

KUALITAS FISIK DAN KIMIA AIR PAM DI JAKARTA, BOGOR, TANGERANG, BEKASI TAHUN 1999 – 2001

Mariana Raini, Ani Isnawati, Kurniati *

Abstract

Drinking water quality of PAM in Jakarta, Bogor, Tangerang and Bekasi between the year of 1999 – 2001 has been studied. Water quality was determined by a series of physical and chemical test at Chemical Laboratory Pusat Penelitian dan Pengembangan Farmasi dan Obat Tradisional as stated in Permenkes no.416/Menkes/Per/IX/1990 on condition and water quality control including smell, color, turbidity, contents of manganese, iron, nitrite, sulphate, organic substance, turbidity, hardness and pH.

Total sampling was done on all drinking water samples from DKI Jakarta, Bogor, Tangerang and Bekasi delivered to be tested at Pusat Penelitian dan Pengembangan Farmasi dan Obat Tradisional between 1999-2001 and distilled water as control.

Result of the study from 431 drinking water samples shows that samples that met the requirements as drinking water is 91,65% and 8,35% sub standard, most of the the sub standard drinking water is cause by the contents of manganese (4,41%), iron (2,09%), organic substance (1,62%), chloride (0,93%) and high water hardness (0,23%) as well as pH (3,15%), turbidity (1,86%) and colors (1,62%)

Statistically, the water quality of PAM in Jakarta, Bogor, Tangerang and Bekasi at 1999, 2000 and 2001 is not different.

Key word : *water quality of PAM, drinking water, physical test, chemical test.*

Pendahuluan

Air merupakan sumber daya alam yang sangat penting dalam kehidupan manusia dan digunakan masyarakat untuk berbagai kegiatan sehari-hari, termasuk kegiatan pertanian, perikanan, peternakan, industri, pertambangan, rekreasi, olah raga dan sebagainya.

Dewasa ini, masalah utama sumber daya air meliputi kuantitas air yang sudah tidak mampu memenuhi kebutuhan manusia yang terus meningkat dan kualitas air untuk keperluan domestik terus menurun khususnya untuk air minum. Hal ini terutama disebabkan karena kerusakan lingkungan. Mulai dari perambahan hutan, pengalihan fungsi lahan hijau yang merupakan daerah tangkapan air dan lahan pertanian menjadi pemukiman, kegiatan industri dan kegiatan lain yang berdampak negatif terhadap sumber daya air, antara lain menyebabkan penurunan kualitas air.^{1,2}

Penurunan kualitas air tanah ini menyebabkan banyak masyarakat terutama di Jabotabek yang beralih menggunakan air PAM untuk minum maupun keperluan lainnya. Meskipun demikian Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) masih belum mampu melayani kebutuhan air bersih untuk seluruh masyarakat. Sebagai contoh di daerah Tangerang PDAM baru dapat melayani 21,92 % penduduk.³

Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) dalam penyediaan air bersih mempunyai misi 3 K yaitu : 1) cukup tersedia dalam jumlah/kuantitas, 2) dan memenuhi syarat dalam kualitas, 3) serta terjamin kontinuitasnya. Sejauh ini masih dirasakan bahwa sebagian besar PDAM belum mampu memenuhi kebutuhan air bersih kepada masyarakat baik ditinjau dari aspek kuantitas terutama distribusi air pada saat pemakaian bersamaan (jam puncak) maupun kualitas air yang didistribusikan, masih sering ditemukan kualitas yang tidak memenuhi syarat kualitas yang telah

* Puslitbang Farmasi, Badan Litbangkes

ditetapkan Departemen Kesehatan/WHO ditinjau dari aspek fisika maupun kimiawi apalagi ditinjau dari aspek bakteriologis.⁴

Air baku sebagai sumber air yang digunakan PAM terdiri dari air tanah dalam, mata air, dan sungai. Air tanah dalam dan mata air biasanya berkualitas baik dan hanya memerlukan pengolahan sederhana untuk dapat digunakan sebagai air minum yang memenuhi syarat, sedangkan air permukaan biasanya memerlukan pengolahan lengkap agar dapat mencapai standar fisika, kimia maupun bakteriologis dari air minum.^{5,6}

Kualitas air permukaan juga bergantung pada topografi tempat sumber berada dan musim. Di daerah perbukitan kapur seperti Gunung Kidul ditemukan kesadahan tinggi, di daerah pantai seperti Pekalongan selain kesadahan tinggi juga ditemukan kandungan garam yang tinggi, sedangkan di daerah pasang surut dan daerah rawa yang dikenal sebagai daerah gambut ditemukan tanah lempung organik yang mengandung zat besi aluminium sulfat. Di daerah hutan tertentu, air berwarna dengan lumpur sedikit, sedangkan daerah dataran rendah air banyak lumpurnya. Pada musim hujan biasanya air lebih banyak lumpur tetapi lebih sedikit kandungan senyawa kimia pencemar dibandingkan dengan musim kemarau.^{1,7}

Sumber air baku yang digunakan oleh PAM DKI saat ini berasal dari sungai antara lain sungai Ciliwung, Krukut, Pesanggrahan, Saluran Sekunder Bekasi Tengah serta Banjir Kanal². Sedangkan sumber air baku PAM Depok berasal dari sungai Ciliwung dan mata air Ciburial, Tangerang berasal dari sungai Cisadane dan sumur pompa yang berasal dari tanah dalam, Bekasi berasal dari waduk Jatiluhur yang dialirkan melalui Sungai Kalimalang.

Di Indonesia sebagai akibat penggunaan air minum yang tidak memenuhi syarat kesehatan, tiap tahun diperkirakan lebih dari 3,5 juta anak di bawah usia tiga tahun terserang penyakit saluran pencernaan dan diare dengan jumlah kematian 3% atau 105.000 jiwa.² Adanya senyawa kimia berbahaya yang terlarut dalam air dapat berakibat fatal jika kadarnya sangat berlebih atau bila hanya sedikit berlebih pada penggunaan jangka panjang mungkin tertimbun dan menimbulkan efek merugikan kesehatan. Konsumsi nitrit secara berlebihan dapat mengakibatkan: - terganggunya proses pengikatan oksigen oleh hemoglobin darah sehingga menimbulkan *methaemoglobinaemia* terutama pada bayi (bayi biru), - gangguan pada saluran pencernaan seperti diare, konvulsi, syok,

koma sampai meninggal. Mineral besi dapat menimbulkan warna kuning pada air, memberi rasa tidak enak pada minuman, pertumbuhan bakteri besi dan kekeruhan, keracunan kronis mangan dapat memberi gejala gangguan susunan syaraf: insomnia, kemudian lemah pada kaki, otot muka seperti beku sehingga tampak seperti topeng, bila terpapar terus akan terjadi gangguan dalam bicara, monoton, hiper refleks, clonus pada platella dan tumit, berjalan seperti penderita Parkinsonism. Sulfat dalam jumlah besar dapat bereaksi dengan natrium dan magnesium sehingga dapat menimbulkan iritasi pada saluran pencernaan. PH air yang lebih kecil dari 6,5 menimbulkan rasa tidak enak dan dapat menyebabkan beberapa bahan kimia menjadi racun yang mengganggu kesehatan, pH tinggi dapat mengganggu pencernaan.^{6,7,8}

Dalam rangka meningkatkan derajat kesehatan masyarakat, perlu dilaksanakan pengawasan kualitas air minum yang dikonsumsi oleh masyarakat, sehingga masyarakat terhindar dari gangguan kesehatan yang tidak diinginkan. Standar kualitas air minum di Indonesia telah ditetapkan melalui Peraturan Menteri Kesehatan RI nomor 416/Menkes/Per/IX/1990 tentang syarat-syarat dan pengawasan kualitas air⁹ dan diperbaharui dengan Keputusan Menteri Kesehatan RI No. 907/Menkes/SK/VII/2002 tentang syarat-syarat dan pengawasan kualitas air minum.¹⁰ Penelitian ini masih menggunakan Permenkes nomor 416 tetapi batasan kadar bahan kimia pada air minum dalam peraturan tersebut sama dengan Permenkes nomor 907. Dalam peraturan tersebut air minum harus memenuhi persyaratan kesehatan. Syarat kesehatan yang dimaksud meliputi persyaratan bakteriologis, kimia, radio aktif dan fisik.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui gambaran kualitas fisik dan kimia air PAM DKI – Jakarta, Bogor (Depok), Tangerang dan Bekasi. Pada penelitian ini dilakukan pemeriksaan fisik dan kimia air PAM dari wilayah DKI Jakarta, Bogor (Depok), Tangerang dan Bekasi yang diajukan masyarakat untuk diperiksa di laboratorium Kimia Pusat Penelitian dan Pengembangan Farmasi dan Obat Tradisional tahun 1999 – 2001.

Bahan dan Cara

Penelitian ini merupakan evaluasi terhadap hasil pemeriksaan sampel air PAM yang diajukan masyarakat untuk diperiksa di laboratorium Kimia

Pusat Penelitian dan Pengembangan Farmasi dan Obat Tradisional tahun 1999–2001. Pemeriksaan dilakukan menurut Peraturan Menteri Kesehatan no. 416/Menkes/Per/IX/1990. Akan tetapi karena keterbatasan alat, maka Pusat Penelitian dan Pengembangan Farmasi dan Obat Tradisional tidak melakukan semua pemeriksaan kimia seperti yang tercantum dalam Permenkes tersebut. Pemeriksaan fisik meliputi bau, warna (pemeriksaan organoleptik) dan kekeruhan (turbidimetri). Pemeriksaan kimia yang dilakukan adalah pemeriksaan kandungan sulfat secara turbidimetri, besi, mangan, nitrit secara kolorimetri menggunakan tabung Nessler, kesadahan, klorida dan zat organik secara titrasi serta pengukuran pH dengan pH meter. Pernyataan memenuhi syarat air minum dan tidak memenuhi syarat air minum yang dimaksud disini meliputi kandungan-kandungan kimia dalam air yang diukur sesuai dengan batasan yang diberikan oleh Permenkes tersebut.

Pengambilan sampel dilakukan secara sensus dari semua sampel air PAM yang diajukan oleh masyarakat pada Laboratorium Kimia Puslitbang Farmasi dan Obat Tradisional untuk diperiksa kualitas fisik dan kimianya.

Selama tahun 1999 – 2001, jumlah sampel air PAM terbanyak berasal dari wilayah Jakarta Utara (52,67%), kemudian diikuti oleh wilayah Bekasi (18,33%). Jakarta Utara merupakan daerah dekat pantai sehingga pada umumnya penduduk menggunakan air PAM untuk air minum maupun keperluan rumah tangga.

Hasil pemeriksaan fisik dan kimia sampel air PAM dapat diketahui pada tabel 2.

Hasil dan Pembahasan

Jumlah sampel air PAM dari wilayah DKI Jakarta, Bogor (semuanya dari Depok), Tangerang dan Bekasi dalam tahun 1999 – 2001 sebanyak 431 sampel.

Jumlah asal sampel air yang diajukan masyarakat untuk diperiksa di Laboratorium Kimia Puslitbang Farmasi dalam tahun 1999-2000 dapat diketahui pada tabel 1.

Dari hasil pemeriksaan fisik dan kimia, air PAM yang tidak memenuhi syarat air minum paling banyak disebabkan karena kadar mangan (4,41%), kemudian diikuti dengan kadar besi (2,09%) dan kekeruhan (1,86%).

Salah satu kondisi geologis yang mempengaruhi kualitas air secara kimia adalah adanya unsur besi dan mangan yang berlebihan dalam lapisan tanah tempat sumber air berada. Air hujan yang meresap ke dalam tanah pada saat melewati lapisan humus, kandungan oksigen di dalamnya dikonsumsi oleh bakteri-bakteri penghancur bahan organik menjadi humus. Proses respirasi mikroorganisme dan mineralisasi bahan organik menghasilkan CO₂. Semakin dalam tanah yang dilalui air, kandungan CO₂ semakin tinggi, sebaliknya kandungan O₂ pada air tanah anaerobik menjadi nol. Kondisi ini akan menaikkan kelarutan Fe²⁺ dan Mn²⁺ dalam air tanah sehingga mengakibatkan meningkatnya kandungan besi dan mangan dalam air.⁷ Air dapat mengalir dari suatu saluran air bawah tanah (akifer) ke sungai atau sebaliknya bergantung dari perbandingan relatif tinggi permukaan air bawah tanah dan sungai. Jika tinggi permukaan air sungai (water level) lebih rendah maka air akan mengalir ke sungai dan sebaliknya, sehingga sungai sebagai air baku PAM mungkin mengandung kadar mineral yang tinggi. Kadar besi pada perairan alami berkisar antara 0,05-0,2 mg/l, pada air tanah dalam dengan kadar oksigen rendah dapat mencapai 100 mg/l, mangan pada perairan air tawar bervariasi antara 0,002 mg/l hingga lebih dari 4,0 mg/l.⁷

Hasil pemeriksaan fisik dan kimia dari sampel air PAM menurut wilayah dapat diketahui pada tabel 3. Dari tabel 3 diketahui bahwa Jakarta Utara merupakan wilayah yang paling banyak jumlah sampelnya yaitu 227 sampel (52,67%), tapi juga menunjukkan paling banyak sampel yang tidak memenuhi syarat air minum (5,10%) diikuti oleh Jakarta Pusat (1,16%).

Hasil pemeriksaan air PAM berdasarkan tahun pemeriksaan dapat diketahui pada tabel 4.

Secara umum sampel air PAM yang diperiksa di Laboratorium Kimia Puslitbang Farmasi pada tahun 1999-2001 berkualitas baik, dengan rata-rata 91,65%. Persentasi kualitas air PAM yang tertinggi pada tahun 1999 (93,08%) sedikit menurun pada tahun 2000 dan tahun 2001. Meskipun demikian penurunan kualitas air PAM pada tahun 1999, 2000 dan 2001 secara statistik tidak bermakna (P=0,173). Sehingga persentasi kualitas air PAM DKI dari tahun 1999 hingga tahun 2001 mempunyai kecenderungan sama.

Persentasi kualitas air PAM khususnya DKI, semakin baik jika dibandingkan dengan kualitas air PAM DKI pada tahun 1991-1992.² Kualitas air PAM DKI pada tahun 1991-1992 yang memenuhi syarat air minum adalah 75,6% dan yang tidak memenuhi syarat adalah 24,4%. Air PAM yang tidak memenuhi syarat tersebut umumnya disebabkan oleh kekeruhan (8,9%), mangan (8,9%), besi (6,7%) dan nitrit (6,7%). Penyebab penurunan kualitas ini hampir sama

dengan air PAM Jabotabek pada tahun 2000-2001, hanya persentasinya mengalami penurunan yaitu mangan (4,41%), besi (2,09%) dan kekeruhan (1,86%), sedangkan untuk nitrit mengalami perbaikan yaitu nol. Peningkatan kualitas ini mungkin disebabkan karena adanya perbaikan dari PDAM dalam mengolah air baku. PDAM telah melakukan beberapa proses pengendapan, penggumpalan dan penyaringan

Tabel 1. Asal Tempat Pengambilan Sampel Air PAM

No.	Asal sampel	Tahun						Jumlah	
		1999		2000		2001			
		N	%	N	%	N	%	N	%
1.	Jakarta Pusat	10	7,69	13	8,61	21	14	44	10,21
2.	Jakarta Barat	1	0,77	2	1,32	3	2	6	1,39
3.	Jakarta Timur	5	3,85	8	5,30	10	6,67	23	5,34
4.	Jakarta Utara	85	65,38	70	46,36	72	48	227	52,67
5.	Jakarta Selatan	2	1,54	5	3,31	10	6,67	17	3,95
6.	Bekasi	25	19,23	33	21,85	21	14	79	18,33
7.	Depok	-	-	3	1,99	-	-	3	0,70
8.	Tangerang	2	1,54	17	11,26	13	8,67	32	7,42
	Jumlah	132	100	151	100	150	100	431	100

Tabel 2. Hasil Pemeriksaan Fisik dan Kimia Sampel Air PAM di wilayah DKI Jakarta, Bogor, Tangerang dan Bekasi tahun 1999-2001

No.	Parameter	Satuan	Kadar Maksimal	Memenuhi Syarat Air Minum		Tidak Memenuhi Syarat Air Minum	
				N	%	N	%
1	Fisika						
	Bau			431	100	-	-
2	Kekeruhan	Skala TCU	15	423	98,14	8	1,86
3	Warna	Skala TCU	5	424	98,38	7	1,62
	Kimia						
4	Besi	mg/l	0,3	422	97,91	9	2,09
5	Kesadahan	mg/l	500	430	99,77	1	0,23
6	Klorida	mg/l	250	427	99,07	4	0,93
7	Mangan	mg/l	0,1	412	95,59	19	4,41
8	Nitrit	mg/l	1/3*	431	100	-	-
9	pH		6,5-8,5	431	100	-	-
10	Sulfat	mg/l	250	431	100	-	-
11	Zat organik/ KMnO4	mg/l	10	424	98,38	7	1,62
	Kesimpulan			395	91,65	36	8,35

Keterangan : * Menurut Permenkes nomor 907/Menkes/SK/VII/2002



Tabel 3. Hasil Pemeriksaan Fisika, Kimia Contoh Air PAM yang Tidak Memenuhi Syarat Air Minum Berdasarkan Wilayah

No	Wilayah	Tak memenuhi syarat															
		Kekeruhan		Warna		Besi		Kesadahan		Klorida		Mangan		Zat Organik		Kesimpulan	
		N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
1.	Jak-Pus	1	0,23	1	0,23	1	0,23					4	0,93	1	0,23	5	1,16
2.	Jak-Bar												0,23			1	0,23
3.	Jak-Tim											1	0,46			2	0,45
4.	Jak-Ut	7	1,62	6	1,39	6	1,40	1	0,23	4	0,93		1,86	5	1,16	22	5,10
5.	Jak-Sel											2	0,46			2	0,46
6.	Bekasi											8	0,46			2	0,46
7.	Depok											2				1	0,23
8.	Tangerang					2	0,46					2		1	0,23	2	0,46
	Total	8	1,85	7	1,62	9	2,09	1	0,23	4	0,93	19	4,41	7	1,62	36	8,35

Tabel 4. Hasil Pemeriksaan Air PAM Berdasarkan Tahun Pemeriksaan

No	Tahun	Memenuhi syarat Air Minum		Tak Memenuhi Syarat Air Minum	
		N	%	N	%
1.	1999	121	93,08	9	6,92
2.	2000	138	91,39	13	8,61
3.	2001	136	90,67	14	9,33
4.	Jumlah	395	91,65	36	8,35

dengan menggunakan tawas (alum), PAC (Poli Aluminium Chlorida), kaporit, karbon aktif, kapur, gas Cl₂,¹¹ untuk menghilangkan kekeruhan, menjernihkan air, mengurangi bakteri, mengatur pH, mengurangi kandungan kimia berlebih seperti besi dan mangan. Proses penyaringan dan pengendapan ini dapat memperbaiki kualitas air seperti pada penelitian yang dilakukan oleh Dinas Kesehatan Sumatera Utara, penyaringan dengan kerikil, pasir dan ijuk mampu memperbaiki kualitas fisik seperti warna dari 225 TCU menjadi 5 TCU, kekeruhan dari 70 NTU menjadi 2 NTU dan menurunkan kadar mangan dari 1,4 mg/l menjadi 0 dan besi dari 6,4 mg/l menjadi 0,12 serta kandungan bakteri kelompok umum dari 250 menjadi 30, kelompok koli dari 30 menjadi 15.⁶ Proses aerasi dan penyaringan pasir juga dapat mengurangi kadar besi, mangan dan zat kimia terlarut seperti penelitian yang dilakukan oleh Sharma dkk.^{6,12}

Kualitas air PAM di Jabotabek tahun 1999-2001 relevan dibandingkan dengan dengan

air PAM DKI tahun 1991-1992 karena berasal dari sumber yang sama. Sumber PDAM DKI Jakarta berasal dari sungai Ciliwung, Krukut, Pesanggrahan, Saluran Sekunder Bekasi Tengah serta Banjir Kanal, mata air Ciburial, sungai Cisadane, Sungai Kalimantan dan sumur-sumur dalam yang dikelola oleh PDAM.^{2,5}

Kesimpulan

1. Wilayah Jakarta Utara (52,67%) merupakan jumlah asal sampel air yang terbanyak, diikuti dengan wilayah Bekasi (18,33%).
2. Secara umum kualitas fisik dan kimia, air PAM pada 5 wilayah Jakarta, Depok, Tangerang dan Bekasi, baik (91,65%), hanya 8,35% yang tidak memenuhi syarat sebagai air minum.
3. Air PAM yang tidak memenuhi syarat secara fisik disebabkan kekeruhan (1,86%) dan warna (1,62%). Secara kimia disebabkan karena kadar mangan (4,41%),

besi (2,09%) dan zat organik (1,62%) yang tidak memenuhi syarat.

4. Wilayah Jakarta Utara merupakan wilayah asal sampel air PAM yang tidak memenuhi syarat terbanyak (5,10%) diikuti Jakarta Pusat (1,16%).
5. Hasil pemeriksaan air PAM yang memenuhi syarat air minum pada tahun 1999 adalah 93,08%, tahun 2000 adalah 91,39% dan tahun 2001 adalah 90,67%. Persentasi hasil pemeriksaan air PAM ini mempunyai kecenderungan yang sama dari tahun 1999 hingga tahun 2001.

Saran

Disarankan untuk melakukan penelitian kualitas fisik air PAM dengan mengambil sampel pada sumber air PAM sebelum didistribusikan dan pada tiap wilayah, juga pada musim penghujan dan kemarau, sehingga dapat lebih menggambarkan kualitas fisik dan kimia air PAM.

Contoh air yang diperiksa di Lab. Kimia Puslitbang Farmasi dan Obat Tradisional dalam tahun 1999 – 2001, paling banyak berasal dari daerah Jakarta Utara.

Secara umum contoh air PAM yang diperiksa di Lab. Kimia Puslitbang Farmasi dalam tahun 1999 – 2001 berkualitas baik. Contoh air yang secara fisik dan kimia memenuhi syarat sebagai air minum 88,98%, sedangkan yang tidak memenuhi syarat sebagai air minum 11,01%. Contoh air yang tidak memenuhi syarat sebagai air minum pada umumnya disebabkan oleh kadar mangan (4,49%), besi (2,25%), kekeruhan (1,8%) zat organik (1,57%) yang tinggi, pH (3,15%) yang tidak memenuhi syarat. Ada beberapa contoh air yang tidak memenuhi syarat sebagai air minum disebabkan karena beberapa kandungan kimia sekaligus yang tidak memenuhi syarat seperti kekeruhan, warna, besi dan mangan.

Hasil pemeriksaan fisik dan kimia air PAM jika dilihat berdasarkan tahun pemeriksaan menunjukkan air PAM yang memenuhi syarat sebagai air minum antar tahun tidak berbeda bermakna.

Kepustakaan

1., "Musim Hujan Kebanjiran Kemarau Krisis Air. Kapan Akan Berakhir?", *Air Minum*; 99 Oktober 2003; 4-5
2. Mariana Raini, MJ Herman, Nella Utama, *Kualitas Fisik dan Kimia Air PAM DKI Jakarta tahun 1991 – 2001*, Cermin Dunia Kedokteran, 100, April 1995:50-52
3., *Warga Konsumsi Air tak Layak*, *Republika*, 14 Mei 2004, hal.3
4. Abrianto, *Fenomena PDAM sebagai Layanan Publik*, *Air Minum*; 99 Oktober, 2003; 32.
5. Direktorat Jenderal PPM dan PLP, *Departemen Kesehatan RI, Pelatihan Penyehatan Air*, 1995.
6. Direktorat Jenderal PPM dan PLP, *Departemen Kesehatan RI. Materi Pelatihan dan Pengawasan Kualitas Air dan Lingkungan Untuk Mendukung Pendekatan Partisipatori*, 2000, 112-115
7. Heni Efendi, *Telaah Kualitas Air*, Kanisius, Yogyakarta, 2003, 89, 152-153, 166-167.
8. www/Drinking Water.Com/, Stewart J.C., Lemley A.T, Weismiller R.A., *Drinking Water standards and Health Effects*.
9. *Departemen Kesehatan RI, Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 416/Menkes/IX/1990 tentang syarat-syarat dan pengawasan kualitas air minum*, *Berita Negara RI*, 1990.
10. *Departemen Kesehatan RI, Keputusan Menteri Kesehatan RI No. 907/Menkes/VII/2002 tentang Syarat-syarat dan Pengawasan Kualitas Air Minum*.
11. *Perpamsi, Direktori 2000*, Jakarta 2000, 117-118, 124, 143-144.
12. Sharma S.K., Sebawo C., Petrushevki B., Schippers J.C., *Effect of groundwater quality on adsorptive iron removal*, *Journal of Water Supply : Research and Technology-AQUA*, 2002, 51(4), 199-216.