

PENGGUNAAN KAPUR TOHOR (CaO) DALAM PENURUNAN KADAR LOGAM Fe DAN Mn PADA LIMBAH CAIR PEWARNAAN ULANG JEANS KABUPATEN MAGELANG TAHUN 2017

Neni Saswita, Sulistiyani, Onny Setiani

Fakultas Kesehatan Masyarakat

Universitas Diponegoro

Email: nenisaswita@gmail.com

Abstract : *The industry of recoloring jeans used pigment in the process of fabrication produces liquid waste containing Fe that was 23.90 mg/l, Mn is 35.18 mg/l that exceeded the threshold according to Central Java Provincial Regulation No. 5 of 2012 about Waste Water Quality Standard for Fe that was 5 mg/l and Mn was 2 mg/l. Waste water that was not in accordance with the quality standard can cause environmental damage and health. The usage of calcium oxide with coagulation-flocculation method is one of the technologies used to decrease the liquid waste metal content. The purpose of this research was to know the use of calcium oxide to decrease metal content of Fe and Mn toward liquid waste recoloring jeans at Magelang district. The type of this research was true experimental of pretest and posttest with control group design. Sample of this research wasted water of recoloring jeans at Magelang district. Data analysis with Shapiro Wilk test ($p \leq 0.05$). The result shown early content of Fe was 0.805 mg/l and the content of Mn was 4.188 mg/l. The average pH and temperature of liquid waste before treatment was 11 and 28.02°C. After treatment the pH and temperature of calcium oxide 4 gr was 11 and 28.47°C then it was 11 and 28.44°C for calcium oxide 5 gr. There was decreasing metal content with distributing calcium oxide 4 gr as 13.7% for Fe and 27% of Mn, meanwhile the decreasing for calcium oxide 5 gr was 30.7% for Fe and 28.2% for Mn. Shapiro Wilk test shown 0.0001 ($p \leq 0.05$) which means there was a different decrease of metal content of Fe recoloring jeans with various dose treatment of calcium oxide. Instead for metal content of Mn that shown 0.171 ($p \geq 0.05$) which means there was no difference decrease of metal content of Mn recoloring jeans with various dose treatment of calcium oxide.*

Keywords: *Liquid waste, recoloring jeans, calcium oxide, Fe, Mn*

PENDAHULUAN

Pewarnaan ulang pakaian khususnya *jeans* masih banyak dilakukan dari skala kecil sampai skala sedang atau dapat dikatakan sebagai usaha industri rumah tangga. Industri rumah tangga kurang mendapat pengawasan terhadap penanganan limbah cair. Limbah secara umum memerlukan teknologi tersendiri untuk mengolahnya. Air limbah sebelum

dibuang ke perairan bebas, udara bebas atau dikuburkan, harus dapat didegradasi oleh alam atau tidak mengandung bahan yang melebihi ambang batas yang telah ditentukan.⁽¹⁾ Di dalam kegiatan pewarnaan ulang *jeans* di Kecamatan Candi Mulyo Magelang, air limbah yang telah digunakan dibuang langsung ke sungai, hal ini

dapat menyebabkan pencemaran bagi lingkungan.

Zat warna adalah senyawa yang dipergunakan dalam bentuk larutan atau dispersi pada suatu bahan lain sehingga menghasilkan warna.⁽²⁾ Di Indonesia perkembangan produksi zat pewarna dapat diketahui dari data ekspor nasional. Kebutuhan zat pewarna baik untuk keperluan proses produksi dan industri meningkat setiap tahunnya, hal tersebut berdasarkan data Biro Pusat Statistik tahun 2000.⁽³⁾ Tingginya pemakaian zat pewarna pada kegiatan industri tertentu berdampak pada peningkatan jumlah bahan pencemar dalam limbah cair yang dihasilkan.⁽⁴⁾

Zat warna terdiri dari beberapa golongan, salah satunya yaitu zat warna direk. Zat warna direk merupakan zat warna yang digunakan dalam industri pewarnaan ulang *jeans* di Magelang. Zat warna direk merupakan zat warna tekstil yang mempunyai daya ikat dengan serat selulosa, pencelupannya dilakukan secara langsung dalam larutan dengan zat-zat tambahan yang sesuai.⁽⁵⁾ Limbah cair dari industri tekstil memiliki kandungan logam seperti Cr, Zn, Fe, Co, Cu, Pb, Cd, Ni, Mn, Al, B, Ba, Hg, Ag, Se, As.⁽⁶⁾ Faktor lain yang mempengaruhi adanya kadar logam Fe dan Mn pada air limbah selain zat warna yang digunakan adalah air tanah dan peralatan yang digunakan saat proses produksi berlangsung.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini termasuk dalam jenis penelitian eksperimen sesungguhnya (*true experimental*), yaitu penelitian yang observasinya dilakukan terhadap efek dari manipulasi penelitian terhadap satu atau sejumlah variabel penelitian

Kapur berbentuk padat yang berwarna putih, bersifat alkali dan sedikit pahit. Kapur bereaksi hebat dengan berbagai asam, dan bereaksi dengan banyak logam dengan adanya air. Karena kekuatan sifat dasarnya tersebut, kapur banyak digunakan sebagai flokulan pada air, pengolahan limbah, serta pengolahan tanah asam.⁽⁷⁾ Kapur merupakan koagulan yang digunakan untuk mengurangi zat-zat organik maupun kimia pada air kotor maupun pada air limbah.

Hasil studi pendahuluan yang telah dilakukan di Laboratorium Wahana Semarang yang dilakukan pada 5 April 2017 mengenai karakteristik logam berat yang terdapat di limbah cair pewarnaan ulang *jeans* yaitu kadar Fe sebanyak 23,90 mg/l dan kadar Mn sebanyak 35,18 mg/l. Pada penelitian ini kadar logam Fe dan Mn melebihi batas normal menurut Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 5 Tahun 2012 Tentang Baku Mutu Air Limbah dengan kadar maksimal untuk logam berat Fe yaitu 5 mg/l dan Mn yaitu 2 mg/l.⁽⁸⁾ Berdasarkan hasil observasi lapangan mengenai industri kecil pewarnaan ulang *jeans* di Magelang ternyata belum memenuhi standar pembuangan limbah ke lingkungan. Pelaku industri kecil pewarnaan ulang *jeans* yang berada di daerah Kecamatan Candi Mulyo Magelang masih membuang limbah cair tanpa ada proses pengolahan terlebih dahulu yaitu langsung dibuang ke sungai.

dengan menggunakan metode penelitian eksperimen dalam skala laboratorium. Sedangkan rancangan penelitiannya adalah rancangan eksperimen ulang (*pretest and posttest with control group design*). Pengukuran dilakukan sebelum dan

sesudah perlakuan diberikan dan pengaruh perlakuan diukur dari perbedaan antara pengukuran awal dan pengukuran akhir.⁽⁹⁾

Sampel dalam penelitian ini adalah sebagian limbah cair yang diambil dari limbah cair industri pewarnaan ulang *jeans* yang terletak di Desa Tampir Kulon Kecamatan Candimulyo Kabupaten Magelang. Berdasarkan rumus pengulangan sampel, sampel diberikan pengulangan sebanyak 9 kali dengan perlakuan 2 dosis kapur tohor dan 1 kontrol sehingga jumlah

keseluruhan yang akan diteliti adalah 27 sampel untuk masing-masing perlakuan dengan volume 1 liter air sampel.

Analisis data menggunakan *Shapiro Wilk* dengan menggunakan tingkat kesalahan 5% ($\alpha = 0,05$) untuk menguji apakah ada perbedaan yang bermakna pada penurunan kadar Fe dan Mn pada limbah cair pencucian *jeans* di Magelang dengan perlakuan menggunakan variasi dosis kapur tohor 4 gram dan 5 gram.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Univariat

Tabel 1. Hasil Uji Kadar Logam Fe Limbah Cair Pewarnaan Ulang *Jeans* Kabupaten Magelang

Pengulangan Ke-	Pretest (mg/l)	Kontrol (mg/l)	Perlakuan		pH				Suhu (°C)			
			4 gram (mg/l)	5 gram (mg/l)	4 gram		5 gram		4 gram		5 gram	
					pre	post	pre	post	pre	post	pre	post
1	0,825	0,708	0,730	0,569	11	10	11	10	29	29	29	29
2	0,790	0,720	0,711	0,577	10	11	10	11	28	29	28	29
3	0,785	0,711	0,694	0,582	10	11	10	11	28	29	28	29
4	0,811	0,697	0,690	0,570	11	11	11	11	28	29	28	29
5	0,824	0,704	0,685	0,560	10	11	10	11	28	28	28	28
6	0,788	0,715	0,702	0,549	10	10	10	11	28	28,2	26	28
7	0,793	0,720	0,682	0,544	11	10	11	10	27,2	28	27	28
8	0,809	0,708	0,680	0,539	11	11	11	11	27,5	28	28	28
9	0,818	0,686	0,678	0,528	11	11	11	11	28	28	28	28
Rata-rata	0,805	0,708	0,695	0,558	11	11	11	11	27,97	28,47	27,78	28,44

Tabel 2. Hasil Uji Kadar Logam Mn Limbah Cair Pewarnaan Ulang Jeans Kabupaten Magelang

Pen gula ngan Ke-	Prete st (mg/l)	Kontrol (mg/l)	Perlakuan		pH				Suhu (°C)			
			4 gram (mg/l)	5 gram (mg/l)	4 gram		5 gram		4 gram		5 gram	
					pre	post	pre	post	pre	post	pre	post
1	4,180	3,880	3,120	3,080	11	10	11	10	29	29	29	29
2	4,240	3,775	3,093	2,835	10	11	10	11	28	29	28	29
3	4,232	3,820	3,088	3,190	10	11	10	11	28	29	28	29
4	4,197	3,814	3,103	3,005	11	11	11	11	28	29	28	29
5	4,080	3,740	3,009	3,019	10	11	10	11	28	28	28	28
6	4,173	3,782	3,112	2,910	10	10	10	11	28	28,2	26	28
7	4,209	3,770	2,993	2,985	11	10	11	10	27,2	28	27	28
8	4,193	3,630	2,990	3,004	11	11	11	11	27,5	28	28	28
9	4,188	3,622	3,010	3,013	11	11	11	11	28	28	28	28
Rata -rata	4,188	3,759	3,058	3,005	11	11	11	11	27,9 7	28,47	27,78	28,4 4

Hasil uji di laboratorium diperoleh, nilai rata-rata dari penurunan kadar Fe pada kelompok kontrol yaitu 0,708 mg/l. Sedangkan kelompok perlakuan, rata-rata penurunan kadar Fe dosis koagulan 4 gram yaitu 0,695 mg/l, rata-rata penurunan kadar Fe dosis koagulan 5 gram yaitu 0,558 mg/l. Hasil tersebut menunjukkan bahwa dengan bertambahnya massa koagulan kapur tohor maka makin bertambah tinggi nilai penurunan Fe karena semakin banyak partikel koloid yang menggumpal dan mengendapkan zat-zat kimia sehingga Fe terendapkan juga banyak. Hasil tersebut sejalan dengan penelitian Sarino, penambahan bubuk kapur pada kadar Fe awal sebesar 2,2 mg/l pada dosis penambahan 10 mg adalah 1,672 mg/l, pada dosis penambahan 20 mg/l sebesar 1,0556 mg/l pada penambahan 30 mg/l adalah 0,6384 mg/l, pada penambahan 40 mg/l didapat hasil 0,1816 mg/l, dan pada penambahan 50 dan 60 didapat hasil nol. Kadar

logam Fe tersebut tidak melebihi batas normal menurut Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 5 Tahun 2012 Tentang Baku Mutu Air Limbah dengan kadar maksimal untuk logam Fe yaitu 5 mg/l.

Penurunan kadar logam Mn dari hasil penelitian ini, koagulan kapur tohor dapat menurunkan kadar logam Mn. Untuk nilai rata-rata dari penurunan kadar Mn pada kelompok kontrol yaitu 3,759 mg/l. Sedangkan kelompok perlakuan, rata-rata penurunan kadar Mn dosis koagulan 4 gram yaitu 3,058 mg/l, rata-rata penurunan kadar Mn dosis koagulan 5 gram yaitu 3,005 mg/l. Namun, nilai logam Mn tidak mengalami penurunan yang konsisten. Terjadi naik turunnya nilai logam Mn setiap pengulangannya, dan dari hasil penelitian didapat bahwa pengulangan 1, 2, 4, 6, 7 semuanya mengalami penurunan nilai logam tinggi sesuai dengan semakin banyaknya dosis koagulan. Berbeda dengan pengulangan ke-5, 8 dan 9, nilai penurunan kadar

logam Mn malah lebih tinggi pada pemberian koagulan 4 gram dibandingkan dengan pemberian koagulan 5 gram. Terjadi kenaikan kadar logam Mn ini dianggap sebagai salah satu bentuk penyimpangan perlakuan yang dipengaruhi oleh banyak hal seperti pengendapan sebelum perlakuan yang tidak efektif, kadar logam Mn sebelum perlakuan yang lebih tinggi, ketidaktepatan dalam pemberian koagulan kapur. Pemberian koagulan kapur dapat menurunkan kadar logam Fe dan Mn, karena kapur mengikat ion yang bervalensi +2, maka Fe^{2+} dan Mn^{2+} . Sehingga kapur mengeliminasi logam besi dan mangan.

Penurunan kadar logam Mn disebabkan oleh kurang optimalnya proses presipitasi logam Mn. Kemungkinan hal yang dapat terjadi karena pembentukan flok tidak sempurna dan pengendapan presipitasi pada proses koagulasi-flokulasi tidak berjalan dengan baik. Pembentukan flokulan yang tidak sempurna tersebut dapat dipengaruhi oleh kurangnya dosis koagulan, kecepatan pengadukan, dan pengendapan sebelum perlakuan yang kurang efektif serta waktu pengendapan setelah perlakuan selama 45 menit belum cukup untuk terjadinya fase pengendapan flokulan. Namun dari data tersebut, diperoleh rata-rata penambahan dosis koagulan ternyata dapat menurunkan nilai logam Mn yang terdapat dalam limbah pewarnaan ulang jeans, semakin tinggi dosis koagulan yang diberikan maka semakin tinggi nilai penurunan kadar logam Mn pada air limbah. Namun, dari hasil tersebut belum bisa mencapai angka yang sesuai baku mutu menurut Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 5 Tahun 2012

Tentang Baku Mutu Air Limbah dengan kadar maksimal untuk logam Mn yaitu 2 mg/l. Meskipun tidak bersifat toksik, mangan dapat mengendalikan kadar unsur toksik di perairan, misalnya logam berat. Jika dibiarkan di udara terbuka dan mendapat cukup oksigen, air dengan kadar Mangan (Mn^{2+}) tinggi (lebih dari 0,01 mg/liter) akan membentuk koloid karena terjadinya proses oksidasi Mn^{2+} menjadi Mn^{4+} . Koloid ini mengalami presipitasi membentuk warna cokelat gelap sehingga air menjadi keruh.⁽¹⁰⁾

Pada pengolahan air kotor, kapur dapat mengurangi kandungan bahan-bahan organik. Cara kerjanya yaitu kapur ditambahkan untuk mereaksikan alkalibikarbonat serta mengatur pH air sampai sehingga menyebabkan pengendapan. Proses pengendapan ini akan berjalan secara efektif apabila pH air antara 6-8.⁽¹¹⁾ Pemberian koagulan mempengaruhi kenaikan pH pada sampel yang diuji. Pada penelitian yang dilakukan oleh Laela Novita dkk, pengaturan pH dapat memberikan hasil koagulasi yang baik dan pada umumnya, pengendapan untuk ion logam berat yang optimal diperoleh pH berkisar antara 6-9. Sedangkan untuk nilai rata-rata suhu baik kelompok kontrol maupun kelompok perlakuan masih berada sesuai suhu optimum yaitu tidak lebih dari 30°C. Pada penelitian Zikri Rahimah, Heliyanur Heldawati, Isna Syauqiah, pada pH nilai tergantung dari koagulan yang digunakan karena kapur bersifat basa sehingga pH menjadi naik yaitu pada limbah deterjen buatan 10,39 menjadi 12,64 pada massa koagulan 5 gram. Suhu berpengaruh terhadap daya koagulasi-flokulasi dan apabila suhu limbah tinggi maka akan memerlukan pemakaian bahan koagulan yang banyak, dari hasil

yang didapat suhu limbah sebelum dan sesudah pengolahan tidak terjadi perubahan yaitu pada suhu rata-rata 28,5°C.⁽¹²⁾ Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Metclaff dan Eddy tahun 1991, yang mengemukakan bahwa penggunaan kapur pada dosis rendah dapat memperbesar nilai pH hingga 5-7 dan penggunaan kapur pada dosis tinggi dapat menaikkan pH sampai dengan 10.⁽¹³⁾

Hasil pengukuran nilai pH baik sebelum dan setelah perlakuan menunjukkan adanya peningkatan dan penurunan nilai pH, bahkan nilai pH sebelum dan setelah perlakuan memiliki nilai yang sama. Itu dikarenakan pengukuran pH setelah perlakuan dilakukan setelah proses *jar test* selesai. Bukan saat kapur tohor dimasukkan ke dalam *beaker glass* yang berisi air limbah. Karena proses pengadukan tersebut yang mengakibatkan nilai pH naik turun setelah perlakuan pada 9 kali pengulangan. Penambahan larutan kapur sebagai koagulan yang berfungsi untuk menurunkan kadar Fe dan Mn akan menyebabkan pH limbah cair pewarnaan ulang jeans mengalami peningkatan dan limbah cair menjadi bersifat basa. Hasil ini menunjukkan bahwa dengan penambahan larutan kapur akan menaikkan kondisi pH, semakin besar dosis kapur yang ditambahkan maka kenaikan pH akan semakin besar.⁽¹⁴⁾

Berdasarkan uji *Kruskal Wallis* untuk kadar logam Fe didapatkan nilai signifikan sebesar 0,0001 atau $\leq 0,05$. Maka dapat diketahui bahwa H_0 ditolak itu berarti ada perbedaan penurunan kadar logam Fe pada air limbah pewarnaan ulang jeans dengan menggunakan variasi dosis koagulan kapur tohor. Dan berdasarkan uji lanjutan *post hoc*

(*Man Whitney*) didapatkan hasil bahwa ada perbedaan bermakna pada setiap masing-masing penurunan kadar logam Fe dengan variasi dosis koagulan kapur tohor 4 gram dan 5 gram. Pada Penelitian Ayu Herlina, pada limbah air asam tambang bahwa efektifitas penurunan logam Fe penggunaan kapur tohor sebesar 51,85% dan penurunan logam Mn sebesar 62,54%. Dari penelitian ini kapur tohor lebih optimal untuk menaikkan pH dan kandungan logam Fe dan Mn.

Berdasarkan uji *Kruskal Wallis* untuk kadar logam Mn diperoleh nilai signifikan sebesar 0,171 atau $\geq 0,05$. Maka dapat diketahui bahwa H_0 diterima itu berarti tidak ada perbedaan penurunan kadar logam Mn pada air limbah pewarnaan ulang jeans dengan menggunakan variasi dosis koagulan kapur tohor dan berdasarkan uji lanjutan *post hoc* (*Man Whitney*) didapatkan hasil bahwa tidak ada perbedaan bermakna pada setiap masing-masing penurunan kadar logam Mn dengan variasi dosis koagulan kapur tohor 4 gram dan 5 gram. Hasil uji statistik yang menunjukkan adanya perbedaan yang bermakna antara kadar Fe pada air limbah yang dilakukan pada berbagai variasi dosis, bahwa perbedaan kadar Fe pada air limbah sebelum dan setelah perlakuan benar-benar disebabkan oleh pengaruh penambahan kapur yang bervariasi. Lain halnya dengan kadar Mn, kadar Mn mengalami penurunan namun hasil uji statistik menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan yang bermakna setelah perlakuan dengan pemberian variasi dosis kapur yaitu 4 gram dan 5 gram.

KESIMPULAN

Ada perbedaan penurunan kadar logam Fe pada air limbah pewarnaan ulang *jeans* di Kabupaten Magelang menggunakan koagulan kapur tohor. Dan tidak ada perbedaan penurunan kadar logam Mn pada air limbah pewarnaan ulang *jeans* di Kabupaten Magelang menggunakan koagulan kapur tohor. Penurunan kadar logam Fe setelah perlakuan sudah sesuai dengan baku mutu, sedangkan penurunan kadar logam Mn setelah perlakuan masih belum sesuai baku mutu air limbah yang di atur oleh Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 5 Tahun 2012, kadar maksimal untuk kadar logam Fe yaitu 5 mg/l dan Mn yaitu 2 mg/l. Selain zat warna, ada faktor lain yang mempengaruhi adanya kadar logam Fe dan Mn pada air limbah yaitu air tanah dan peralatan yang digunakan saat proses produksi berlangsung.

Perlu adanya penelitian lebih lanjut mengenai cara menurunkan nilai pH yang optimal dalam penurunan kadar logam pada air limbah pewarnaan ulang *jeans* di Magelang menggunakan koagulan kapur dan perlu adanya penelitian lebih lanjut untuk menghilangkan warna pekat pada limbah cair pewarnaan ulang *jeans* di Magelang.

Disarankan bagi pemilik industri tekstil sebelum limbah cair pewarnaan ulang *jeans* dibuang ke sungai, sebaiknya dilakukan pengolahan terlebih dahulu sehingga kandungan logam yang terkandung dalam air limbah sesuai dengan baku mutu yang telah ditetapkan dan bagi pekerja di industri rumahan pewarnaan ulang *jeans* di Magelang harus menggunakan APD yang baik sehingga menghindari gangguan kesehatan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Widjajanti, E. Peran Kimia Fisika dalam Industri. Makalah Pengabdian pada Masyarakat. Fakultas MIPA. UNY. Yogyakarta. 2009.
2. Rambe, A.M. Pemanfaatan Biji Kelor Moringa Oleifera sebagai Koagulan Alternatif dalam Proses Penjernihan Limbah Cair Industri Tekstil. Skripsi. Universitas Sumatera Utara. 2009.
3. Biro Pusat Statistik Tahun 2010, (<http://ejournal.uajy.ac.id/8626/3/2BL01195.pdf>, Diakses pada 25 Oktober 2016)
4. Nugroho, R dan Ikkal. Pengolahan Air Limbah Berwarna Industri Tekstil dengan Proses AOPs. JAI.vol 1 : 2. 2005.
5. Sunarto. Teknologi Pencelupan dan Pencapan Jilid I. Jakarta: Departemen Pendidikan Nasional. 2008.
6. Faujiah, Fitriany. Pemanfaatan Karbon Aktif Dari Limbah Padat Industri Agar-Agar Sebagai Adsorben Logam Berat dan Bahan Organik Dari Limbah Industri Tekstil. Departemen Teknologi Hasil Perairan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Institut Pertanian Bogor. 2012.
7. Sugiharto. Dasar-dasar Pengelolaan Air Limbah. Jakarta: Penerbit Universitas Indonesia. 1997.
8. Herlina A., dkk. Pengaruh Fly Ash Dan Kapur Tohor Pada Netralisasi Air Asam

- Tambang Terhadap Kualitas Air Asam Tambang (pH, Fe & Mn) Di Iup Tambang Air Laya Pt.Bukit Asam (Persero),Tbk. Hail. *Jurnal Ilmu Teknik*. Vol. 2. No. 2. 2014
9. Notoatmodjo, Soekidjo. Metodologi Penelitian Kesehatan. Rineka Cipta. 2005.
10. Lewinsky AA. Hazardous Materials and Wastewater Treatment, Removal and Analysis. New York: Nova Science Publisher. 2007.
11. Budi, S.S. Penurunan Fosfat Dengan Penambahan Kapur (Lime), Tawas Dan Filtrasi Zeolit Pada Limbah Cair (Studi Kasus Rs Bethesda Yogyakarta). Tesis. Program Magister Ilmu Lingkungan Program Pascasarjana Universitas Diponegoro. Semarang. 2006.
12. Rahimah, Z., dkk. Pengolahan Limbah Deterjen dengan Metode Koagulasi Flokulasi Menggunakan Koagulan Kapur dan PAC. Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat. *Konversi*, Volume 5 No. 2, Oktober 2016.
13. Oktiawan, W dan Krisbiantoro. Efektifitas Penurunan Fe²⁺ Dengan Unit Saringan Pasir Cepat Media Pasir Aktif. Semarang : FT-TL Universitas Diponegoro. 2007.
14. Satterfield Z. Jar Test. USA: Mcgraw Hill. 2008.