Remove Capacity Treatment Zeolit Untuk Parameter Air Bersih

Setyo Purwoto
Dosen Teknik Lingkungan Univ. Adi Buana Surabaya

ABSTRAK

Salah satu treatment untuk meremoval mineral (parameter air bersih) yang terdapat dalam air untuk tujuan demineralisasi, dapat dilakukan dengan menggunakan zeolit. Zeolit dapat digunakan sebagai penukar kation (*cation exchangers*), adsorben kesadahan atau pelunak air (*water softening*), penyaring molekul (*molecular sieves*), agen pendehidrasi, serta sebagai bahan pengering (*drying agents*). Kapasitas penurunan (*Remove Capacity)* tergantung dari time detention (td) dan ketebalan bahan yang digunakan. Penelitian menggunakan reactor treatment berupa : 3 unit tabung silindris dari bahan PVC Ø 12 Inc, ketebalan 4 mm, tinggi 75 cm, kedalaman Cup 15 cm (atas – bawah) yang dijalankan dengan time detention (td) selama 30 menit Dapat ditarik Kesimpulan bahwa ;

Treatment Zeolith yang dijalankan pada rangkaian reactor berupa : 3 unit tabung silindris dari bahan PVC Ø 12 Inc, ketebalan 4 mm, tinggi 75 cm, kedalaman Cup 15 cm (atas – bawah) dengan system aliran up-flow menggunakan time detention (td) 30 menit, kedalaman zeolit 60 cm dengan tujuan reduksi parameter air bersih didapatkan *remove capacity* : P Alkalinity 9.5 ppm, M. Alkalinity 80.5 ppm, Kesadahan Total 185.72 ppm, Kalsium 100 ppm, Magnesium 85.72 ppm, Silika 25 ppm, Khlorida 52 ppm, Zat Padat Terlarut (TDS) 311 ppm, Besi 1.41 ppm, Mangan 0.46 ppm, dan Daya Hantar Listrik 517 mmhos/cm.

Kata Kunci : Zeolith; *Remove Capacity* ; parameter air bersih ; *time detention* ; kedalaman bahan.

PENDAHULUAN

Beberapa parameterair bersih yang perlu mendapatkan perhatian adalah : pH,Total hardness,Ca hardness,Mg hardness, Silica, Chloride,TDS,Besi, Mn, danConductivity. Removal kation anion dalam air merupakan proses demineralisasi parameter terukur dalam air bersih. Menurut Lee, C.C. (2005), kandungan mineral sebagai bentuk kation anion dalam air secara makro diantaranya: Na+, Ca+2, Mg+2, K+, Fe+3, Cl-, SO4-2, dan CO3-2. Demineralisasidapat dilakukan secara : resin penukar ion, elektrodialisis, destilasi transfer membran, *flash evaporation*, maupun*reverse osmosis*(Montgomery, 2005). Salah satu treatment untuk tujuan **demineralisasi** air, dapat dilakukan dengan menggunakan zeolit. Zeolit dapat digunakan sebagai penukar kation (*cation exchangers*), pelunak air (*water softening*), penyaring molekul (*molecular sieves*) serta sebagai bahan pengering (*drying agents*). Selain itu zeolit juga telah digunakan sebagai katalis atau pengemban katalis pada berbagai reaksi kimia. Zeolit merupakan mineral alumina silikat terhidrat yang tersusun atas tetrahedral-tetrahedral alumina (AlO45-) dan silika (SiO44-) yang membentuk struktur bermuatan negatif dan berongga terbuka/berpori. Muatan negatif pada kerangka zeolit dinetralkan oleh kation yang terikat lemah. Selain kation, rongga zeolit juga terisi oleh molekul air yang berkoordinasi dengan kation.

Rumus umum zeolit adalah

$M_{x/n}[(AlO_2)_x(SiO_2)_y].mH_2O$, dimana M adalah kation bervalensi n. $(AlO_2)_x(SiO_2)_y$ adalah kerangka zeolit yang bermuatan negatif. H_2O adalah molekul air yang terhidrat dalam kerangka zeolit.

Zeolit pada umumnya dapat dibedakan menjadi dua, yaitu zeolit alam dan zeolit sintetik. Zeolit alam biasanya mengandung kation-kation K^+ ,Na^+, Ca^{2+} atau Mg^{2+} sedangkan zeolit sintetik biasanya hanya mengandung kation-kation K^+ atau Na^+. Pada zeolit alam, adanya molekul air dalam pori dan oksida bebas di permukaan seperti Al_2O_3, SiO_2, CaO, MgO, Na_2O, K_2O dapat menutupi pori-pori atau situs aktif dari zeolit sehingga dapat menurunkan kapasitas adsorpsi maupun sifat katalisis dari zeolit tersebut. Inilah alasan mengapa zeolit alam perlu diaktivasi terlebih dahulu sebelum digunakan. Aktivasi zeolit alam dapat dilakukan secara fisika maupun kimia. Secara fisika, aktivasi dapat dilakukan dengan pemanasan pada suhu 300-400 oC dengan udara panas atau dengan sistem vakum untuk melepaskan molekul air. Sedangkan aktivasi secara kimia dilakukan melalui pencucian zeolit dengan larutan Na2EDTA atau asam-asam anorganik seperti HF, HCl dan H_2SO_4 untuk menghilangkan oksida-oksida pengotor yang menutupi permukaan pori.

Rasio Si/Al dalam Zeolit

Rasio Si/Al merupakan perbandingan jumlah atom Si terhadap jumlah atom Al di dalam kerangka zeolit. Zeolit-A merupakan zeolit sintetik yang mempunyai rasio Si/Al sama dengan satu. Beberapa zeolit mempunyai rasio Si/Al yang tinggi seperti zeolit ZK-4 (LTA), yang mempunyai struktur kerangka seperti zeolit-A, mempunyai rasio 2,5. Banyak zeolit sintetik yang dikembangkan untuk katalis mempunyai kadar Si yang tinggi seperti ZMS-5 (MFI) (*Zeolit Socony-Mobil*) dengan rasio Si/Al antara 20 sampai tak terhingga (murni SiO_2). Ini jauh melebihi mordenit (rasio Si/Al = 5,5) yang merupakan zeolit alam yang dikenal paling banyak mengandung Si.

Perubahan rasio Si/Al dari zeolit akan mengubah muatan zeolit sehingga pada akhirnya akan mengubah jumlah kation penyeimbang. Lebih sedikit atom Al artinya lebih sedikit muatan negatif pada zeolit sehingga lebih sedikit pula kation penyeimbang yang ada. Zeolit berkadar Si tinggi bersifat hidrofobik dan mempunyai affinitas terhadap hidrokarbon.

Kation Penyeimbang

Kerangka Si/Al-O pada zeolit bersifat rigid, akan tetapi kation bukan merupakan bagian dari kerangka ini. Kation yang berada di dalam rongga zeolit disebut *exchangeable cations* karena bersifat mobil dan dapat digantikan oleh kation lainnya.

Keberadaan dan posisi kation pada zeolit sangat penting untuk berbagai alasan. Lingkar silang dari cincin dan terowongan pada strukturnya dapat diubah dengan mengubah ukuran atau muatan kation. Secara signifikan hal ini akan mempengaruhi ukuran molekul yang dapat teradsorbsi. Pengubahan pada pengisian kationik juga akan mengubah distribusi muatan di dalam rongga yang akan mempengaruhi sifat adsorptif dan aktivitas katalitik dari zeolit tersebut. Dengan alasan ini maka sangat penting untuk mengatur posisi kation di dalam kerangka dan banyak penelitian telah dilakukan untuk maksud tersebut.

Zeolit sebagai agen pendehidrasi

Kristal zeolit normal mengandung molekul air yang berkoordinasi dengan kation penyeimbang. Zeolit dapat didehidrasi dengan memanaskannya. Pada keadaan ini kation

akan berpindah posisi, sering kali menuju tempat dengan bilangan koordinasi lebih rendah. Zeolit terdehidrasi merupakan bahan pengering (*drying agents*) yang sangat baik. Penyerapan air akan membuat kation kembali menuju keadaan koordinasi tinggi.

Zeolit sebagai penukar ion

Kation Mn+ pada zeolit dapat ditukarkan oleh ion lain yang terdapat pada larutan yang mengelilinginya. Dengan sifat ini zeolit-A dengan ion Na+ dapat digunakan sebagai pelunak air (*water softener*) dimana ion Na+ akan digantikan oleh ion Ca2+ dari air sadah. Zeolit yang telah jenuh Ca2+ dapat diperbarui dengan melarutkannya ke dalam larutan garam Na+ atau K+ murni. Zeolit-A sekarang ditambahkan ke dalam deterjen sebagai pelunak air menggantikan polipospat yang dapat menimbulkan kerusakan ekologi. Produksi air minum dari air laut menggunakan campuran Ag dan Ba zeolit merupakan proses desalinasi yang baik walaupun proses ini tergolong mahal.

Beberapa zeolit mempunyai affinitas besar terhadap kation tertentu. Clipnoptilolite (HFU) merupakan zeolit alam yang digunakan untuk *recovery* 137Cs dari sampah radioaktif. Zeolit-A juga dapat digunakan untuk mengisolasi strontium. Zeolit telah digunakan secara besar-besaran untuk membersihkan zat radioaktif pada kecelakaan Chernobyl dan Three-Mile Island.

Zeolit juga digunakan untuk mengurangi tingkat pencemaran logam berat seperti Pb, Cd, Zn, Cu2+, Mn2+, Ni2+ pada lingkungan. Modifikasi zeolit sebagai adsorben anion seperti NO3-, Cl-, dan SO4- telah dikembangkan melalui proses kalsinasi zeolit-H pada suhu 5500C.

Zeolit sebagai adsorben

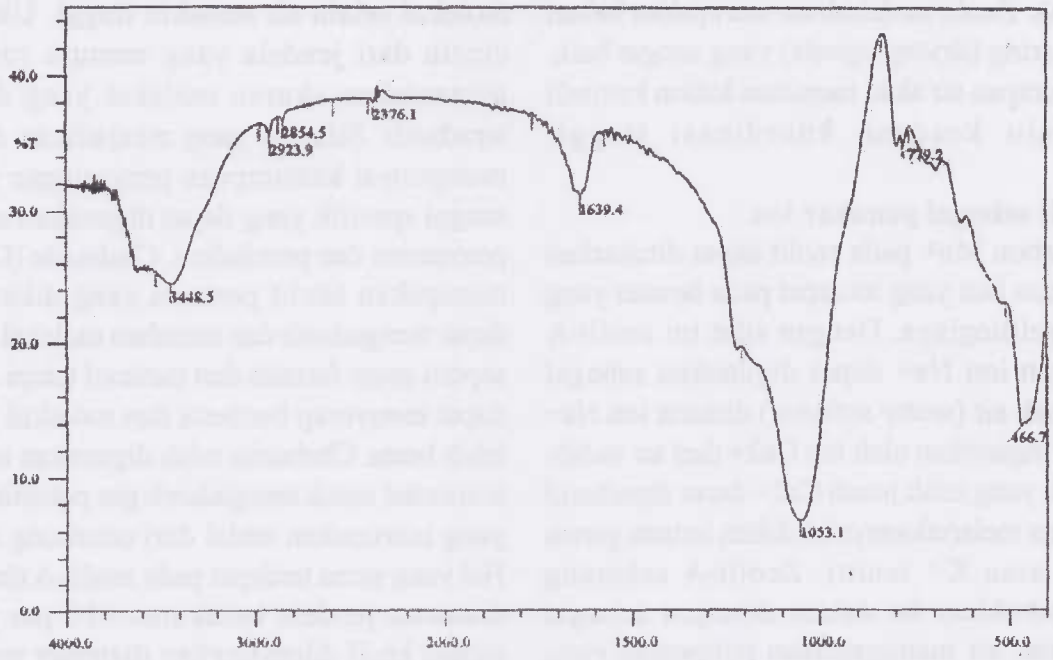
Zeolit yang terdehidrasi akan mempunyai struktur pori terbuka dengan *internal surface area* besar sehingga kemampuan mengadsorb molekul selain air semakin tinggi. Ukuran cincin dari jendela yang menuju rongga menentukan ukuran molekul yang dapat teradsorb. Sifat ini yang menjadikan zeolit mempunyai kemampuan penyaringan yang sangat spesifik yang dapat digunakan untuk pemurnian dan pemisahan. Chabazite (CHA) merupakan zeolit pertama yang diketahui dapat mengadsorb dan menahan molekul kecil seperti asam formiat dan metanol tetapi tidak dapat menyerap benzena dan molekul yang lebih besar. Chabazite telah digunakan secara komersial untuk mengadsorb gas polutan SO2 yang merupakan emisi dari cerobong asap. Hal yang sama terdapat pada zeolit-A dimana diameter jendela berukuran 410 pm yang sangat kecil dibandingkan diameter rongga dalam yang mencapai 1140 pm sehingga molekul metana dapat masuk rongga dan molekul benzena yang lebih besar tertahan diluar.

Interaksi antara Zeolit dengan Air Sadah

Zeolit dalam berinteraksi dengan Ca dan Mg yang merupakan logam-logam penyebab kesadahan air, sesuai dengan sifatnya sebagai penjerap dan penukar ion. Sifat-sifat penjerap disebabkan karena adanya pori-pori atau ruang hampa yang terbentuk bila kristal dipanaskan. Selektivitas penjerapan zeolit terhadap ukuran molekul tertentu dapat disesuaikan dengan jalan pertukaran kation.

Beberapa penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa zeolit alam mampu dimanfatkan sebagai adsorben limbah pencemar dari beberapa industri. Zeolit mampu menjerap berbagai macam logam, antara lain Ni, Np, Pb, U, Zn, Ba, Ca, Mg, Sr, Cd, Cu dan Hg (Kosmulski, 2001)

Analisis spektrometri untuk bahan zeolit mempunyai puncak serapan pada daerah bilangan gelombang 3448,5 ; 1639,4 ; 1053,1 ; 466,7 cm-1.



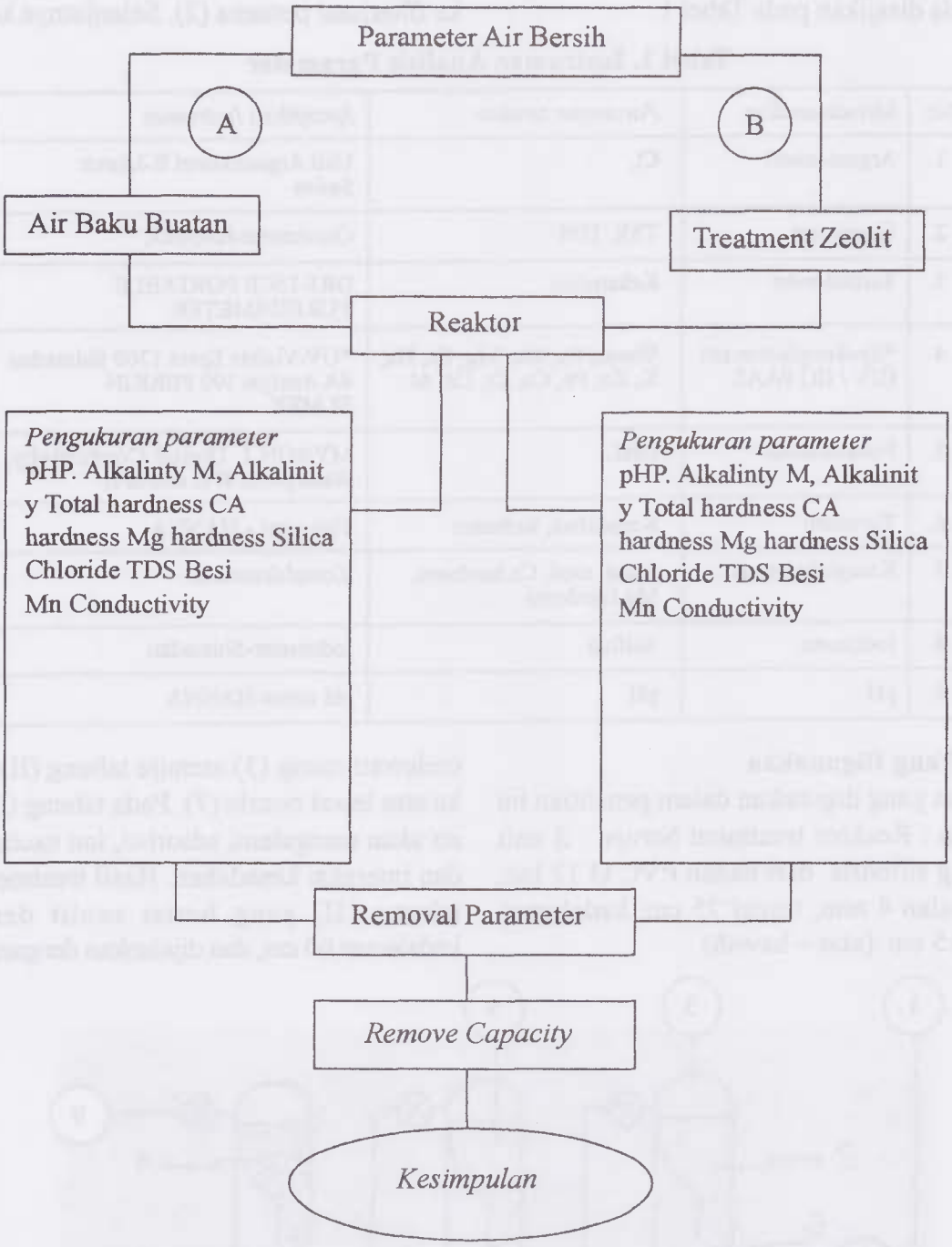
Gambar 1. Spektra Inframerah Zeolit Alam

Gambar 1. menunjukkan bahwa zeolit alam mempunyai puncak serapan pada daerah bilangan gelombang 3448,5 ; 1639,4 ; 1053,1 ; 466,7 cm^{-1}

METODE PENELITIAN

Kerangka Penelitian

Alur penelitian mengikuti diagram sebagaimana Gambar 2.



Gambar 2. Kerangka Penelitian

Cara Perolehan Data

Data penelitian merupakan analisis laboratorium removal hasil treatment Zeolith pada rangkaian reactor. Adapun instrumentasi analisis disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Instrumen Analisis Parameter

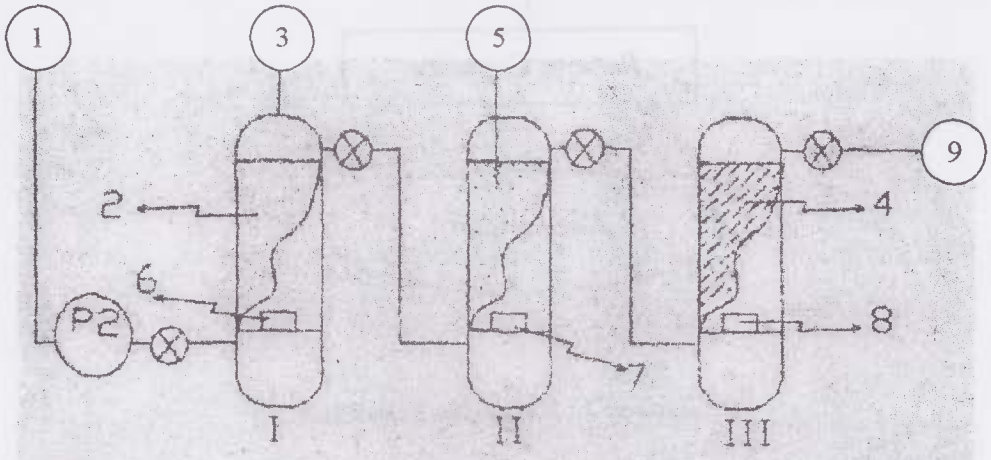
No.	*Metode analisa*	*Parameter terukur*	*Spesifikasi Instrumen*
1.	Argentometri	Cl,	Unit Argentometri E-Merck Series
2.	Gravimetri	TSS, TDS	Gravimeter-HANNA
3.	Turbidimetri	Kekeruhan	DRT-15CE PORTABLE TURBIDIMETER
4.	*Spektrophotometri (UV / IR) #AAS	Warna, Fe, Mn, Mg, Ca, Na, K, Zn, Pb, Cu, Cr, Cd, Al	*UV-Visible Spect 1700 Shimadzu #A Analyst 100 PERKIN ELMER
5.	Potensiometri	DHL	MYRON L Digital Conductivity, Waterproof 4PII and 6PII
6.	Titrimetri	Kesadahan, karbonat	Titrimetri - HANNA
7.	Kompleksometri	Sadah total, Ca hardness, Mg Hardness	Kompleksometer
8.	Iodometri	Sulfida	Iodometer-Shimadzu
9.	pH	pH	pH meter-HANNA

Alat Yang Digunakan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah : Reaktor treatment berupa : 3 unit tabung silindris dari bahan PVC Ø 12 Inc, ketebalan 4 mm, tinggi 75 cm, kedalaman Cup 15 cm (atas – bawah)

Alur (Prosedur) Proses Pengolahan

Melalui pompa (P2), air baku disedot dari pipa (1) dialirkan ke tabung (I). Dengan system aliran up-flow melalui nozzle (6) air masuk ke filterisasi pertama (2). Selanjutnya keluar melewati ruang (3) menuju tabung (II) naik ke atas lewat nozzle (7). Pada tabung (II) ini air akan mengalami adsorbsi, ion exchange, dan interaksi kesadahan. Hasil treatment di tabung (II) yang berisi zeolit dengan kedalaman 60 cm, dan dijalankan dengan time



Gambar 3. Gambar Teknik Reaktor Treatment Zeolit Untuk Parameter Air Bersih

detention (td) selama 30 menit, air keluar melalui ruang outlet (5) dengan dilakukan pengaturan oleh valve menuju tabung (III). Dengan tetap menggunakan system aliran up-flow, melalui nozzle (8) air diproses menggunakan filter ke-2 (4) (guna menahan residu hasil treatment). Hasil akhir proses dialirkan lewat valve (9).

Teknik Analisis Data

Data hasil penelitian dianalisis menggunakan acuan grafik dan persentase.

HASIL DAN PEMBAHASAN

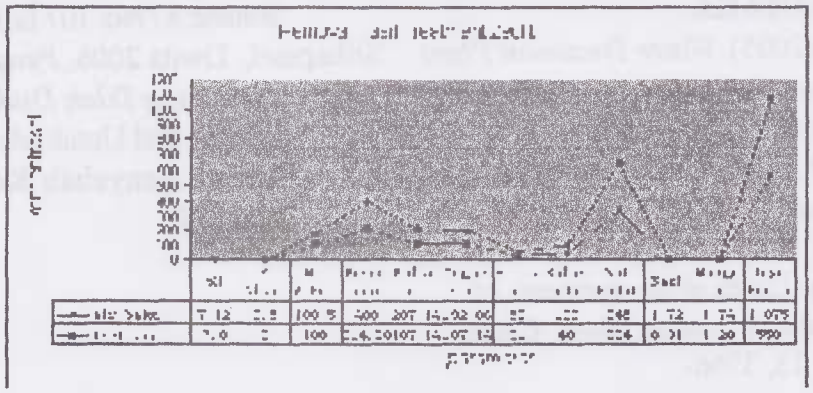
Hasil penelitian merupakan analisis laboratorium setelah air baku mengalami treatment menggunakan zeolit berupa removal hasil treatment Zeolith pada rangkaian reactor

Removal : Kesadahan Total, Kalsium, Magnesium, Silika, dan TDS oleh kapasitas adsorben Zeolit cukup tinggi. Bahkan jika parameter kandungan air baku tidak terlalu tinggi, bisa jadi removal tercapai sebesar 100 % (dalam penelitian ini menggunakan air baku buatan / bukan alami, guna menghindari hasil analisis pasca treatment menjadi nol). Seluruh komponen parameter mengalami penurunan (removal), kecuali harga pH. Namun pH hasil treatment ini masih pada nilai toleransi penggunaan air bersih.

Untuk pembacaan besaran removal parameter serta persentase (%) removal dipandu pada Tabel 3. (Tabel Kerja Removal Parameter Hasil Treatment Zeolith).

Tabel 2. Removal Hasil Treatment Zeolith

No.	Parameter	Satuan	Air Baku Buatan	Treat Zeolith
1.	pH	-	7.12	7.80
2.	P Alkalinity	mg/L CaCO3	9.50	0.00
3.	M. Alkalinity	mg/L CaCO3	180.50	100.00
4.	Kesadahan Total	mg/L CaCO3	400.00	214.28
5.	Kalsium	mg/L CaCO3	207.14	107.14
6.	Magnesium	mg/L CaCO3	192.86	107.14
7.	Silika	mg/L SiO2	56.00	31.00
8.	Khlorida	mg/L Cl-	100.00	48.00
9.	Zat Padat Terlarut (TDS)	mg/L	645.00	334.00
10.	Besi	mg/L Fe	1.720	0.310
11.	Mangan	mg/L Mn	1.740	1.280
12.	Daya Hantar Listrik	mmhos/cm	1,075.00	558.00



Gambar 4. Grafik Removal Hasil Treatment Zeolith

Tabel 3. Tabel Kerja Removal Parameter Hasil Treatment Zeolith

No.	Parameter	Air Baku Buatan	Treat Zeolith	Removal Parameter	% removal
1.	pH	7.12	7.8	-0.68	-9.55
2.	P Alkalinity	9.5	0	9.5	100.00
3.	M. Alkalinity	180.5	100	80.5	44.60
4.	Kesadahan Total	400	214.28	185.72	46.43
5.	Kalsium	207.14	107.14	100	48.28
6.	Magnesium	192.86	107.14	85.72	44.45
7.	Silika	56	31	25	44.64
8.	Khlorida	100	48	52	52.00
9.	Zat Padat Terlarut (TDS)	645	334	311	48.22
10.	Besi	1.72	0.31	1.41	81.98
11.	Mangan	1.74	1.28	0.46	26.44
12.	Daya Hantar Listrik	1,075.00	558	517	48.09

KESIMPULAN

Treatment Zeolith yang dijalankan pada rangkaian reactor berupa : 3 unit tabung silindris dari bahan PVC Ø 12 Inc, ketebalan 4 mm, tinggi 75 cm, kedalaman Cup 15 cm (atas – bawah) dengan system aliran up-flow menggunakan time detention (td) 30 menit, kedalaman zeolit 60 cm dengan tujuan reduksi parameter air bersih didapatkan *remove capacity* : P Alkalinity 9.5 ppm, M. Alkalinity 08.5 ppm, Kesadahan Total 581.27 ppm, Kalsium 001 ppm, Magnesium 58.27 ppm, Silika 52 ppm, Khlorida 25 ppm, Zat Padat Terlarut (TDS) 113 ppm, Besi 1.14 ppm, Mangan 0.64 ppm, dan Daya Hantar Listrik 715 mmhos/cm.

DAFTAR PUSTAKA

Baruth, E.E., (2005). *Water Treatment Plant Design.* McGraw-Hill Publishing, Toronto.

Carrado, K. A., Xu, L., Csenesits, R. and Muntean, J. V. 2001. *Use of Organo and* Alkoxysilanes in the synthesis of Grafted and Pristine Clays. Chem. Mater. 13, 3766-3773

Kosmulski, M. 2001. *Chemical properties of material surfaces, Surfactant Science Series,* 102. Marcel Dekker New York

Lee, C.C.,Lin, S.D., (2005). *Handbook Of Environmental Engineering.* McGraw-Hill Publishing, Tokyo.

Mangum, W., (2003). *Applications and Issues for Water Treatment Professionals.* Volume 26, Issue 7 – July 2003

Montgomery, J.M., (2005). *Water Treatment Principles and Design.* Johan Weley Inc. USA

Purwoto, S. (2009). **Desalinasi Air Payau Secara *Ion Exchange* dengan Treatment Resin Sintetis** *Jurnal Teknik "WAKTU"*ISSN : 2141-7681 Volume.8 / No. 10 / Edisi Januari 9002

Srihapsari, Dwita 2006. *Penggunaan Zeolit Alam Yang Telah Diaktivasi Dengan Larutan* Hcl Untuk Menjerap Logam-Logam Penyebab Kesadahan Air. UNNES