
REAKTOR PENGOLAH AIR BERSIH IPTEK BAGI MASYARAKAT UNTUK DAERAH RAWAN BANJIR

Setyo Purwoto *)

Abstrak

Air dari genangan banjir sebagai air baku diproses dengan model reactor kompak berupa 3 (tiga) kolom tabung dengan 7 treatment : filterisasi, kemudian dialirkan lewat kran untuk dikontakkan dengan PAC, lalu masuk pada adsorben Zeolit, dilanjutkan dengan exchange resin kation untuk mereduksi kation dari air, kemudian exchange diteruskan ke resin anion. Setelah keluar dari ion exchange, pembubuhan larutan kaporit diinjeksikan guna pembunuhan bakteri. Untuk menghilangkan bau, dilakukan absorpsi menggunakan CA.

Dari hasil treatment diperoleh kesimpulan bahwa : Pengolahan air banjir dengan model reactor kompak berupa 3 (tiga) kolom tabung dengan 7 treatment, yaitu : Filter, Poly Aluminium Chloride (PAC), Zeolit, Resin Kation, Resin Anion, Kaporit, dan Karbon Aktip (CA) mampu menurunkan parameter parameter : Warna 8.00 TCU, TDS 142.00 ppm, Kekeruhan 4.80 NTU, Kesadahan Total 586.50 ppm, Kalsium Hardness 305.00 ppm, Magnesium Hardness 51.80 ppm, Klorida 69.00 ppm, Alkalinity P 14.40 ppm, Alkalinity M 194.00 ppm, e-Coli 3.00 sat/100 ml.

Kata Kunci : Air Banjir, Zeolit , Ion Exchange, Air Jernih

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Masyarakat di daerah rawan banjir mengalami kesulitan dalam hal kebutuhan air bersih, apalagi sebagai air minum. Hal ini disebabkan oleh tertutupnya seluruh sumber air, terutama air sumur gali. Peta rawan banjir di Provinsi Jawa Timur yang dihasilkan dari analisis sistem informasi geografis (SIG) berdasarkan variable variabel : penggunaan lahan, topografi/kemiringan lereng, jenis tanah dan jenis batuan, digolongkan menurut 5 klas. Kelas rawan banjir yang dimaksud adalah sangat rawan, rawan, cukup rawan, agak rawan dan tidak rawan. Tingkat rawan banjir dalam klas sangat rawan dan rawan berturut-turut sebesar 6,95 % dan 24,52 %.

Lokasi tingkat rawan banjir yang termasuk dalam klas *sangat rawan* terdistribusi di Kabupaten : Gresik, Bojonegoro, Lamongan, Surabaya, Sidoarjo, Ngawi, Madiun, Nganjuk, Tulungagung, dan Jombang. Peta tingkat rawan banjir yang telah dihasilkan dari hasil analisis system informasi geografis (SIG) tersebut merupakan data permanent. (Haryani, 2006)

Banjir akibat meluapnya Kali Lamong yang menyebabkan terendamnya ribuan rumah warga di Kecamatan Benjeng, Kabupaten Gresik, Jawa Timur, merupakan bencana rutin tahunan yang membuat masyarakat resah. Ironisnya, masyarakat tetap memilih bertahan di lokasi banjir walaupun genangan mencapai ketinggian 80 cm (bahkan lebih). Lebih kacau lagi, karakter banjir di daerah ini bisa datang ketika tidak ada hujan di daerah itu. Hal ini terjadi akibat tingginya cu-

rah hujan di bagian hulu kali Lamong, namun luapannya melanda daerah Benjeng. Rentang waktu datangnya banjir cukup lama, yaitu sejak bulan Nopember hingga Maret, dengan durasi sekitar 4 hari genangan tiap banjir dengan frekuensi dalam satu bulan bisa dua, bahkan tiga kali kejadian. Dari 23 Desa di wilayah kecamatan Benjeng, terdapat 14 wilayah Desa yang merupakan langganan banjir, baik kiriman maupun luapan saat hujan tiba. Empat Desa yang paling parah adalah : Kedung Rukem, Sirnoboyo, Delik Sumber, dan Sedapur Klagen, dengan kondisi rumah terendam berturut turut sebanyak : 415, 325, 205, dan 139 dengan ketinggian rata rata antara 50 - 80 cm (Camat Benjeng – Gresik, Pebruari 2009)

Mengacu dari data di atas, maka penerapan IPTEKS ini dilakukan di Desa **Kedung Rukem** yang merupakan area paling parah terkena dampak banjir, baik dari jumlah rumah terendam maupun ketinggiannya. Teknologi yang diterapkan adalah : REAKTOR PENGOLAH AIR BERSIH UNTUK DAERAH RAWAN BANJIR

Perumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penerapan IPTEKS ini adalah : Mengatasi krisis air bersih dan air minum bagi masyarakat terdampak banjir dengan menggunakan teknologi tepat guna (TTG) berupa alat pengolah air dengan treatment : filterisasi, PAC terpadukan dengan Zeolit &

*) Dosen Teknik Lingkungan

karbon aktif (CA), Resin Sintetis, dan Kaporit dalam sebuah reaktor kompak yang mudah dilakukan dalam keadaan banjir

Definisi :

Filterisasi	:	merupakan proses pemisahan antara padatan atau koloid dengan cairan
Poly Aluminium Chloride (PAC)	:	adalah bahan kimia berbentuk cairan bening kekuningan yang berfungsi sebagai sedimentasi dan penjernihan air.
Zeolit	:	merupakan kristal alumina silika yang berstruktur tiga dimensi yang dapat dimanfaatkan untuk : filter, adsorben, ion-exchange, serta penurunan kesadahan dalam air.
Karbon Aktip (CA)	:	merupakan arang dari bahan alami yang diaktifkan dan dapat berfungsi sebagai adsorban untuk : zat organik, bau, rasa, serta polutan mikro lainnya
Resin sintetis	:	Bahan kimia dengan gugus fungsional organik tertentu yang dapat berfungsi sebagai penukar ion (<i>Ion-Exchanger</i>) antara kation-anion dalam resin dengan anion-kation yang terdapat pada larutan yang diperlakukan.
Kaporit	:	Zat kimia dengan komposisi kandungan OCl^- yang berfungsi sebagai desinfektan dalam penjernihan air

Asumsi :

- 1) Pengoperasian teknologi tepat guna (TTG) ini telah disesuaikan dengan kondisi dan situasi saat banjir, sehingga dapat diasumsikan bahwa masyarakat awam dapat dengan mudah untuk melakukannya. Disamping itu, pembuatannyapun tidaklah sulit, serta bahan baku cukup dari air genangan banjir di sekitar tempat tinggal.
- 2) Dengan adanya TTG pengolahan air bersih sebagaimana penerapan IPTEKS ini, masyarakat terdampak banjir dapat memperoleh air bersih untuk memenuhi kebutuhannya.

Lingkup penerapan IPTEKS : Desa Kedung Rukem Kecamatan Benjeng Kabupaten Gresik provinsi JATIM yang merupakan Desa rawan banjir *terparah* di daerah itu (2009).

Teknologi Penerapan IPTEKS

Teknologi IPTEKS dalam penerapan ini merupakan teknologi tepat guna (TTG) berupa alat pengolah air dengan treatment : filterisasi, PAC terpadukan dengan Zeolit & karbon aktif (CA), Resin Sintetis, dan Kaporit dengan fungsi masing masing sebagai : penyaringan, sedimentasi, absorban, penukar ion, dan desinfektan. Alat ini dirangkai dalam sebuah reaktor kompak yang mudah dilakukan dalam keadaan banjir tanpa menggunakan listrik, tidak memerlukan pompa, dan mudah dalam hal pengoperasian serta penempatannya. Sedangkan bahan baku yang digunakan adalah air genangan banjir

Tujuan Kegiatan lbM

Tujuan dari pada penerapan IPTEKS (lbM) ini adalah :

- a. Memberi pengetahuan serta pelatihan tentang cara pengoperasian

(penggunaan) alat pengolah air bersih (minum) sebagaimana rancangan reaktor dalam penerapan IPTEKS ini untuk digunakan pada saat darurat banjir. Mengingat pada saat banjir jaringan listrik padam dan ketersediaan pompa sangat sulit, maka rangkaian alat ini telah diseting untuk tidak menggunakan aliran listrik, juga tanpa memerlukan pompa, namun produk air hasil pengolahan tetap optimal.

- b. Melatih warga masyarakat yang tempat tinggalnya rawan banjir untuk merakit sendiri teknologi tepat guna (TTG) tentang pengolah air minum dengan treatment ; filter, PAC yang dipadukan dengan Zeolit , Resin Sintetis, dan Kaporit, dan karbon aktif (CA) yang kompak dalam sebuah reaktor sederhana.

Manfaat Kegiatan

Manfaat dari penerapan IPTEKS ini adalah :

- 1) Untuk membantu mengatasi krisis air bersih dan air minum bagi masyarakat terdampak banjir.
- 2) Warga masyarakat langganan banjir mampu membuat sendiri alat rangkaian pengolah air bersih sebagaimana penerapan IPTEKS ini.

BAHAN DAN METODE PENERAPAN IPTEKS (lbM)

Penerapan IPTEKS (lbM) ini merupakan aplikasi perpaduan dari hasil penelitian dan pengabdian penulis, yaitu :

- 1) Desalinasi Air Payau Secara *Ion Exchange* dengan Treatment Resin Sintetis. (PDM-SPPH No.: 207/SP2H/DP2M/III/2007)

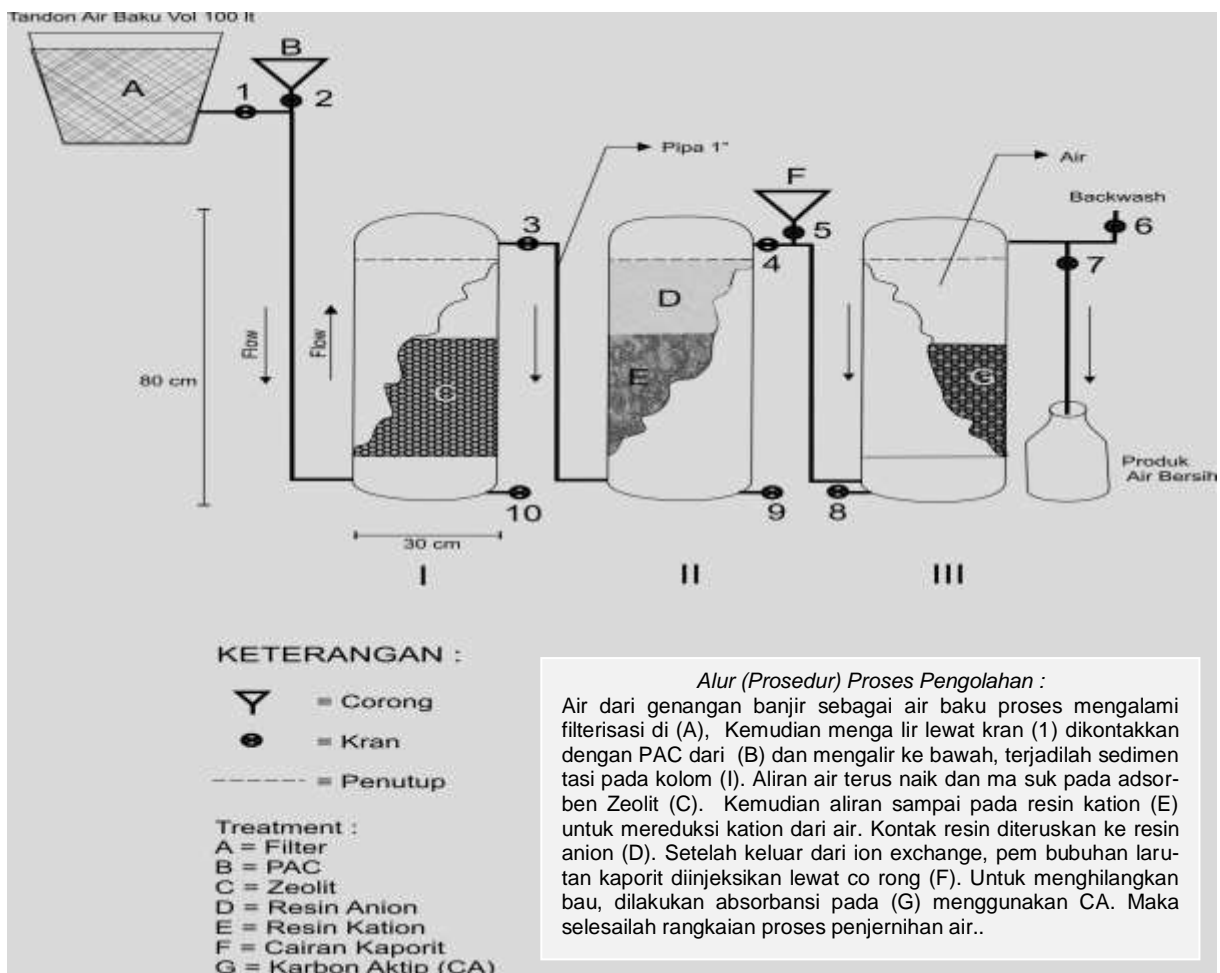
- 2) Removal Salinitas Air Payau Secara *Ion Exchange* dengan Treatment Resin Sintetis Pada Reaktor UpFlow-DownFlow (PDM-DIPA Nomor : 0145.0/023-04.0/-/2008),
- 3) Pengembangan Reaktor Demineralisasi Air Berbasis Resin Penukar Ion Terpadukan Dengan Membran Elektrodialisis Konduktif Bersekat (Hibah Bersaing ; APHB/2008/07248/002),
- 4) Optimasi Dosis Kaporit Sebagai *Desinfektan* Air Sumur (LPPM-UNIPA/ Pen. Dos/2006).
- 5) Filtrasi pada Instalasi Pengolahan Air (IPA) Untuk Meningkatkan Kualitas Produksi Air Bersih Di Desa Karanggeneng Kabupaten Lamongan – JA-

TIM (Program **VUCER-DIKTI** No.ID;VO/07/26/001)

- 6) Aplikasi Teknologi Filtrasi Menuju Desa Mandiri Air Bersih di Karanggeneng Lamongan (KKN PPM ; 2056/P1/LPPM-UGM/2008 Tgl. 2 April 2008)

Temuan hasil penelitian dan pengalaman dari pengabdian pada masyarakat tersebut diaplikasikan dalam penerapan IPTEKS sebagai model reactor kompak berupa 3 (tiga) kolom tabung dengan 7 treatment, yaitu : Filter, Poly Aluminium Chloride (PAC), Zeolit, Resin Kation, Resin Anion, Kaporit, dan Karbon Aktip (CA).

Skema reactor dimaksud digambarkan sebagai berikut :



Gambar 1. Skema Reaktor Pengolah Air Minum Untuk Daerah Rawan Banjir

Tabel 1. Spesifikasi Bahan Treatment Yang Digunakan dalam Penerapan IPTEKS

No.	Treatment	Fungsi	Keterangan
A	Filter	pemisahan antara padatan atau koloid dengan cairan	Filter busa diberi alas kain fittin
B	Poly Alumini um Chloride (PAC)	Sedimentasi , koagulasi	Cairan bening kekuningan Dosis : 30 – 80 ppm pH : 3,5
C	Zeolit	Absorpsi, filterisasi, ion exchange, pelunakan	Ketebalan 50 cm Ukuran Volume pori : 0,5 cm ³ tiap cm ³ volume zeolit. Densitas antara 2,0 - 2,3 g/cm ³
D	Resin anion	Penukar anion (penurunan kation dalam air)	Ketebalan 30 cm <i>Lewatit MonoPlus M 500</i>
E	Resin kation	Penukar kation (penurunan anion dalam air)	Ketebalan 30 cm <i>Dowex HCR-S</i>
F	Kaporit	Desinfektan (Membunuh Mikro Organisme)	Dosis : 1,5 liter kaporit kadar 1 gr/l per 100 liter air baku
G	Karbon Aktip (CA)	Adsorban untuk : zat organik, bau, rasa, serta polutan mikro lainnya	Ukuran Mesh : 8x30, s/d 12x50 Persentase ukuran : 90% Bulk Density : 0,50 - 0,55 g/ml Iodine number : 800 - 900 mg/g pH : 9 - 11

Tabel 2. Alasan Dipilihnya Bahan Treatment Dalam Penerapan IPTEKS

No	Treatment	Alasan pemilihan
A	Filter busa diberi alas kain fittin	Praktis, murah, mudah didapat, mudah dicuci, kemampuan filter tinggi, mudah dibentuk.
B	Poly Alumini um Chloride (PAC)	Karena bentuknya cairan, maka akan lebih praktis dibanding dengan Tawas, sedangkan kemampuan (daya) sedimentasi tidak jauh berbeda.
C	Zeolit	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Bebas lumpur dan endapan ▪ Biaya cukup murah ▪ Bebas dari bahan kimia berbahaya pada efluennya ▪ Sederhana dalam pengoperasian ▪ Dapat menghasilkan air hingga zero kesadahan
D	Resin anion (<i>Lewatit Mono Plus M 500</i>)	<ul style="list-style-type: none"> • Secara spesifik dapat melakukan penukaran anion dari air. • Lebih mudah dijumpai di pasaran.
E	Resin kation <i>Dowex HCR-S</i>	<ul style="list-style-type: none"> ○ Secara spesifik dapat melakukan penukaran kation dari air. ○ Lebih mudah dijumpai di pasaran.
F	Kaporit	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Daya bunuh terhadap mikroorganisme cukup tinggi ✓ Harga lebih terjangkau ✓ Mudah didapat dibanding desinfektan yang lainnya ✓ Penggunaan yang mudah <p>Tidak memerlukan listrik</p>
G	Karbon Aktip (CA) berbentuk granular	<ul style="list-style-type: none"> ○ Pengoperasiannya mudah, karena air mengalir dalam media. ○ Proses perjalanan cepat, karena lumpur menggerombol. <p>Media tidak bercampur dengan lumpur sehingga dapat di regenerasi</p>

Menurut **McGarvey** (1986), Control ketepatan aliran serta masalah kesetimbangan massa berdasar pada proses penukaran ion, tetapi penekanannya pada proses pereaksiannya, yaitu system batch atautkah continuous. Resin sebagai ion exchange memang diakui sebagai desalinasi konvensional untuk air payau atau air laut, sekalipun dilakukan secara pabrikasi.

Perhitungan Volume Resin

Berdasarkan perhitungan kapasitas operasi yang berpedoman pada koefisien selektifitas, maka volume resin yang dibutuhkan dapat diturunkan dari persamaan berikut :

$$V = (Q \cdot t \cdot S) / C$$

Dimana :

- V = volume resin, m³
- Q = laju aliran, m³/h
- t = waktu operasi, h
- C = kapasitas operasi resin , eq/m³ resin
- S ="salinitas", total ion yang terserap resin, eq/m³ air.

Selanjutnya kapasitas ion exchange biasanya dinyatakan dengan kapasitas total atau kapasitas operasi menurut formulasi berikut :

$$X = \frac{C_o V_{op}}{V_r} - \frac{C_o}{V_r} \sum_{i=1}^n (Y_i V_i)$$

Tabel 3. Tipe Resin Penukar Ion Sintetik

Tipe Resin	Grup fungsional	Kerapatan Kering (Kg/m ³)	pH operasi	Kapasitas (me/ml)	Contoh merk resin
Asam kuat	-SO ₃ -H ⁺	790-850	0-14	2,0	Duolite C-20 Amberlite 120 Dowex 50
Asam lemah	-COO ⁻ H ⁺	720	7-14	4,5	Duolite C-433 Amberlite IRC-50 Zeo Carb 226
Basa kuat tipe I	-CH ₂ N(CH ₃) ₃ OH ⁺	720	0-14	1,3	AmberliteIRA-410 Duolite A-101 D
Basa kua tipe II	-CH ₂ N(CH ₃) ₂ CH ₂ CH ₂ OH ⁺	720	0-14	1,4	Amberlite IRA-140 Duolite A-102 D
Basa lemah	-N(CH ₃) ₂ H ⁺ OH ⁺	510	0-6	2,5	Duolite A-7 Amberlite IRA-93

Sumber : (Sanks, 1982)

Menurut Mangum (2003), membran permeabel dapat meningkatkan keberhasilan removal salinitas dengan cara: a). Keluarnya kation yang terdapat pada air melewati membran permeabel kation, b). Keluarnya anion yang ada pada air melewati membran permeabel anion.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses pengolahan air bersih dalam reaktor dilakukan sebagaimana alur berikut (lihat Gambar 1.) ; Air dari genangan banjir sebagai air baku proses mengalami filterisasi di (A), Kemudian menga lir lewat kran (1)

dikontakkan dengan PAC dari (B) dan mengalir ke bawah, terjadilah sedimen tasi pada kolom (I). Aliran air terus naik dan ma suk pada adsorben Zeolit (C). Kemudian aliran sampai pada resin kation (E) untuk mereduksi kation dari air. Kontak resin diteruskan ke resin anion (D). Setelah keluar dari ion exchange, pem bubuhan larutan kaporit diinjeksikan lewat corong (F). Untuk menghilangkan bau, dilakukan absorbsansi pada (G) menggunakan CA. Maka selesailah rangkaian proses penjernihan air.. Hasil analisis parameter disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Uji Analisis Parameter Hasil Treatment

No	Parameter	Satuan	Sebelum treatment	Setelah treatment
1.	Suhu	C	27	28
2.	Warna	TCU	12	4
3.	TDS	mg/L	423	281
4.	DHL	µs/cm	605	494
5.	Kekeruhan	NTU	6	1,2
6.	pH	---	8,7	7,46
7.	Besi	mg/L	0,9	0,3
8.	Mangan	mg/L	0,4	0,2
9.	Seng	mg/L	0,3	0,1
10.	Natrium	mg/L	20,3	3,68
11.	Kalium	mg/L	7,11	3,83
12.	Silica	mg/L	31,2	12
13.	Kesadahan Total	mg/L CaCO3	657	70,5
14.	Kalsium Hardness	mg/L CaCO3	365	60
15.	Magnesium Hardness	mg/L CaCO3	84,2	32,4
16.	Klorida	mg/L	89	20
17.	Nitrat & nitrit sebagai N	mg/L	1,37	0,13
18.	Alkalinity P	mg/L CaCO3	20	5,6
19.	Alkalinity M	mg/L CaCO3	250	56
20.	Sulfat	mg/L	67,8	34,7
21.	e-Coli	Sat/100 ml	4	1

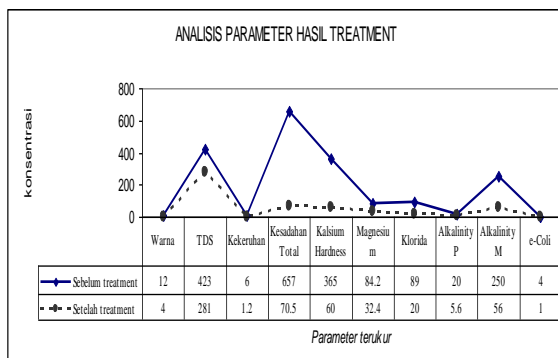
Tabel 5. Tinjauan Parameter Utama Hasil Treatment

Parameter	Sebelum treatment	Setelah treatment
Warna	12	4
TDS	423	281
Kekeruhan	6	1.2
Kesadahan Total	657	70.5
Kalsium Hardness	365	60
Magnesium Hardness	84.2	32.4
Klorida	89	20
Alkalinity P	20	5.6
Alkalinity M	250	56
e-Coli	4	1

kesadahan, warna, kation anion banyak yang mengalami penurunan yang signifikan.

Tabel 6. Removal Parameter Utama Hasil Treatment

parameter	removal	% removal
Warna	8.00	66.67
TDS	142.00	33.57
Kekeruhan	4.80	80.00
Kesadahan Total	586.50	89.27
Kalsium Hardness	305.00	83.56
Magnesium Hardness	51.80	61.52
Klorida	69.00	77.53
Alkalinity P	14.40	72.00
Alkalinity M	194.00	77.60
e-Coli	3.00	75.00



Gambar 2. Grafik Analisis Parameter Hasil Treatment Reaktor

SIMPULAN

Pengolahan air banjir dengan model reactor kompak berupa 3 (tiga) kolom tabung dengan 7 treatment, yaitu : Filter, Poly Aluminium Chloride (PAC), Zeolit, Resin Kation, Resin Anion, Kaporit, dan Karbon Aktip (CA) mampu menurunkan parameter parameter : Warna 8.00 TCU, TDS 142.00 ppm, Kekeruhan 4.80 NTU, Kesadahan Total 586.50 ppm, Kalsium Hardness 305.00 ppm, Magnesium Hardness 51.80 ppm, Klorida 69.00 ppm, Alkalinity P 14.40 ppm, Alkalinity M 194.00 ppm, e-Coli 3.00 sat/100 ml.

Dari data hasil uji parameter air baku oleh pengaruh treatment, baik kekeruhan,

DAFTAR PUSTAKA

- Atastina S.B, Praswasti P.D.K. Wulan , dan Syarifudin. *Penghilangan Kesadahan Air Yang Mengandung Ion Ca²⁺ Dengan Menggunakan Zeolit Alam Lampung Sebagai Penukar Kation* diunduh dari dari "<http://id.wikipedia.org/wiki/Zeolit>"
- Baruth, E.E., (2005). *Water Treatment Plant Design*. McGraw-Hill Publishing, Toronto.
- Camat Benjeng – Gresik. Pebruari 2009. *Data Dampak Banjir Januari 2009* (update data Pebruari 2009).
- Haryani, N.S., Yulianto, F., Mannopo, A.K.S., (2006). *Analisis Tingkat Rawan Banjir di Propinsi Jawa Timur Dari Data Penginderaan Jauh dan SIG*.
- Kusnaedi. 1995. *Mengolah Air Gambut dan Air Kotor untuk Air Minum*. Jakarta:Penebar Swadaya.)
- Linsley R.K. dan Franzini J. 1991. *Teknik Sumber Daya Air*. Jakarta: Erlangga
- Lee, G.C., and Foutch, G.L, (1997). **An Evaluaion of Mass-transfer Coefficients for New and Used Ion Exchange Resin**. *Reacive and Funcional Polymer*. Volume 35, issues 1-2. pp. 55-57
- Mangum, W., (2003). *Applications and Issues for Water Treatment Professionals*. Volume 26, Issue 7 – July 2003
- McGarvey, F.X., Fisher, S.A. (1986, August). **Chapter 2.8 Measurements and control in ion exchange installations**. *Desalination* Volume 59, Pages 403-424 online 17 September 2002. Dipungut 27 Juli 2008.
- Montgomery, J. M. (1985) *Water Treatment Principles and Design*. A Wiley-Interscience Publishing, Singapore.
- Reynold, R. (1982). *Unit operation and processes in environmental engineering*. Australia
- Saifudin, R., Astuti, D., (2005). *Jurnal Penelitian Sains & Teknologi*, Volume. 6, No. 1, : 49 – 64.
- Said N.I. 1999. *Kesehatan Masyarakat dan Teknologi Peningkatan Kualitas Air*.Direktorat Teknologi Lingkungan.
- Sanks, R. L. (1982) *Water Treatment Plant Design*. Butterworths , England.
- Sharples, P.M., Bolto, B.A. (1997). Desalination. *Desalting in Australia : The development of a new Process for Brackhis Water*. Volume 20, issues 1-3 March 1977 pages : 391-401
- Tjokrokusumo. 1995*Pengantar Konsep Teknologi Bersih Khusus Pengelolaan dan Pengolahan Air*. Yogyakarta: STTL YLH.