

PEMBUATAN KOMPOSIT ARANG AKTIF-ZEOLIT-CMC SEBAGAI BAHAN PENYARING PADA SISTEM PENYEDIAAN AIR MINUM

**Saryati, Sutisna, Rukihati, Wildan Z, Wahyudianingsih, Siti Suprapti,
Sumarjo, Istanto dan Ari Handayani**

*Puslitbang Iptek Bahan (P3IB) - BATAN
Kawasan Puspiptek, Serpong, Tangerang 15314*

ABSTRAK

PEMBUATAN KOMPOSIT ARANG AKTIF-ZEOLIT-CMC SEBAGAI BAHAN PENYARING PADA SISTEM PENYEDIAAN AIR MINUM. Telah dibuat bahan untuk pengolahan air minum dengan sistem catu, komposit arang aktif-zeolit dengan karboksi metil selulosa (CMC) sebagai pengikat. Komposisi komposit yang optimum, yang diukur dari kemampuannya menjerap Fe dan MB (biru metilena), adalah 1 gram arang aktif, 2 gram Mn-zeolit dan 0,1 gram CMC. Dibandingkan dengan komposit arang aktifzeolit - bentonit dan komposit arang aktif-zeolit - kaolin, penjerapan terhadap ion Fe oleh komposit arang aktif-zeolit -CMC adalah rendah. Komposit arang aktif-zeolitCMC telah diaplikasikan dalam pengolahan air sumur dan air kran. Untuk 100 mL air sumur digunakan 1 gram komposit dikocok selama 15 menit dan diamati kandungan Fe, Cd, Pb dan bakteri coli dalam air sebelum dan sesudah perlakuan. Terlihat bahwa komposit tersebut menurunkan kandungan Fe, Cd, Pb dan bakteri *coli* dalam air. Kandungan Cd dan Fe turun 100 %, kandungan Pb turun (47,5-100)%, dan kandungan bakteri *coli* turun dalam skala 10^3 sampai 10^5 .

Kata kunci : Komposit arang aktif-zeolit-CMC, bahan penyaring, air minum

ABSTRACT

PREPARATION OF ACTIVATED CHARCOAL-ZEOLITE -CMC COMPOSITE AS FILTERING MATERIALS IN DRINKING WATER TREATMENT. Activated charcoal -zeolite composite with Carboxy methyl cellulose (CMC) as binding agent has been made as drinking water treatments system. The optimum composition of composite that was determined from Fe and MB (methyl blue) adsorption capacity, was 1 gram activated charcoal, 2 gram Mnzeolite and 0,1 gram CMC. The Fe absorption was slower by using CMC-composite compare to bentonite composite and caoline composite. This CMC-composite has been applicated in source water and tap water. For 100 mL water using 1 gram composite was mixed about 15 minutes and was checked the water contains before and after treatment for Fe, Cd, Pb elements and coli bacteria. The analysis result shows that the composite could reduced significantly of Cd, Pb and Fe and also colli bacteria in the water. It was decreased 100% for Cd and Fe, (47,5 - 100)% for Pb and in orde 10^3 up to 10^5 for coli bacteria.

Key words : Actived charcoal-zeolit-CMC composite, filtering material, drinking water

PENDAHULUAN

Air bersih merupakan sumber kehidupan yang sangat vital bagi manusia sepanjang masa. Seiring dengan laju pertumbuhan industri dan pemukiman, kebutuhan air bersih sebagai air minum terus meningkat, di samping itu pencemaran terhadap air dari berbagai jenis limbah industri, juga meningkat. Sampai saat ini kebutuhan air minum yang memenuhi persyaratan kesehatan belum terpenuhi, sehingga perlu dilakukan usaha peningkatan kualitas air sesuai dengan Peraturan Pemerintah No. 416/Menkes/IX/1990 [1].

Arang aktif dan zeolit telah banyak digunakan dalam industri pengolahan air minum, yang digunakan pada akhir proses pengolahan. Arang aktif merupakan arang yang telah diaktifkan sehingga memperbesar luas

permukaannya dengan cara membuka pori-pori yang tertutup, sehingga kapasitas adsorpsinya menjadi besar. Arang aktif dapat menghilangkan bau, warna dan rasa yang tidak enak, akibat adanya bahan organik, khlorin dan produk klorinasi, radon, bakteri, virus, dan gas di dalam air [2-11].

Dalam pendistribusian air bersih biasa digunakan pipa yang terbuat dari logam, yang bisa mengalami korosi, sehingga ada kemungkinan air bersih yang sampai ke rumah-rumah mengandung pengotor yang berasal dari hasil korosi pipa, seperti Fe. Di samping itu ada kemungkinan air bersih tersebut juga mengandung beberapa produk samping dari khlorinasi (yang dimaksudkan sebagai disinfektan) seperti sisa Cl_2 . Air

hujan kemungkinan mengandung radon dari alam serta logam-logam berat sebagai akibat polusi udara. Air sumur ada yang payau atau berbau belerang serta kelebihan mineral Fe dan Mn, bergantung pada kondisi tanah dimana sumur tersebut berada.

Zeolit merupakan senyawa aluminosilikat hidrat yang mengandung beberapa logam alkali dan alkali tanah, mempunyai rumus empiris $Mn_2O \cdot Al_2O_3 \cdot X SiO_2 \cdot Y H_2O$. Di samping dapat digunakan sebagai adsorben, zeolit juga dapat sebagai penukar ion. Zeolit dapat dimodifikasi dengan menempelkan ion Mn(VII) ke dalam rongga struktur zeolit sehingga meningkatkan potensi zeolit dalam mengabsorpsi ion Fe(III) dan mampu berlaku sebagai disinfektan [12].

Setiap jenis sistem penyediaan air minum dirancang spesifik untuk pengolahan air dengan masalah yang spesifik pula. Tidak ada suatu sistem pengolahan air yang dapat digunakan untuk mengolah segala jenis air dengan segala permasalahannya.

Pada penelitian terdahulu [13], telah dipelajari penggunaan komposit tawas- arang aktif- zeolit dalam penyediaan air minum dengan bahan dasar air keruh (air sungai) dengan teknologi yang sederhana, yang merupakan proses penyediaan air minum secara catu dengan volume air yang relatif kecil, yang merupakan kombinasi beberapa prosedur pemurnian air (koagulasi, flokulasi pengendapan, penukaran ion, penyerapan, penyaringan) digabung menjadi satu .

Berdasarkan kemampuan arang aktif dan zeolit, maka dipelajari pembuatan dan penggunaan komposit arang aktif-zeolit untuk penyediaan air minum dengan bahan dasar air yang sudah jernih, seperti air kran, air sumur, dan air hujan. Untuk itu diperlukan komposit arang aktif-zeolit yang kuat, supaya dalam penggunaannya komposit tersebut tidak menambah kekeruhan air yang diolah. Untuk itu diperlukan pengikat (*binder*) yang kuat. Penggunaan kaolin dan bentonit sebagai *binder* telah dipelajari [14,15]. Penggunaan *binder* ini memerlukan pemanasan, minimum 500 °C, yang menyebabkan perubahan Mn(VII) menjadi Mn(IV) yang tidak efektif lagi untuk disinfektan. Oleh sebab itu digunakan karboksi metil selulosa (CMC) sebagai *binder*, yang penggunaannya tidak memerlukan pemanasan, sehingga diharapkan fungsi disinfektan dari zeolit yang telah dimodifikasi dengan Mn(VII) masih berfungsi baik. Unjuk kerja komposit ini dilihat dari kemampuannya menyerap ion-ion logam diwakili dengan ion Fe dan kemampuan penyerapan bahan organik diwakili dengan biru metilena (MB), serta kemampuan penghilangan bakteri coli dari dalam air tersebut.

METODE PERCOBAAN

Bahan

Arang aktif, zeolit, bentonit, kaolin, amonium karbonat, mangan klorida, kalium permanganat.

Alat

Turbidimeter, pH meter, SEM-EDX, Spektrofotometer UV-Vis, dan perangkat peralatan voltametri dengan elektroda kerja air raksa gantung (HMDE), Elektroda pembanding Ag-AgCl/KCl dan Elektroda pembantu kawat platina.

Pembuatan Komposit dengan Variasi Pengikat

Komposit arang aktif, zeolit dan pengikat CMC dibuat dengan variasi perbandingan bobot, ditambahkan sedikit air, kemudian dibentuk bulat-bulat kecil dengan tangan. Untuk 3 gram campuran zeolit dan arang aktif (2:1) dibuat sekitar 60 buah bulatan kecil. Setelah itu dipanaskan dalam tungku pada suhu 75°C selama 2 jam.

Karakterisasi Komposit Arang Aktif dan Zeolit

Untuk melihat pori-pori komposit digunakan SEM-EDX. dan untuk mengetahui kekeruhan digunakan turbidimeter.

Kemampuan menjerap ion Fe: Ke dalam 25 mL larutan Fe(111) 500 ppb ditambahkan 0,25 gram komposit, kemudian dikocok-kocok selama 5 menit, selanjutnya kandungan Fe dalam air ditentukan dengan teknik adsorpsi *stripping* voltametri [20].

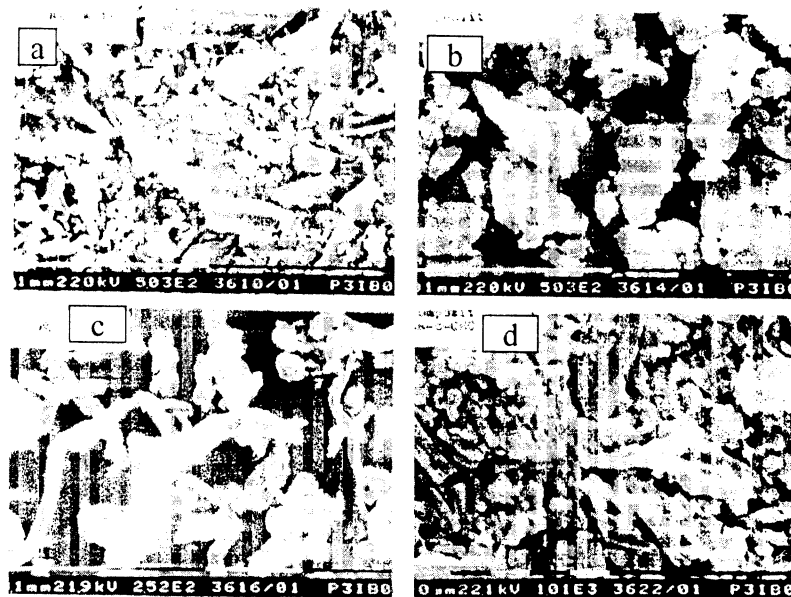
Kemampuan menyerap bahan organik Ke dalam 25 mL larutan MB 50 ppm ditambahkan 0,25 gram komposit, kemudian dikocok-kocok selama 5 menit, kemudian diamati perubahan warna air ditentukan dengan Spektrofotometer UV-Vis [16]

HASIL DAN PEMBAHASAN

Carboxymetyl cellulose (CMC), nama dagang dari *sodium cellulose glycolate* dengan rumus molekul $RnOCH_2COONa$, adalah turunan dari selulosa yang dalam industri makanan digunakan sebagai penstabil. Mengingat CMC mempunyai sifat mengembang dan lengket bila kena air, maka diharapkan dapat mengikat karbon aktif dan zeolit dengan kuat. Pada penelitian sebelumnya CMC telah digunakan sebagai flokulan primer dalam pemurnian air [4].

Pada awal penelitian dilakukan pembuatan komposit dengan mencampur arang aktif 1 gram - zeolit 2 gram dan CMC dengan variasi bobot dari 0,06 gram sampai dengan 0,12 gram dengan sedikit air. Dibuat bulatan-bulatan kecil sedemikian rupa sehingga dalam 1 gram komposit terdiri dari kira-kira 20 buah. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa komposit yang menggunakan CMC. lebih kecil dari 0,08 gram, apabila dimasukkan ke dalam air akan hancur, sedangkan komposit yang menggunakan CMC minimum 0,08 gram, tahan dalam air sampai beberapa hari. Untuk penelitian selanjutnya digunakan CMC minimum 0,08 gram per 3 gram campuran arang aktif-zeolit.

Gambar 1 menunjukkan bentuk butiran arang aktif, zeolit dan CMC yang dipergunakan dengan perbesaran



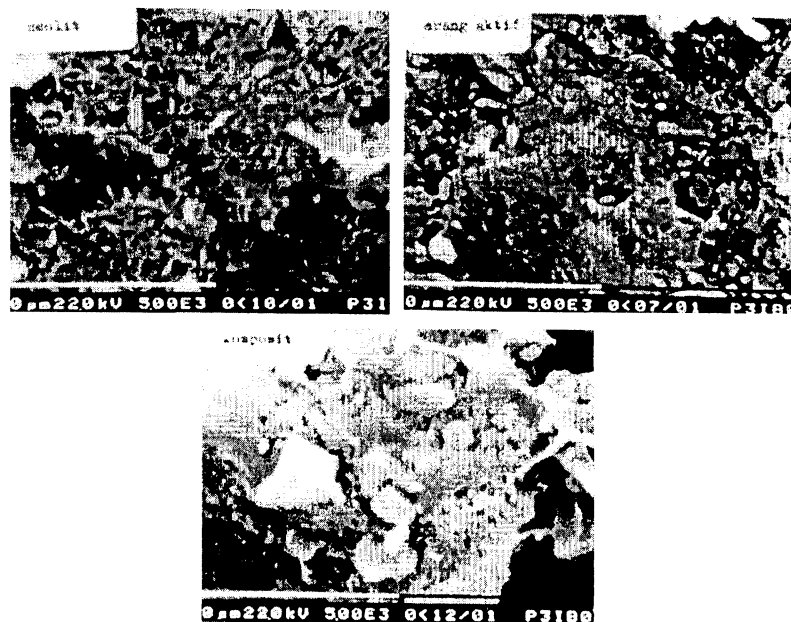
Gambar 1. Bentuk butiran arang aktif (a), zeolit (b), CMC (c), dan komposit arang aktif zeolit dengan pengikat CMC (d), dengan perbesaran 1 000 kali.

1000 kali serta campuran dari ketiganya di dalam bentuk komposit. Bentuk butiran arang aktif dan zeolit bervariasi tidak beraturan (a,b) dan bentuk CMC panjang-panjang (c). Di dalam komposit, bentuk arang aktif dan zeolit masih terlihat seperti aslinya, yang diikat oleh CMC (d). Adanya potongan-potongan kecil dari CMC tersebar di permukaan zeolit/arang.

Untuk melihat CMC menutup pori-pori arang aktif dan zeolit, yang akan mengurangi kemampuan fungsi adsorpsinya maka dilakukan foto mikro dari bahan tersebut dengan perbesaran 5000 kali, seperti ditunjukkan pada Gambar 2. Pori-pori dalam arang aktif dan zeolit

terlihat lebih banyak dari kompositnya yang diikat dengan CMC. Artinya CMC menutup sebagian pori-pori dari komposit. Hal ini diperkuat dalam aplikasi terhadap kemampuan komposit mengabsorpsi ion Fe di dalam air, dapat dilihat pada Tabel 1.

Dari Tabel 1 terlihat bahwa penggunaan CMC 0,08 - 0,11 gram per 3 gram komposit arang aktif-zeolit mempunyai kemampuan absorpsi Fe dalam air yang hampir sama, sedangkan pada penggunaan CMC 0,12 gram kemampuan adsorpsi Fe lebih kecil. Hal ini mungkin disebabkan pori-pori yang tertutup CMC relatif lebih banyak. Sementara itu kemampuan adsorpsi MB dalam



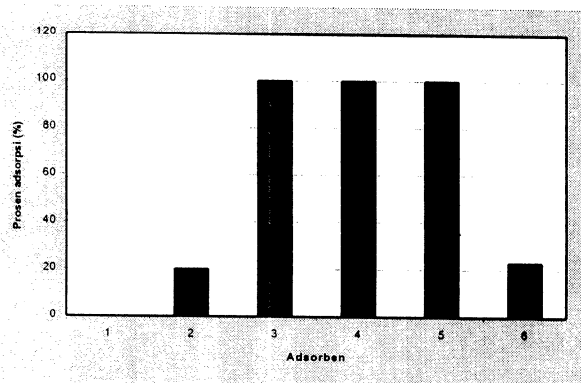
Gambar 2. Pori-pori mikro dalam arang aktif, zeolit dan komposit arang aktif zeolit dengan binder CMC dengan perbesaran 5000 kali

Tabel 1. Pengaruh CMC pada konsentrasi Fe 3+ dan MB dalam air karena perlakuan dengan komposit. Digunakan 1 gram komposit untuk 100 mL larutan dengan waktu kontak 5 menit.

| Bobot CMC (gram) | Konsentrasi setelah perlakuan dengan komposit dengan variasi bobot CMC | | | |
|------------------|--|---------------|----------|---------------|
| | Fe (ppb) | % adsorpsi Fe | MB (ppm) | % adsorpsi MB |
| Awal | 485,91 | - | 50 | - |
| 0,08 | 197,0 | 59,6 | 37,8 | 24,3 |
| 0,09 | 200,9 | 58,7 | 37,6 | 24,8 |
| 0,10 | 181,5 | 62,6 | 36,5 | 27,0 |
| 0,11 | 203,7 | 58,1 | 37,8 | 24,4 |
| 0,12 | 258,3 | 46,8 | 37,3 | 25,5 |

air, dalam semua komposisi yang digunakan mempunyai kemampuan hampir sama. Sebagai pembanding arang aktif dapat mengadsorpsi MB sampai 63 % [16]. Jadi komposit ini mempunyai daya serap terhadap bahan organik jauh lebih kecil dari pada arang aktif. Untuk selanjutnya digunakan 0,1 gram CMC per 3 gram komposit arang aktif-zeolit.

Seperti telah diketahui dari berbagai pustaka [2-11], arang aktif tidak efektif untuk menghilangkan ion-ion anorganik seperti Fe, tetapi sangat baik untuk menghilangkan bahan organik seperti warna dan bau. Dari Tabel 2 dapat dilihat bahwa semakin banyak zeolit yang digunakan dalam komposit, kemampuan adsorpsi Fe semakin besar, tetapi kemampuan adsorpsi MO makin kecil. Kemampuan adsorpsi Fe tertinggi pada nisbah arang aktif-zeolit 1:5, tetapi pada nisbah tersebut kemampuan menyerap MO paling kecil. Nisbah arang aktif-zeolit 1:1 dan 1:2 mempunyai kemampuan adsorpsi Fe dan MO hampir sama. Oleh karena itu, untuk menjaga kemampuan adsorpsi terhadap bau dan warna dan juga penyerapan ion-ion logam, komposit mengandung zeolit sebanyak paling sedikit sama dengan arang aktif dan paling banyak dua kali arang aktif. Untuk penelitian selanjutnya digunakan nisbah arang aktif zeolit 1:2.



Gambar 3. Prosen adsorpsi Fe dalam air dari beberapa adsorben : 1=Arang aktif [17], 2=Zeolit alam [16], 3=Zeolit terimpregnasi dengan Mn [12,19], 4=Komposit arang aktif zeolit dengan pengikat bentonit [14,15], 5=komposit arang aktif-zeolit dengan pengikat kaolin [14,15] dan 6=komposit arang aktif-zeolit dengan pengikat CMC.

Tabel 2. Pengaruh Perbandingan arang aktif- zeolit pada penurunan konsentrasi Fe 3+ dan MB dalam air karena perlakuan dengan komposit. Berat komposit 1 gram untuk 100 ml larutan.

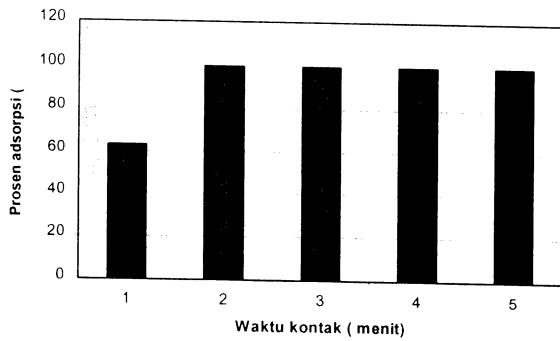
| | Konsentrasi awal | Konsentrasi setelah perlakuan dengan komposit dengan variasi perbandingan arang aktif-zeolit | | | | |
|---------------|------------------|--|---------|-------|--------|-------|
| | | 1 : 0,2 | 1 : 0,5 | 1 : 1 | 1 : 2 | 1 : 5 |
| Fe (ppb) | 485,91 | 297,1 | 209,8 | 182,2 | 181,53 | 169,2 |
| % absorpsi Fe | | 38,86 | 56,82 | 62,50 | 62,64 | 65,18 |
| MB (ppm) | 50 | 32,59 | 36,52 | 35,98 | 36,55 | 40,17 |
| % absorpsi Mo | | 34,82 | 26,96 | 28,04 | 26,90 | 19,66 |

Gambar 3 menunjukkan perbandingan kemampuan absorpsi komposit arang aktif-zeolit dengan pengikat yang berbeda serta bahan penyusun komposit tersebut (arang aktif, zeolit). Terlihat bahwa arang aktif tidak dapat menyerap Fe [17], sedangkan zeolit alam mempunyai kemampuan penyerapan Fe kecil (20%) [18]. Zeolit yang telah dimodifikasi dengan Mn mempunyai kemampuan yang besar (100%) [12,19], demikian pula komposit yang dibuat dari zeolit tersebut dengan pengikat bentonit maupun kaolin [14,15]. Tetapi komposit yang dibuat dengan pengikat CMC kemampuan absorpsi Fe turun lagi menjadi 60%. Ini membuktikan bahwa CMC (Gambar 2), menutupi sebagian pori-pori komposit sehingga mempengaruhi proses penyerapan, walaupun besarnya CMC yang digunakan dalam komposit pada daerah 0,08 g sampai 0,11 g absorpsinya hampir sama. Pengikat bentonit maupun kaolin tidak seperti pengikat CMC, yaitu tidak menurunkan kemampuan penyerapan terhadap Fe, karena kaolin maupun bentonit seperti halnya zeolit, mempunyai pori-pori yang juga bisa digunakan sebagai penyerap di samping sebagai penukar ion.

Kemampuan adsorpsi komposit-CMC yang terlihat kecil pada Gambar 3 diperoleh dari waktu kontak komposit-air 5 menit. Terlihat bahwa arang aktif tidak dapat menyerap Fe, zeolit alam mempunyai kemampuan menyerap Fe sangat kecil (20%), zeolit yang telah diimpregnasi dengan Mn, komposit arang aktif-zeolit baik yang diikat dengan bentonit maupun kaolin mampu menyerap Fe 100%, sedangkan komposit arang aktif-zeolit yang diikat dengan CMC hanya mampu menyerap Fe 60 % dalam waktu 5 menit. Khusus untuk komposit aktif-zeolit yang diikat dengan CMC, apabila waktu kontak diperpanjang sampai 15 menit atau lebih, maka kemampuan absorpsi komposit tersebut juga tinggi (100%), seperti komposit bentonit maupun kaolin (Gambar 4)

Dalam penelitian ini konsentrasi serapan jenuh semua komposit belum dipelajari. Walaupun demikian dari data-data tersebut di atas, dapat disimpulkan bahwa kecepatan absorpsi ion oleh komposit-CMC lebih lambat dibandingkan dengan komposit-kaolin maupun komposit bentonit.

Komposit-CMC telah diaplikasikan dalam pengolahan air sumur dan air kran. Kandungan Cd, Pb,

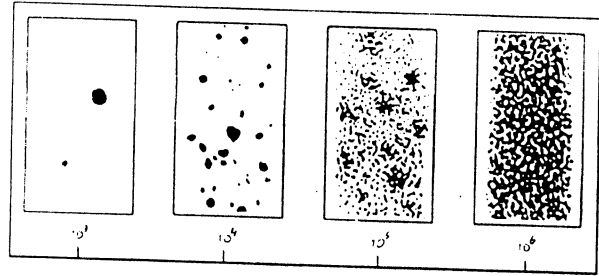


Gambar 4. Pengaruh waktu kontak komposit - air terhadap prosen absorpsi Fe dalam air dengan adsorben komposit arang aktif-zeolit-CMC.

Fe dan bakteri coli ditentukan sebelum dan sesudah perlakuan dengan komposit.

Penentuan kandungan Cd dan Pb dalam air dilakukan secara anodik *stripping* voltametri, sedangkan Fe secara adsorpsi *stripping* voltametri dengan pengompleks solokhrom violet RS. Batas deteksi metode voltametri tersebut adalah masing-masing 0,5 ppb untuk Cd dan Pb serta 5 ppb untuk Fe [20]. Karena keterbatasan peralatan, bakteri coli dievaluasi secara semikuantitatif menggunakan *dip slide*. Dengan *dip slide* dapat diperkirakan dengan cepat adanya bakteri coli berdasarkan bercak-bercak pertumbuhan bakteri yang tergambar pada permukaannya. Gambar 5 adalah gambaran bercak pertumbuhan bakteri coli di permukaan *dip slide*, sebagai skala perbandingan dalam pengamatan bakteri.

Dalam Gambar 6 terlihat bahwa kandungan Cd, Pb, dan Fe dalam air sebelum diproses dengan komposit-CMC melebihi konsentrasi maksimum yang diizinkan dalam air minum, yaitu 5 ppb, 50 ppb, dan 30 ppb masing-masing untuk Cd, Pb dan Fe[1]. Setelah diproses dengan



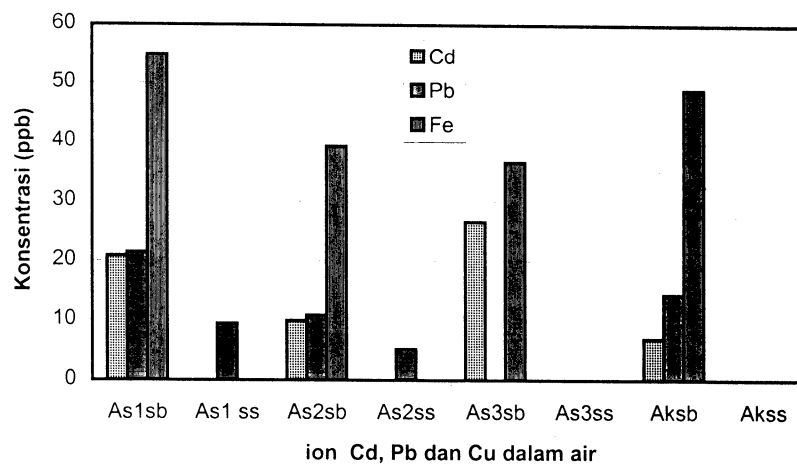
Gambar 5. Skala perbandingan pertumbuhan bakteri pada *dip slide* [21]

komposit, dalam air sumur 1 dan 2 masih ada sisa Pb yang tertinggal dalam air, namun konsentrasi ion-ion pada umumnya jauh dibawah konsentrasi yang diizinkan, bahkan untuk Cd dan Fe tidak terdeteksi (di bawah batas deteksi).

Kandungan bakteri coli (Tabel 3) sebelum proses umumnya sangat tinggi, dalam skala ($10^3 - 10^6$), tetapi setelah proses kandungan bakteri tersebut sangat berkurang, bahkan beberapa sudah tidak terdeteksi adanya bakteri. Besarnya penurunan bakteri sekitar 10^3-10^5 . Kemampuan penurunan bakteri ini sama seperti pada penelitian terdahulu [13,19].

KESIMPULAN

1. Komposisi komposit arang aktif-zeolit-CMC yang optimum adalah 1 gram arang aktif, 2 gram zeolit dan 0,1 gram CMC.
2. Kemampuan absorpsi ion Fe komposit arang aktif-zeolit dengan perekat CMC lebih rendah bila dibandingkan dengan komposit arang aktif-zeolit dengan perekat kaolin atau bentonit.
3. Komposit arang aktif-zeolit-CMC dapat menurunkan kandungan ion-ion Cd, Pb, Fe dan bakteri coli dalam air. Kandungan Cd dan Fe turun 100 %, sedangkan



Gambar 6. Kandungan ion Cd, Pb, Fe dalam air sumur (As) dan air kran (Ak) sebelum (sb) dan sesudah (ss) diproses dengan komposit (1 gram/100 ml air) selama 15 menit..

- untuk Pb turun (47,5 - 100)%. Besarnya penurunan bakteri coli sekitar dalam skala 10^3 - 10^5 .
4. Komposit arang aktif-zeolit-CMC yang telah dibuat dapat digunakan sebagai penyaring pada sistem penyediaan air minum dengan bahan baku air yang sudah jernih seperti air sumur dan air kran.

Tabel 3. Kandungan bakteri coli dalam air sebelum dan sesudah di proses dengan komposit selama 15 menit berdasarkan hasil pengamatan semikuantitatif dengan dip slide.

| Sampel | Sebelum proses | Sesudah proses |
|-------------|----------------|----------------|
| Air sumur 1 | ttd | ttd |
| | 10^4 | ttd |
| | 10^5 | 10 |
| Air sumur 2 | 10^5 | ttd |
| | 10^5 | 10 |
| | 10^6 | 10^3 |
| Air sumur 3 | 10^5 | 10^2 |
| | 10^6 | 10 |
| | 10^4 | ttd |
| Air kran | 10^3 | ttd |
| | ttd | ttd |
| | 10^3 | ttd |

ttd=tidak terdeteksi.

DAFTAR ACUAN

- [1]. WISNU AR, *Dampak Pencemaran Lingkungan*, Andi Offset (1995)
- [2]. SAWYER Jr, EDGAR W, *Water purification*, US Patent No 4.166.828, September (1989).
- [3]. KINIGHT, *Charcoal water strainer*, US Patent No 4.798.672, Januari (1989).
- [4]. LAMENS DORF, *Water purification*, US Patent No. 5.687.475, Oktober (1997).
- [5]. DOANE JOI-INSON ISSUE, *Water filtration. Drinking water contamination*, The Family Handyman Magazine, Desember (1998).
- [6]. WILDMAN JOE and FRANK DERBYSHIRE, *Origens and Functions of macroporosity in activated carbons from coal and wood precursors*, Fuel, **70**, (1991).
- [7]. SAHRANIK, RUDOLF, BARBER, BRUCE, *Water treatment composition*, US Patent No 5.719.100 Februari (1998).
- [8]. KEMMER F.N, *The Nalco Water Handbook*, McGraw Hill-New York (1979)
- [9]. PONTIUS F.W, *Water Quality and treatment*, McGraw Hill-Book Inc, New York 4^{edd} (1990)
- [10]. A NO NAME, *Water treatment Information. Drinking Water Problem*, [http://www. Water treatment org.uk.html](http://www.Water treatment org.uk.html).
- [11]. LINDA WAGNET AND ANN LEMLY, *Activated Carbon Treatment of Drinking Water*, Water treadment NOTES, Comel Cooperative Extention, New York State College of Human Ecology (1995).
- [12]. ERNA B, *Studi adsorpsi ion-ion dalam air dengan komposit MnZeolit -Arang aktif*, Skripsi Jurusan Kimia, FMIPA-UNJ (2003)
- [13]. SARYATI, SUTISNA, SUMARDJO, WILDAN, WAHYUDIANINGSIH DAN SITI SUPRAPTI, *Komposit Tawas Arang aktif zeolit untuk memperbaiki kualitas air*, JUSAMI **4** (1), (2002)
- [14]. PARYANTI ATIK BUDI, *Pembuatan komposit zeolit - arang aktif-bentonit dan pemanfaatannya sebagai adsorben logam berat dalam medium air*, Skripsi Jurusan Kimia, FMIPA-UNJ (2003)
- [15]. FADHILAH, *Penentuan komposisi komposit MnZeolit- arang aktif~ kaolin yang optimum untuk proses pemurnian air payau*, Skripsi Jurusan Kimia, FMIPA-UNJ
- [16]. WARDIYATI SITI, *Pemanfaatan Zeolit alam untuk pemurnian air minum*, Laporan penelitian P31B (2000)
- [17]. WAGIYO H., H. ARI, MAULANA, *Analisis permukaan Arang Aaktif dari batu bara Kalimantan*, Hasil-Hasil Penelitian PPSM 1992-1995.
- [18]. SARYATI, SUMARDJO, H.ARI, WILDAN DAN SITI SUPRAPTI, *Karakterisasi arang pasaran untuk pemurniaan air*, JUSAMI **3** (1), (2001)
- [19]. SUTISNA, SARYATI, BAMBANG SUGENG, M. IHSAN, SITI WARDIYATI, INSTANTO, HUSEN dan SALEH H, *Penerapan arang aktif dan zeolit untuk sistem pemurnian air*, Prosiding Pertemuan Ilmiah Iptek Bahan '2, Puspipstek (2002).
- [20]. SARYATI, RUKIHATI, DESWITA, SUPARDI, SUMARDJO, *Penentuan Cu(II), Cd(II), Pb(II), Cr(VI), Zn(II), Fe(III) dan AL(II) dalam air dengan metoda voltametri*, Prosiding Sem. Nas. Kimia dalam industri dan lingkungan, JASAKIAI (1996).
- [21]. OXOID, *Dip Slide for Industrial Use*, Oxoid Limited, Wade Road, England.