saring yang kemudian diletakkan di atas media agar. Substansi antibakterial akan menghambat pertumbuhan mikroorganisme pada media agar, sehingga terbentuk zona inhibisi yang tampak translusen (Mjor, 1985) [22].

METODA PENELITIAN

Bahan utama dalam penelitian ini adalah serbuk zeolit alam (Zeoprima, Yogyakarta), serbuk $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (Merck, Jerman), media padat *Muller Hinton Agar/ MHA* (CM 337, Amerika), dan media cair *Brain Heart Infusion/BHI* (CM 225, Inggris). Alat utama penelitian adalah oven (Heraeus, Jerman), *magnetic stirrer* 30 x 8 mm (Bel-Art Products, USA), *stir heat* (Limarec 2 Thesnodyne, USA), corong Buchner, inkubator (Memmert, Jerman), dan jangka sorong digital 0,01 mm (Mitutoyo, Jepang).

Seratus gram serbuk zeolit (ukuran 100 mesh) dipanaskan dalam oven pada suhu 200°C selama 1 jam, kemudian didinginkan pada suhu ruang selama 24 jam. Larutan CuCl_2 dengan konsentrasi 0,05M, 0,1M, 0,15M, 0,2M, dan 0,25M, dibuat dengan mencampur serbuk $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (berat sesuai konsentrasi masing-masing kelompok) dengan 80 mL. Selanjutnya serbuk zeolit direaksikan dengan larutan CuCl_2 . Serbuk zeolit dengan berat 2 gr dimasukkan ke dalam labu alas datar dan ditambahkan larutan CuCl_2 dari masing-masing kelompok, kemudian direaksikan pada suhu 100°C selama 1 jam menggunakan *heat magnetic stirrer*. Setelah reaksi selesai, campuran Cu—zeolit didinginkan hingga suhu kamar. Cu-zeolit yang diperoleh disaring dan dicuci dengan akuades menggunakan corong *Buchner* hingga bebas dari ion Cl. Selanjutnya, Cu-zeolit diletakkan dalam pot porselin dan dikeringkan dalam oven dengan suhu 100°C selama 24 jam, kemudian didinginkan hingga suhu kamar. Cu-zeolit setiap kelompok ditimbang dengan berat 30 gram untuk uji terhadap *S. mutans* (n=5).

Koloni *S. mutans* diambil dari media biakan sebanyak 6 koloni memakai ose, kemudian dimasukkan ke dalam 0,5 mL media cair *BHI* dalam tabung reaksi. Bakteri tersebut kemudian diinkubasi selama 24 jam pada suhu 37°C dalam inkubator. Hasil biakan diencerkan dengan media *BHI* hingga mencapai kekeruhan sesuai standar *Brown III* (10^8 CFU/mL). Suspensi *S. mutans* sebanyak 0,1 mL diambil dengan *cotton bud/swab* dan

diolahkan pada permukaan media agar *MHA* dalam piring petri. Selanjutnya, dibuat 5 lubang sumuran pada media agar (diameter 6 mm). Serbuk Cu-zeolit (30 mg) dimasukkan ke dalam lubang sumuran dan ditambahkan akuades steril dengan volume 50 μL . Media agar diinkubasi selama 24 jam pada suhu 37°C . Zona translusen yang terbentuk disekitar lubang sumuran pada media agar *MHA* diukur diameternya memakai jangka sorong digital. Pembacaan hasil pengukuran zona translusen dilakukan menurut cara Levison & Jawetz (1994). Data lebar zona translusen yang diperoleh dianalisis secara statistik dengan analisis varian satu jalur dan uji HSD (taraf signifikansi 0,05).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Telah dilakukan penelitian tentang pengaruh konsentrasi Cu dalam Cu-zeolit alam terhadap pertumbuhan *S. mutans*. Nilai rerata dan deviasi standar zona translusen pada *S. mutans* dapat dilihat pada Tabel 1. Daya antibakteri Cu dalam Cu-zeolit terhadap *S. mutans* baru tampak pada konsentrasi Cu 0,10 M dan menunjukkan kecenderungan peningkatan pada konsentrasi yang lebih tinggi.

Uji anava satu jalur untuk mengetahui pengaruh konsentrasi Cu dalam Cu-zeolit alam terhadap zona translusen pada *S. mutans* dilakukan pada 4 kelompok konsentrasi Cu (0,10M hingga 0,25M) dan hasil rangkumannya dapat dilihat pada Tabel 2. Hasil uji tersebut menunjukkan adanya pengaruh konsentrasi Cu yang bermakna terhadap zona translusen pada *S. mutans* ($p < 0,01$). Hal ini membuktikan bahwa konsentrasi Cu 0,10M hingga 0,25M dalam Cu-zeolit alam berpengaruh terhadap pertumbuhan *S. mutans*. Hasil uji HSD nilai rerata lebar zona translusen pada *S. mutans* menunjukkan adanya perbedaan bermakna ($p < 0,05$) antar sebagian besar kelompok perlakuan (Tabel 3).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa Cu-zeolit dengan konsentrasi Cu 0,05M tidak menunjukkan daya anti bakteri terhadap *S. mutans*. Hal ini diperkirakan karena konsentrasi Cu yang keluar dari dalam zeolit tidak cukup efektif untuk menghambat pertumbuhan *S. mutans*. Konsentrasi efektif agen antibakteri merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi aktivitasnya (Nolte, 1982). Konsentrasi Cu 0,1M dalam Cu-zeolit

hingga 0,25M memiliki daya anti bakteri terhadap *S.mutans*.

Zeolit yang membawa Cu memiliki daya antibakteri melalui 2 mekanisme. Mekanisme pertama adalah *Slow release agent*. Cu zeolit melepaskan kation Cu sedikit demi sedikit, kemudian berinteraksi dengan membran sel bakteri yang bermuatan negatif sehingga mengakibatkan rusaknya dinding sel tersebut. Dapat juga terjadi kation Cu berinteraksi dengan protoplasma sel bakteri membentuk senyawa Cu-proteinat sehingga bakteri tidak dapat melakukan metabolisme sel. Mekanisme kedua, bakteri memasuki pori-pori zeolit kemudian berinteraksi dengan kation Cu. Ion Cu mempunyai kemampuan antibakteri sehingga menyebabkan kematian

bakteri tersebut. (Beveridge dkk., 1989 sit. Dede, 2004) [23]. Dalam penelitian ini, diperkirakan hanya mekanisme *slow release agent* saja yang berperan secara maksimal. Bakteri *S.mutan* memiliki ukuran yang lebih besar dari ukuran pori zeolit, sehingga bakteri tersebut tidak dapat masuk tetapi hanya teradsorpsi pada permukaan zeolit.

Konsentrasi Cu dalam Cu-zeolit tersebut berpengaruh terhadap pertumbuhan *S. mutans*. Konsentrasi Cu yang tinggi memiliki daya anti bakteri yang lebih besar. Adanya muatan positif pada ion Cu dan muatan negatif pada membran sel bakteri akan menyebabkan tarik menarik antara keduanya (Beveridge dkk., 1989 sit. Dede, 2004).

Tabel 1. Rerata dan deviasi standar zona translusen pada *S. mutans* (mm)

Kelompok (Konsentrasi Cu-Zeolit)	Rerata dan Standar Deviasi
A (0,05M)	0,00 ± 0,00
B (0,10M)	16,03 ± 0,47
C (0,15M)	16,45 ± 0,91
D (0,20M)	18,08 ± 0,39
E (0,25M)	18,26 ± 0,68

Tabel 2. Rangkuman anava zona translusen *S. mutans*

Sumber Variasi	Jumlah Kudrat	Derajat Bebas	Rata-rata Kuadrat	F	P
Antar kelompok	19,072	3	6,357	15,218	0,000
Dalam kelompok	6,684	16	0,418		
Total	25,756	19			

Tabel 3. Ringkasan uji HSD zona translusen *S. mutans*

Nilai Rata-rata Kelompok (mm)	Kelompok (Konsentrasi Cu-Zeolit)			
	B (0,10M)	C (0,15M)	D (0,20M)	E (0,25M)
B (0,10M) = 16,03	-	0,422	2,048*	2,226*
C (0,15M) = 16,45	-	-	1,626*	1,804*
D (0,20M) = 18,08	-	-	-	0,178
E (0,25M) = 18,26	-	-	-	-

Keterangan : * = perbedaan bermakna pada p 0,05

Hasil penelitian menunjukkan bahwa Cu-zeolit dengan konsentrasi Cu 0,05M tidak menunjukkan daya anti bakteri terhadap *S. mutans*. Hal ini diperkirakan karena konsentrasi Cu yang keluar dari dalam zeolit tidak cukup efektif untuk menghambat pertumbuhan *S. mutans*. Konsentrasi efektif agen antibakteri merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi aktivitasnya (Nolte, 1982). Konsentrasi Cu 0,1M dalam Cu-zeolit

hingga 0,25M memiliki daya anti bakteri terhadap *S.mutans*.

Zeolit yang membawa Cu memiliki daya antibakteri melalui 2 mekanisme. Mekanisme pertama adalah *Slow release agent*. Cu zeolit melepaskan kation Cu sedikit demi sedikit, kemudian berinteraksi dengan membran sel bakteri yang bermuatan negatif sehingga mengakibatkan rusaknya dinding sel tersebut.

Dapat juga terjadi kation Cu berinteraksi dengan protoplasma sel bakteri membentuk senyawa Cu-proteinat sehingga bakteri tidak dapat melakukan metabolisme sel. Mekanisme kedua, bakteri memasuki pori-pori zeolit kemudian berinteraksi dengan kation Cu. Ion Cu mempunyai kemampuan antibakteri sehingga menyebabkan kematian bakteri tersebut. (Beveridge dkk., 1989 sit. Dede, 2004). Dalam penelitian ini, diperkirakan hanya mekanisme *slow release agent* saja yang berperan secara maksimal. Bakteri *S.mutans* memiliki ukuran yang lebih besar dari ukuran pori zeolit, sehingga bakteri tersebut tidak dapat masuk tetapi hanya teradsorpsi pada permukaan zeolit.

Konsentrasi Cu dalam Cu-zeolit tersebut berpengaruh terhadap pertumbuhan *S. mutans*. Konsentrasi Cu yang tinggi memiliki daya anti bakteri yang lebih besar. Adanya muatan positif pada ion Cu dan muatan negatif pada membran sel bakteri akan menyebabkan tarik menarik antara keduanya (Beveridge dkk., 1989 sit. Dede, 2004). Mekanisme kerja dari logam berat dalam aktivitas antimikroba karena adanya efek oligodinamik. Logam berat menunjukkan efek antimikrobal dengan mengkoagulasi protein dan bereaksi dengan gugus SH (sebagai enzim) dan menginaktivasinya (Nolte, 1982). Banyaknya ion Cu yang terlepas menyebabkan bakteri yang terbunuh semakin banyak, sehingga memperbesar zona translusen atau zona hambat pada *S. mutans*.

Konsentrasi zat antibakteri merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi penghambatan atau pembasmian mikroorganisme oleh bahan antibakteri. Semakin tinggi konsentrasi zat anti bakteri maka semakin banyak bakteri yang mati (Pelczar & Chan, 1988) [24]. Namun demikian, hasil penelitian menunjukkan tidak adanya perbedaan daya anti bakteri yang bermakna antara konsentrasi Cu 0,10M dan 0,15 M serta 0,20 M dan 0,25M.

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai konsentrasi atau jumlah Cu yang ada di dalam zeolit alam. Hal ini akan mempengaruhi jumlah Cu yang lepas atau keluar dari zeolit dan kemampuannya untuk menghambat pertumbuhan mikroorganisme. Selain itu, perlu juga diteliti lebih lanjut mengenai kecepatan pelepasan Cu dari zeolit pada lingkungan dengan konsentrasi mikroorganisme tertentu. Hal ini diperlukan dalam mempertimbangkan lama kontak Cu-zeolit dengan mikroorganisme untuk menghasilkan daya antibakteri yang optimal.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan diketahui bahwa konsentrasi Cu dalam Cu-zeolit alam berpengaruh terhadap daya antibakteri pada *S. mutans*. Konsentrasi Cu 0,01M dalam Cu-zeolit alam telah memiliki daya antibakteri terhadap *S. mutans* dan daya antibakteri tertinggi pada kelompok konsentrasi 0,20M.

DAFTAR PUSTAKA

1. Marsh, P., Martin, MV., 2000, *Oral microbiology*, 4th ed., Butterworth-Heinemann, Oxford, 1-4, 96-100, 153-156.
2. Nolte, WA., 1982, *Oral microbiology*, 4th Ed., The CV Mosby Co., St. Louis, 68-75, 287, 302-305, 523-532.
3. Combe EC., 1992, *Notes on Dental Materials*, 6th ed., Churchill Livingstone, New York, 77-88.
4. Powers, JM., Sakaguchi, RL., 2006, *Craig's Restorative Dental Materials*, 12th Ed., Mosby Elsevier, St.Louis, 162-175.
5. Jenkin, M.R., Gilles, G.C., 2001, *Emerging antimicrobial technology offers broad control of pathogenic microorganism*, <http://www.Apvron.com/pdfs/wep-wb.pdt.>, 20/12/2004.
6. Harjanto, S., 1987, *Lempung, Zeolit, Dolomit & Magnesit*, Pertambangan dan Energi, no.29 (edisi khusus). 108-166, Direktorat Jenderal Geologi dan Sumberdaya Mineral, Departemen Pertambangan dan Energi Republik Indonesia, Jakarta. 108-166.
7. Lin, H., Li, TX., Zong, C., Wang, S., 2003, The preparation and application of the bacteriostatic inorganic materials for environment decontamination, *Proceeding German-Chinese-Polish Symposium Environmental Engineering*, Beijing, 579-589.
8. Li, B., Yu, S., Hwang, JY., Shi, S., 2002, Antimicrobial vermiculit nanomaterial, *J of Mineral and Material Characteristization & Engineering*, 1(1):61-67.
9. Suhala, S., Arifin, M., 1997, *Zeolit*, dalam Suhala & Arifin, Bahan Galian Industri Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral, Bandung, 320-338.

10. Sutarti, M., Rachmawati, M., 1994, *Zeolit Tinjauan Literatur*, Cetakan 1, Pusat dokumentasi dan informasi ilmiah Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Jakarta, 2 – 45.
11. Tri Sunaryanti, W., Shiba, R., Miura, M., Nomura, M., Nishiyama, N., Matsukata, M., 1996, Characterization and modification of Indonesian Natural Zeolite and their properties for hydrocracking of paraffin, *J. Jpn. Petro* 1:20-25 (abstract).
12. Eddy, H., 2004, *Potensi dan pemanfaatan zeolit di Propinsi Jawa Barat dan Banten*, Sumber Daya Mineral, Dirjen Geologi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia.
13. Idrus A, Titisari AD, Sudiyo R, Soekrisno R, 2006, Development of a zeolites-based industry through an integrated study on characterization, quality improvement and utilization as additive fertilizer materials of natural zeolite deposits from Yogyakarta, Indonesia, *Proceeding Final Report Hi-Link Project Research 2006*, 1-14.
14. Riveira-Garza, M., Olquin, MT., Garcia-Sosa, D., Alcantara, D., Rodriguez-Fuentes, G., 2000, Silver supported on natural Mexican zeolite as an antibacterial material, *Microporous and mesoporous materials*, 39:431-444.
15. Soediman, S., Moegiardjo, Pitoatmadja, YD., Nyotohadi, SA, 2002, Penetapan kandungan zeolit serta daya jerap batuan vulkanik dari Bandung, Malang, dan Tulungagung dibanding attapulgit, *Artocarpus*, 2(2):85-96.
16. Andhika, Siti Sunarintyas, Widjijono, 2007, Pengaruh lama aktivasi panas zeolit terhadap daya antimikroba Cu-zeolit pada *Staphylococcus aureus*, *MI Kedokteran Gigi*, 20 (4) : 128-133.
17. Widjijono, Dyah Irnawati, Angga Febriharta, 2005, Korelasi antara suhu reaksi dan daya antibakteri Cu-Zeolit terhadap *Staphylococcus aureus*, *MIKGI, FKG UGM*, 13 : 378-380.
18. Qian, X., Nguyen, TT., Tobia, D., 1996, Antimicrobial and mechanical properties of resin cements containing Silver-Zinc Glass or zeolite, *IADR Abstract*.
19. Nikawa, H., Yamamoto, T., Hamada, T., Rahardjo, MB., Murata, H., Nakanoda, S., 1997, Antifungal effect of zeolite-incorporated tissue conditioner against *Candida albicans* growth and/or acid production, *J. Oral Rehabil*, 24(5):350-7.
20. Hotta, M., Nakajima, H., Yamamoto, K., Aono, M., 1998, Antibacterial temporary filling materials: the effect of adding various ratios of Ag-Zn-zeolite, *J. Oral Rehabil.*, 25(7): 485-9.
21. Inan, C.W., 2005, *Pengaruh konsentrasi Cu pada Cu-zeolit terhadap daya anti bakteri pada Staphylococcus aureus*, Fakultas Kedokteran Gigi UGM, Skripsi.
22. Mjor IA, 1985, *Dental materials: Biological properties and clinical evaluations*, CRC Press Inc., Florida, 58-61.
23. Dede E., 2004, *Cu-Montmorillonit sebagai bahan antibakteri E.coli*, Skripsi Fakultas MIPA UGM, Yogyakarta, hal 38-40.
24. Pelczar, MJ., Chan, EC., 1988, *Dasar-dasar mikrobiologi II*, UI Press, Jakarta 452-458, 480-490.