DISINFEKSI BAKTERI *ESCHERICHIA COLI* MENGGUNAKAN PROSES KAVITASI HIDRODINAMIKA *WATER-JET* DENGAN KOMBINASI KARBON AKTIF DAN ZEOLIT

Dina Isholawati*, Eva Fathul Karamah, Zaenal Abidin Zufri, Alif Nuzulul Hidayat
Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia
Depok 16424, Indonesia.
*Email: dina.isholawati@gmail.com

Abstrak

Karbon aktif dan zeolit sangat banyak kegunaanya terutama dalam hal adsorbsi. Selain kemampuan mengadsorb bahan organik, adsorben ini juga dapat berfungsi sebagai desinfektan. Metode disinfeksi bakteri Escherichia Coli alternative yang potensial salah satunya dengan kavitasi. Kavitasi merupakan fenomena terjadinya pembentukan, pertumbuhan dan hancurnya gelembung mikro dalam cairan. Untuk mengoptimalkan penelitian ini digunakan adsorben karbon aktif dan zeolit dengan variasi dosis adsorben. Laju alir disinfeksi9 liter/menitmenunjukkan hasil yang terbaik untuk disinfeksi bakteri Escherichia Coli. Dosis adsorben terbaik yaitu pada dosis 2 gram/liter baik menggunakan karbon aktif maupun zeolit aktif. Penggunaan adsorben tidak membutuhkan biaya yang mahal dan ramah lingkungan sehingga dapat diaplikasikan dalam kehidupan sehari-hari.Hasil penelitian ini menunjukkan laju disinfeksi menggunakan karbon aktif hasilnya lebih bagus dari pada zeolit aktif.Adsorben dianalisis menggunakan karakterisasi Brunauer-Emmett-Teller (BET) Autosorb sebelum dan setelah disinfeksi, hasil presentase mengecilnya luas permukaan karbon aktif dan zeolit aktif adalah 28 % dan 18%.

***Kata kunci**:Disinfeksi, Escherichia Coli, karbon aktif, kavitasi, zeolit aktif.*

1. PENDAHULUAN

Kavitasi ultrasonik (KU) dan kavitasi hidrodinamika (KH) adalah metode yang sering digunakan dalam proses disinfeksi bakteri. Secara garis besar kavitasi merupakan fenomena terjadinya pembentukan, pertumbuhan dan penghancuran gelembung mikro dalam cairan (Gogate dan Pandit, 2001). KH telah dipelajari untuk tujuan desinfeksi. Save dkk., (1996) pertama kali mengamati gangguan sel ragi menggunakan KH. Menurut beberapa penulis, gangguan effisiensi energi di sel di KH salah satunya dipengaruhi oleh teknik fisik seperti metode pencampuran dan tekanan tinggi (Save dkk., 1996 dan Balasudaram dkk.,2001). Jika dibandingkan, metode kavitasi hidrodinamika lebih murah dibandingkan metode kimia seperti klorinasi atau bahkan ozonisasi (Jyoti dan Pandit , 2001).

Kavitasi bertindak sebagai biosida yang melalui mekanisme kimia (generasi radikal OH (Riezs, 1992) dan mekanisme fisik (gelombang kejut, gradien tekanan, gaya geser, dll (Eiff, 2000). Mekanisme ini dominan tergantung pada jenis kavitasi. Frekuensi rendah cenderung menyebabkan penghancuran gelembung yang lebih besar, gelombang kejut yang kuat dan fase gas reaksi. Namun rendahnya jumlah gelembung yang hancur per satuan waktu mengurangi kecepatan reaksi kimia dan difusi radikal OH, khususnya dalam fase cair (Petrier, 1997). Uap air dapat terurai menjadi radikal OH^- dan H^+ selama penghancuran gelembung. Radikal bebas ini dapat mengoksidasi dan mengurangi molekul dalam uap (Suslick, 1988 dan Suslick,1989). Senyawa dekat dinding gelembung juga akan hancur terkena radikal OH^- dan radikal bebas lainnya yang ada di gelembung. Namun, radikal OH^- adalah oksidator kuat yang mengoksidasi mikroorganisme secara langsung selama kavitasi hidrodinamik telah dilaporkan (Gogate dkk., 2001).

Selain radikal OH^-, kavitasi runtuhnya gelembung juga menghasilkan gelombang kejut, gaya geser yang tinggi, superkritikal air, serta tekanan dan suhu. Hal ini sangat merugikanlingkungan lokal yang dapat menyebabkan pecahnya dinding sel, interferensi dengan respon osmotik, kerugian materidan gangguan sintesis protein (Jyoti dan Pandit , 2004; Vollmer, 1998; Arrojo dkk., 2008; Gogate dkk., 2001).

Penambahan adsorben dapat berpengaruh pada proses kavitasi. Adsorben yang digunakan pada penelitian ini yaitu karbon aktif dan zeolit. Karbon aktif telah diaplikasikan dalam pengolahan air. Hal ini digunakan untuk mengadsorpsi zat organik, padatan tersuspensi dan mengurangi konsentrasi mikroorganisme (Hijnen dkk., 2010)..Semakin banyak bakteri yang teradsorb maka pembentukan biofilm pada karbon aktif semakin tebalakibat gaya adhesi pada jenis karbon aktif (bermuatan positif dan asam). Hal ini lah yang menyebabkan bakteri mati (Van der Mei dkk., 2008).Zeolit adalah kristal

ISBN 978-602-99334-3-7

berporipadatan, mudah diperoleh , stabil , dan murah (Granda, 2006) . Dalam rangka menghasilkan pemisahan sel yang efektif diperlukan beberapa jenis modifikasi permukaan tertentu pada inti material. Selain itu, zeolit sendiri memiliki saringan molekuler, pertukaran ion, dan katalitik fitur (Matsui, 2001; Granda, 2006; Davis, 1992; Nikolakis, 2005).

Penelitian Loraine dkk., (2011) telah terbukti dapat menurunkan jumlah bakteri gram positif dan negatif serta memberikan efisiensi energi hingga 100 kali lebih baik dibandingkan dengan disinfeksi menggunakan kavitasi ultrasonik. Pada penelitian ini akan dilakukan penelitian lanjutan disinfeksi bakteri *Escherichia Coli* dengan menggunakan *water-jet* yang dikombinasikan adsorben karbon aktif dengan macam-macam variasi dosis adsorben karbon aktif dan zeolit aktif karena keduanya mempunyai luas pori yang cukup besar untuk menyerap hasil disinfeksi bakteri.

2. METODOLOGI

Adsorben yang digunakan dalam penelitian ini yaitu karbon aktif dan zeolit yang berasal dari Lampung. Pada tahap awal dilakukan proses aktivasi terhadap zeolit untuk memperluas permukaan. Ukuran karbon aktif dan zeolit disamakan yaitu 2 mm. Pertama zeolit dicuci menggunakan air keran, setelah itu dipanaskan dengan aquadest suhu 100^0C kemudian dioven suhu 60 ^{0}C selama 30 menit. Larutan yang digunakan untuk memanaskan setelah aquadest yaitu HCl, NaOH, NaCl dan NH_4OH. Selanjutnya zeolit dikalsinasi menggunakan oven suhu 400 ^{0}C selama 2 jam.

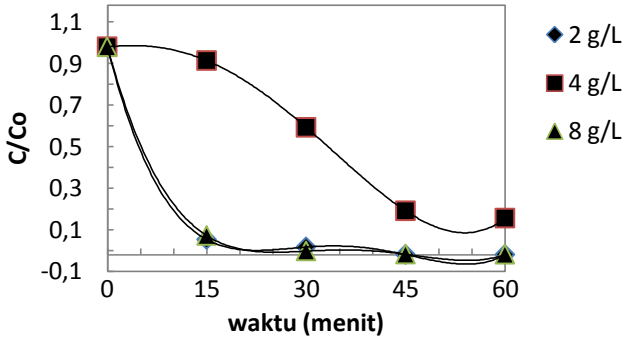
Konsentrasi indukan bakteri awalnya yaitu 1.10^8 CFU/mL sedangkan volume reaktor 3000 mL. Indukan yang dibuat sebanyak 1000 mL sehingga untuk mendapatkan konsentrasi awal untuk disinfeksi 1.10^6 CFU/ mL diambil 30 mL dari sampel 1 Liter.Proses disinfeksi menggunakan laju alir 9 LPM dengan variasi dosis adsorben karbon aktif dan zeolit aktif yaitu 2 gram/ Liter, 4 gram / Liter dan 8 gram / Liter. Penelitian dilakukan selama 60 menit dimana diambil sampel tiap 15 menit sekali.

Perhitungan total bakteri menggunakan analisa *Total Plate Count* (TPC). Metode TPC digunakan untuk menghitung jumlah mikroorganisme yang kandungannya dalam sampel sekitar 30-300 cfu/mL. Adsorben hasil disinfeksi kemudian di analisis menggunakan analisis BET baik karbon aktif maupun zeolit aktif dengan tujuan mengetahui luas permukaan sebelum dilakukan disinfeksi bakteri dan setelah dilakukan disinfeksi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Kombinasi Water Jet dan Karbon Aktif

Pada penelitian ini digunakan laju alir terbaik yaitu 9 liter/menit dengan menggunakan adsorben karbon aktif variasi dosis adsorben seperti yang terlihat pada Gambar 1.

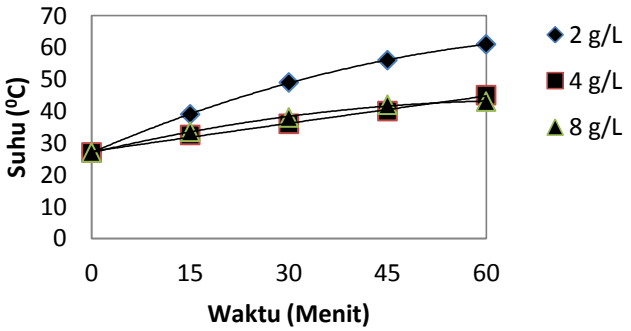


Gambar 1. Disinfeksi Water Jet dengan Adsorben Karbon Aktif

Gambar diatas menunjukkan bahwa saat dosis adsorben 2 gram/liter jumlah bakteri pada menit ke 60 adalah 0. Pada dosis ini pada menit ke 45 bakteri telah habis didisinfeksi. Sedangkan saat dosis adsorben 4 gram/liter dan 8 gram/liter berturut turut jumlahnya 83 CFU/mL dan 100 CFU/mL. Maka proses disinfeksi bakteri paling optimum menggunakan dosis adsorben karbon aktif 2 gram/liter.

Hal ini menunjukkan bahwa penambahan karbon aktif menyebabkan terjadinya proses adsorpsi fisik dimana bakteri *E.coli* terikat lemah pada permukaan adsorben. Apabila kesetimbangan adsorpsi telah tercapai namun proses adsorpsi masih berlangsung, adsorben menjadi jenuh dan melepaskan kembali sejumlah sel *E.coli* ke air. Selain adsorbsi fisik, pengurangan ini dapat diakibatkan karena

efek mekanis, dimana efek mekanis ini merupakan efek yang lebih dominan dibandingkan dengan efek kimia dan efek panas (Mason dkk., 2003). Mekanisme disinfeksi dari efek mekanis ini juga disebabkan oleh beberapa faktor, misalnya tumbukan yang terjadi akibat kecepatan tinggi dari sel yang terlarut pada permukaan dapat merusak dinding sel dari mikroorganisme(Engler dan Robinson, 1981).



Gambar.2 Profil Suhu Selama Disinfeksi

Pada Gambar. 2 dapat terlihat bahwa suhu awal air di tangki sama yaitu 27 ^{o}C. Akan tetapi suhu akhir dari masing- masing dosis adsorben tersebut secara berurutan yaitu 61 ^{o}C, 45 ^{o}C, 43 ^{o}C. Sampel pada saat dosis adsorben 2 gram/liter memiliki suhu paling tinggi karena kombinasi panas yang disebabkan oleh efek mekanis dan efek panas (terbentuknya *local hot spot*) (Gogate dan Kabadi, 2009). Selain itu panas yang ditransfer ke adsorben kecil karena media yang digunakan dalam jumlah sedikit. Suhu optimum bakteri *E. Coli* ini tumbuh yaitu saat 37 ^{o}C.

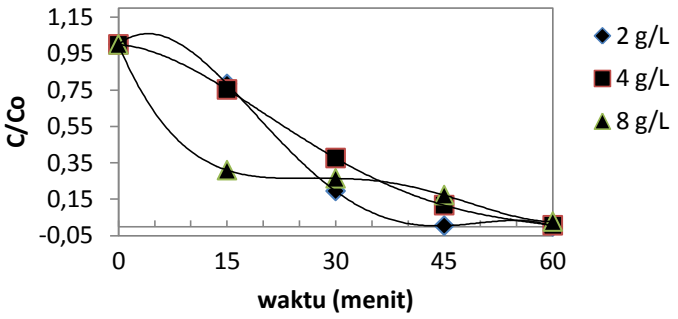
Pada penelitian ini digunakan diameter discharge injektor 4 mm berbahan stainless steel. Diameter discharge ini yang menyebabkan pemisahan boundary layer dan akan membentuk aliran eddie serta resirkulasi yang berbalik arah yang menyebabkan shock wave pada sistem. Akibatnya peningkatan tekanan yang hilang yang menyebabkan *discharge pressure* berkurang secara proporsional. Dengan demikian tekanan fluida sistem lebih kecil dibandingkan diameter yang lainnya sehingga pembentukan gelembung gelembung mikron makin banyak pada diameter yang kecil. Semakin banyak gelembung mikron yang terbentuk dan pecah, maka semakin besar energi yang dihasilkan untuk mendekomposisi air dan menghasilkan radikal OH^{-}.

Penambahan karbon aktif yang dapat meningkatkan laju disinfeksi *E.coli* ini analog dengan laporan beberapa hasil penelitian yang menunjukkan peningkatan laju degradasi senyawa organik dengan kombinasi TiO_2-karbon aktif seperti pada dekomposisi*propyzamide*(Torimoto dkk., 1996) degradasi fenol (Matos dkk., 2001) degradasi methyl orange(Li dkk., 2005) serta dekomposisi toluene (Liu dkk., 2006).

3.2 Kombinasi Water Jet dan Zeolit Aktif

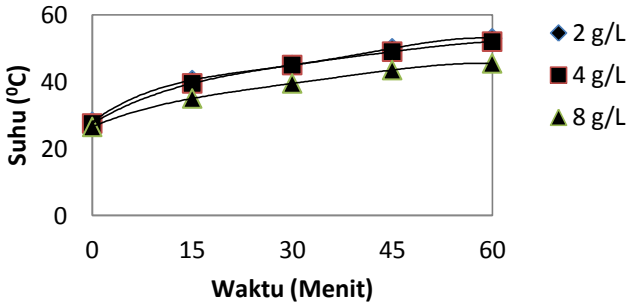
Keaktifan zeolite alam dalam menjerap bakteri dipengaruhi oleh porositas dari zeolit. Semakin tinggi porositasnya maka semakin baik penyerapan bakteri. Pada penelitian ini digunakan adsorben ZAL (Zeolit Aktif Lampung) sebagai penyangga karena struktur kristalnya berpori dan memiliki luas permukaan yang cukup besar, memiliki stabilitas termal yang tinggi, harganya murah serta ketersediaannya cukup melimpah (Handoko, 2002). Pada Gambar. 3 dibawah ini terlihat penurunan konsentrasi bakteri *E.coli* berturut turut pada dosis zeolit aktif 2 gram/liter, 4 gram/liter dan 8 gram/liter adalah 120 CFU/mL, 4750 CFU/mL dan 20500 CFU/mL. Hal ini menunjukkan bahwa dosis optimum zeolit aktif adalah 2 gram/liter.

ISBN 978-602-99334-3-7



Gambar 3. Disinfeksi Water Jet dengan adsorben Zeolit Aktif

Menurut penelitian Costerton dkk., (1999), penurunan dan laju tingkat disinfeksi pada sistem zeolit dengan waktu inkubasi yang lebih lama cenderung dapat terbentuk biofilm bakteri pada permukaan zeolit. Bakteri yang menempel pada suatu permukaan cenderung membentuk agregat dimana sel tersebut saling melekat satu sama lain dan membentuk suatu matriks polimer yang disebut biofilm.

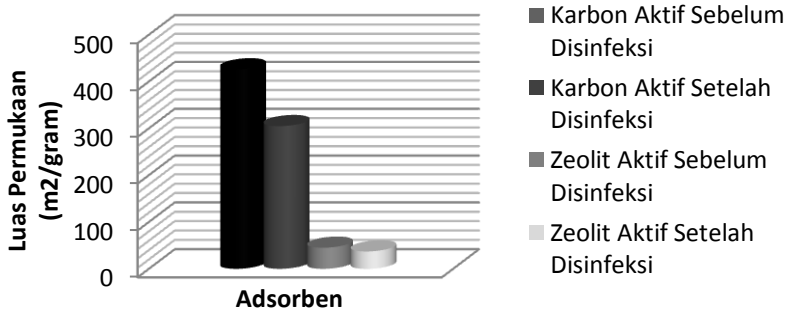


Gambar.4 Profil Suhu Selama Disinfeksi

Berdasarkan Gambar. 4 diatas terlihat bahwa suhu semakin naik dengan bertambahnya waktu disinfeksi. Berdasarkan dosis adsorben 2 gram/liter; 4 gram/liter; 8 gram/liter, perolehan suhu pada menit ke 60 secara berturut-turut adalah 53 ^{o}C; 52 ^{o}C dan 45.5 ^{o}C. Suhu merupakan salah satu faktor penting dalam proses disinfeksi dikarenakan karakteristik dari *E. Coli* yang memiliki daur hidup yang dipengaruhi oleh suhu. *E. Coli* dapat bertahan hingga suhu 60 ^{o}C selama 50 menit atau pada suhu 55 ^{o}C selama 60 ^{o}C menit. Hasil penelitian diatas telah membuktikan bahwa penyebab utama hancurnya *E. Coli* bukan karena suhu.

3.3 Luas Permukaan Karbon Aktif dan Zeolit

Untuk mengetahui berapa besar luas permukaan digunakan analisis BET. Dengan adanya analisis ini diharapkan dapat mengetahui seberapa besar kah peran adsorben dalam proses disinfeksi bakteri.



Gambar 3. Perbandingan Analisis BET Karbon Aktif dan Zeolit

Pada analisa diatas diperoleh luas permukaan karbon aktif sebelum dan setelah disinfeksi masing-masing yaitu 426.178 m^2/gram dan 304.922 m^2/gram. Sedangkan untuk zeolit aktif nilai luas permukaan masing masing sebelum dan setelah didisinfesi yaitu 45.139 m^2/gram dan 37.102 m^2/gram.Zeolit memiliki luas permukaan dibawah 50 m^2/g yang menunjukkan bahwa zeolit alam Lampung yang digunakan tidak tergolong sebagai material porous. Material porous adalah material yang memiliki luas pemukaan besar (>50 m^2/g) dan memiliki banyak pori. Rendahnya luas pemukaan zeolit juga mengindikasikan bahwa dalam pori zeolit masih terdapat banyak pengotor.

Perendaman zeolit dalam larutan HCl menyebabkan terlepasnya alumunium dalam kerangka menjadi alumunium di luar kerangka sehingga rasio Si/Al meningkat. Dengan semakin banyaknya alumunium dalam kerangka zeolit maka makin banyak AlO^{4-}yang terbentuk dan makin banyak dibutuhkan kation untuk menetralkan muatan listriknya. Kation-kation tersebut menimbulkan medan elektrostatik (Muchtar, 2005). Makin rendahnya rasio Si/Al dalam kerangka zeolit (makin banyak alumunium) maka dalam zeolit tersebut timbul gradien medan elektrostatik yang makin besar sehingga molekul-molekul polar akan berinteraksi lebih kuat dengan medan elektronik itu daripada molekul-molekul non polar (senyawa organik) (Handoko, 2002). Bila rasio Si/Al meningkat maka kerapatan kation dan kekuatan medan elektrostatik menurun dan afinitas dari permukaan zeolit bagi adsorbat non polar meningkat sehingga zeolit cenderung memilih molekul-molekul non-polar (senyawa organik) untuk diadsorpsi (Jansen dan Stocker, 2004).

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian uji disinfeksi KH *water jet* pada bakteri *E. Coli* kombinasi karbon aktif dan zeolit dapat diambil kesimpulan antara lain adalah bahwa dosis adsorben terbaik baik karbon aktif maupun zeolit yaitu pada 2 gram/liter dengan laju alir 9 liter/menit dan konsentrasi awal bakteri 1.10^6 CFU/mL.Dari hasil disinfeksi, adsorben terbaik yang digunakan yaitu karbon aktif karena saat dosis 2 gram/liter bakteri mati pada menit ke 45. Sedangkan dengan zeolit aktif pada menit ke 60 jumlah bakteri 120 CFU/mL. Proses kombinasi menggunakan adsorben lebih baik dari pada tanpa adsorben.

DAFTAR PUSTAKA

Balasundaram B, Pandit AB (2001) Selective Release of Invertase by Hydrodynamic Cavitation. *Biochemical Engineering Jurnal*, 8 , pp. 251-256.

Costerton, J. W., Stewart, P.S. & Greenberg, E.P,(1999), Bacterial Biofilms; A Common Cause of Persistent Infections,*American Association for the Advancement of Science*, 21 , 284(5418) pp. 1318-22.

Engler C R, C W Robinson, (1981), Effects of Organism Type and Growth Conditions on Cell Disruption by Impingement. Biotechnology Letters , vol 3, No.2 ,pp. 83-88.

Gogate P R, A M Kabadi, (2009), A Review of Apllications of Cavitations in Biochemical Engineering/ Biotechnology. Biochemical Engineering Journal, Volume 44, Issue 1, pp. 60-72.

Gogate, P.R., dan Pandit A.B., (2000), "Optimization of Hydrodynamic Cavitation Using a Model Reaction", Chemical Engineering Technology, 23 (8), pp. 683-690.

Granda Valdes M, Perez-Cordoves AI, Dıaz-Garcıa , (2006), ME: Zeolites and Zeolite-based Materials in Analytical Chemistry, *Trends Anal Chem*, 25:24-30.

Hijnen, W., Suylen, G., Bahlman, J., Brouwer-Hanzens, A., Medema, G., (2010), GAC Adsorption Filters as Barriers for Viruses, Bacteria and Protozoan (oo) Cysts in Water Treatment. Water Research, 44 (4), pp. 1224-1234.

Hussain, M., Becker, K., Eiff, C.V., Schrenzel, J., Peters, G., and Herrmann, M, (2001), Identification and Characterization of a Novel 38.5-Kilodalton Cell Surface Protein of Staphylococcus Aureus with Extended-Spectrum Binding Activity for Extracellular Matrix and Plasma Proteins, Jurnal Bacteriol,183(23) pp. 6778-6786.

J.C. Jansen and M. Stocker, (1994), Advanced Zeolite Science and Application Studies in Surface Science and Catalysis, Elsevier Science, vol. 85.

Jyoti K.K., Pandit AB, (2001), Water Disinfection by Acoustic and Hydrodynamic Cavitation Biochemical Engineering Jurnal, 7 , pp. 201–212

K. Jyoti, A. Pandit, (2004) , Ozone and Cavitation for Water Disinfection , *Biochemical Engineering Jurnal*, Volume 18 ,Issue 1,pp. 9-19.

ISBN 978-602-99334-3-7

Li, Y., Li, X., Li, J., and Yin, (2005), Photocatalytic Degradation of Methyl Orange in a Sparged Tube Reactor with TiO2-Coated Activated Carbon Composites, *Catalyst Commun*, 6, pp. 650-655.

M. Matsui, Y. Kiyozumi, T. Yamamoto, Y. Mizushina, F. Mizukami, K. Sakaguchi, Chemistry 7 (2001) 1555–1560 Selective Adsorption of Biopolymers on Zeolites. Chemistry - A European Journal. Volume 7, Issue 7, pp. 1555–1560.

M.E. Davis, R.F. Lobo, (1989), Zeolite and Molecular Sieve Synthesis ,Chemical Material, 4 ,pp. 756–768

Mason T J, E Joyce, SS Phull, J P Lorimer, (2003), Potential Uses of Ultrasound in the Biological Decontamination of Water, *Ultrasonics Sonochemistry*,10 , pp. 319–323

Matos, J., Laine, J., and Herrmann, J. M., (2001), Effect of the Type of Activared Carbons on the Photocatalytic Degradation of Aqueous Organic Pollutants by UV-Irradiated Titania,Jurnal Catalyst, 200,pp. 10-20.

P. Gogate, I. Shirgaonkar, M. Sivakumar, P. Senthilkumar, N. Vichare, A. Pandit, (2001), Cavitation Reactor : Efficiency Analysis Using a Model Reaction, AIChE J, 47 , pp. 2326-2338

P. Riesz, T. Kondo, (1992), Free Radical Formation Induced by Ultrasound and Its Biological Implications,*Free Radicals Biology and Medicine*,Jurnal Sonochemistry, 13,pp. 247–270.

Petrier, A. Francony, (1997), Ultrasonik Waste Water Treatment : Incidence of Ultrasonic Frequency On The Rate of Phenol and Carbon Tetrachloride Degradation, *Ultrasonics Sonochemistry*, 4, pp. 295–300.

R. Muchtar,(2005), Penurunan Kandungan Phospat Dalam Air Dengan Zeolit, Jurnal Zeolit Indonesia, 4(1), pp.36-42.

Richter KD, von Eiff C, Overbeck J, Haupt G, Herrmann M, Winckler S, Richter KD, Peters G, Spiegel HU, (2000) , Bactericidal Effect of Extracorporeal Shock Waves on Staphylococcus Aureus, Jurnal Medical Microbiology, 49, pp. 709–712.

S. Arrojo, Y. Benito, A.M. Tarifa,(2008) , A Parametrical Study of Disinfection With Hydrodynamic Cavitation, Ultrasonics Sonochemistry, 15, pp. 903.

S. Handoko, (2002) , Preparasi Katalis Cr/ Zeolit Melalui Modifikasi Zeolit Alam, *Jurnal Ilmu Dasar*, 3(1), pp.15-23.

S.S. Save, A.B. Pandit, J.B. Joshi,(1996), Use of Hydrodynamic Cavitation for Large Scale Microbial Cell Disruption. *Food Bioproduks Processing*, 75,pp. 41–49.

Suslick, K. S, (1989),The Chemical Effects of Ultrasound, Scientific American, (2) 260, pp. 80-86.

Suslick, K. S., ed, (1988), Ultrasound: Its Chemical, Physical, and Biological Effects; VCH Publishers: New York,.

Torimoto, T., Ito, S., Kuwabata, S., dan Yoneyama, H., (1996),Effects of Adsorbents Used as Supports for TiO2 Loading on Photocatalytic Degradation of Propyzamide, *Environent Science Technology*, 30, pp. 1275-1281.

V. Nikolakis, (1996) , Understanding Interactions in Zeolite Colloidal Suspensions: A Review, Current Opinion in Colloid & Interface Science, *Colloid Interf Sci*, 10 ,pp. 203–210.

Van der Mei, H.C., Atema-Smit, J., Jager, D., Langworthy, D.E., Collias, D.I., Mitchell, M.D., Busscher, H.J., (2008), Influence of Adhesion to Activated Carbon Particles on the Viability of Waterborne Pathogenic Bacteria Under Flow, *Biotechnology and Bioengineering*, 100, pp. 810-813.

Vollmer, A.C., S. Kwakye, M. Halpern, and E.C. Everbach, (1998), Bacterial Stress Responses to 1-Megahertz Pulsed Ultrasound in the Presence of Microbubbles,*Applied and Environmental Microbiology* 64 (10), pp. 3927-3931.