

POTENSI HUMIN HASIL ISOLASI TANAH HUTAN DAMAR BATURRADEN DALAM MENURUNKAN KESADAHAN AIR

Tien Setyaningtyas, Roy Andreas, Kapti Riyani

Program Studi Kimia, Jurusan MIPA

Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto

ABSTRACT

The hardness water is not good for consumption because can resulted kidney disease. One of the method which can be used to degrade rodamin B is adsorption use humin. Humin is biggest fraction of humat materials that insoluble in acid, alcohol and base. The ability of humin for adsorp Ca^{2+} and Mg^{2+} caused by the existence of OH phenolic and carboxylic functional group which can interacted with metal ion. The aim of this study is to recognize humin characteristic from the soil of Baturraden resin forest, and ability of humin from the soil of Baturraden resin forest for decreasing the hardness water.

Humin was isolated from the Baturraden resin forest and purified use mixture of HCl:HF. Purified humin is characterised such as identify of functional group of humin, stipulating of water content, stipulating of dust content, obstetrical stipulating of total acidity content, carboxylic and OH phenolic functional group. Decreasing of hardness water was analysed with variation time 0, 10, 30, 60, 180, 300, 600, 900, 1200 dan 1440 minute.

Humin that isolated from Baturraden resin forest have characteristic such as water content 16.6199 %; dust content 9.2050 %; total acidity content 475 cmol / Kg; carboxylic rate 200 cmol/Kg, and OH phenolic rate 275 cmol/Kg. Decreasing of hardness water in Darmakradenan, Ajibarang subdistrict, Banyumas regency was 54,745 % with equilibrium time at 600 minute (10 hours).

Keywords : Hardness water, humin, isolation

PENDAHULUAN

Air yang akan digunakan sebagai air minum harus memenuhi syarat kriteria kualitas air yang aman dan dapat digunakan sebagai air minum. Parameter yang digunakan antara lain parameter fisika, kimia, bakteriologi dan radioaktivitas. Salah satu parameter kimia adalah kesadahan air. Kadar kesadahan yang dianjurkan untuk air yang layak diminum adalah sebesar 10- 300 mg/L (Depkes, 1990). Kesadahan didefinisikan sebagai jumlah dari ion kalsium (Ca^{2+}) dan magnesium (Mg^{2+}) terlarut dalam air. Kedua ion ini merupakan unsur kesadahan yang paling besar, walaupun beberapa logam lainnya juga termasuk unsur sadah, namun konsentrasinya

dalam air alami sangat kecil. Pada umumnya air dengan kesadahan total lebih dari 200 mg/L (sebagai CaCO_3) dikatakan air sadah (Hauser, 2002)

Kadar kesadahan yang tinggi dapat menyebabkan efek negatif terhadap kesehatan misalnya penyakit batu ginjal dan karang gigi karena air sadah banyak mengandung ion logam Ca^{2+} dan Mg^{2+} (Atastina dkk, 2002). Kandungan kalsium dan magnesium yang tinggi dalam air akan menyebabkan sabun sukar berbusa dan timbul kerak pada panci atau pipa. Kandungan maksimum kalsium dan magnesium yang diperbolehkan dalam air minum masing-masing adalah 75 - 200 mg/L dan 30 - 150 mg/L (Alaerts dan Santika, 1987). Mengingat bahaya yang

dapat ditimbulkan jika mengkonsumsi air dengan kadar kesadahan tinggi maka perlu dilakukan upaya untuk menurunkannya.

Berbagai usaha telah banyak dilakukan untuk mengatasi kesadahan air yang tinggi, salah satunya adalah dengan metode adsorpsi. Bahan adsorben yang sering digunakan antara lain karbon aktif, tanah diatomea, zeolit dan lain-lain. Bahan alternatif lain yang dapat digunakan sebagai adsorben dengan harga yang relatif murah dan mudah diperoleh adalah tanah yang banyak mengandung humin.

Tanah tersusun dari komponen organik dan komponen anorganik. Komponen organik tanah terbagi dalam dua kelompok yaitu bahan humat dan non humat. Bahan non humat meliputi karbohidrat, asam amino, protein, lipid asam nukleat dan lignin. Bahan humat merupakan hasil akhir dekomposisi bahan tanaman di dalam tanah. Bahan humat bersifat reaktif karena mempunyai elektronegativitas yang besar. Gugus –COOH, –OH fenolat, –OH alkoholat serta gugus –C=O pada bahan humat mempunyai kemampuan untuk mengadsorpsi ion logam termasuk Ca^{2+} dan Mg^{2+} . Berdasarkan karakteristik kelarutannya, bahan humat digolongkan dalam tiga fraksi yaitu asam humat, asam fulvat dan humin. Bahan humat banyak terdapat pada tanah yang mengandung humus antara lain tanah gambut dan tanah hutan (Tan, 1994).

Humin merupakan fraksi yang tidak dapat larut dalam alkali, asam atau alkohol. Martin *et.al.*, (2004) menyatakan bahwa humin merupakan fraksi terbesar bahan humat. Humin memiliki gugus karboksilat dan gugus –OH fenolat yang dapat mengadsorpsi ion logam, namun masih sedikit penelitian tentang humin dan pemanfaatan humin sebagai material adsorben logam-logam khususnya untuk menurunkan kesadahan air yang banyak mengandung ion Ca^{2+} dan Mg^{2+} .

Berdasarkan pernyataan di atas maka dalam penelitian ini akan dilakukan karakterisasi humin dari tanah hutan damar Baturraden dan kemampuannya untuk menurunkan kesadahan air.

Metode Penelitian

Tanah untuk isolasi humin diambil dari hutan damar Baturraden, sampel air sadah diambil dari sumber mata air di Desa Darmakradenan Kecamatan Ajibarang, Kabupaten Banyumas.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: eksikator; mortar; ayakan 100 mesh; neraca analitik; muffle furnace; spektroskopi infra merah (IR); pH meter; dan alat-alat gelas. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah NaOH, HCl, HF, $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$, $\text{Ca}(\text{CH}_3\text{COO})_2$, $\text{CH}_3\text{COONH}_4$, $\text{NH}_2\text{OH} \cdot \text{HCl}$, $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, CaCO_3 , MgSO_4 , Gas N_2 , asam nitrat, aquademin, EDTA, indicator pp, indicator metil kuning, EBT, NH_4Cl , NH_4OH , NaCl.

Prosedur Penelitian.

Isolasi Humin (Aiken *et. all*, 1985)

Humin diisolasi dari tanah hutan damar Baturraden. Sampel tanah dibersihkan dari kerikil dan pengotor dengan cara diayak. Sebanyak 2 gram sampel tanah yang telah dibersihkan diekstraksi dengan larutan NaOH 0,5 M dalam botol plastik ukuran 1,5 liter kemudian ditambahkan gas nitrogen (N_2), ditutup rapat dan dikocok dengan bantuan *shaker* selama 24 jam. Residu ekstraksi dipisahkan dari larutan dengan sentrifugasi pada kecepatan 2500 rpm selama 15 menit, lalu didekantasi dan selanjutnya dilakukan pengasaman dengan menambahkan HCl 6 M hingga $\text{pH} < 2$. Residu disaring dengan saringan *buchner*, dibilas dengan larutan HCl 0,01 M dan dicuci dengan akuades, kemudian dikeringudarkan. Humin yang diperoleh dari tahap ini merupakan humin kotor.

Ekstraksi humin dilanjutkan dengan tahap pemurnian. Humin kotor diekstraksi dengan larutan campuran HF-HCl sebanyak tiga tahap. Tahap pertama, humin kotor dicampur dengan (1:1 v/v) 0,2 M HCl dan 0,2 M HF selama 64 jam lalu disaring. Tahap kedua, residu yang diperoleh dimasukkan dalam campuran 1:1 HF (5,5) dan HCl (1,1 M) tiga kali selama satu jam, masing-masing didekantasi. Tahap ketiga, residu dimasukkan dalam larutan 5,5 M HF empat kali masing-masing selama 16 jam. Endapan dipisahkan dari pelarutnya dengan sentrifugasi pada kecepatan 2500 rpm selama 15 menit, didekantasi, dibilas dengan 0,1 M HCl dan terakhir dibilas dengan akudes empat kali. Residu yang diperoleh merupakan humin yang bebas pengotor, selanjutnya humin dikeringudarkan, dihaluskan, diayak dengan ayakan 120 *mesh*. Humin yang diperoleh dikarakterisasi dan digunakan untuk menurunkan kesadahan air.

Karakterisasi Humin

Identifikasi gugus fungsional humin

Humin kotor dan humin yang telah dimurnikan dikarakterisasi menggunakan metode spektroskopi infra merah (IR) untuk mengetahui gugus fungsinya.

Kadar air

Sebanyak 50 miligram humin hasil isolasi yang telah dikeringudarkan dimasukkan ke dalam cawan porselin yang telah diketahui bobotnya. Cawan berisi humin tersebut dipanaskan dalam oven pada suhu 105°C selama 24 jam dan didinginkan dalam desikator kemudian ditimbang. Masing-masing dilakukan dua kali (duplo). Perhitungan kadar air dilakukan dengan rumusan sebagai berikut :

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{A - B}{A} \times 100 \%$$

Keterangan :

A= massa humin sebelum pengeringan (gram)

B= massa humin setelah pengeringan (gram)

Kadar abu

Penetapan kadar abu dilakukan dengan pembakaran dalam tungku perapian (*furnace*) pada temperatur 440°C selama 6 jam, setelah dilakukan pengujian kadar air. Masing-masing dilakukan dua kali (duplo). Perhitungan kadar abu dilakukan dengan rumusan sebagai berikut :

$$\text{Kadar abu (\%)} = \frac{Cx100}{B}$$

Keterangan :

B = berat benda uji kering oven (gram)

C = berat abu (gram)

Keasaman total (Tan, 1994)

Sebanyak 20 mg humin dimasukkan ke dalam erlenmeyer 125 mL dan ditambahkan 10 mL larutan Ba(OH)₂ 0,2 N dalam kondisi atmosfer nitrogen. Erlenmeyer ditutup rapat dan *dishaker* selama 24 jam pada temperatur kamar. Suspensi yang terbentuk disaring kemudian residu dibilas dengan aquades bebas CO₂, filtrat dan air bilasan digabung lalu dititrasi secara potensiometri dengan larutan standar HCl 0,2 N hingga pH 8,4. Titrasi ini juga dilakukan pula terhadap larutan blanko yaitu larutan jenuh Ba(OH)₂ 0,2 N sebanyak 10mL. Perhitungan kemasaman total dilakukan dengan rumusan sebagai berikut :

$$\text{keasaman total} = \frac{(Vb - Vs) \times N \times 10^5}{\text{miligram sampel}} \text{ cmol / kg}$$

Keterangan :

Vb = volume HCl yang digunakan untuk mentitrasi blanko

Vs = volume HCl yang digunakan untuk mentitrasi sampel

N = normalitas larutan standar asam

Kandungan gugus karboksilat (Tan, 1994)

Sebanyak 20 mg humin dimasukkan ke dalam erlenmeyer dan ditambahkan 10 mL larutan $\text{Ba}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ 0,2 M dan 40 mL aquades bebas CO_2 . Dalam waktu yang sama dilakukan juga terhadap larutan blangko yaitu 10 mL larutan $\text{Ba}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ 0,2 M dan 40 mL aquades bebas CO_2 kemudian larutan *dishaker* selama 24 jam pada suhu kamar. Suspensi yang terbentuk disaring kemudian residu dibilas dengan air destilat bebas CO_2 . Filtrat dan air bilasan digabung, kemudian dititrasi dengan menggunakan larutan standar 0,1M NaOH hingga pH 9,8. Perhitungan kandungan gugus karboksilat dilakukan dengan rumusan sebagai berikut,

$$\text{Gugus-COOH} = \frac{(V_s - V_b) \times N \times 10^5}{\text{miligram sampel}} \text{ cmol / kg}$$

Keterangan :

V_b = volume NaOH yang digunakan untuk mentitrasi blangko

V_s = volume NaOH yang digunakan untuk mentitrasi sampel

N = normalitas larutan standar basa

Kandungan gugus OH fenolat (Tan, 1994)

Kandungan gugus -OH fenolat merupakan selisih antara kemasaman total dengan kandungan gugus -COOH. Perhitungan kandungan gugus OH fenolat dilakukan dengan rumusan sebagai berikut,

$$\text{OH fenol} = \text{keasaman total} - \text{kandungan COOH}$$

Potensi Humin untuk menurunkan kesadahan air

Humin sebanyak 3 gram dimasukkan ke dalam gelas beker yang telah berisi 1 liter air yang akan diturunkan kesadahannya. Kemudian diaduk dengan menggunakan *magnetic stirrer*. Analisis kesadahan air dilakukan dengan variasi waktu yaitu 0 ; 10 menit

; 30 menit ; 60 menit ; 1 jam ; 3 jam ; 5 jam ; 10 jam ; 20 jam dan 24 jam.

Adapun analisis Ca dan Mg (kesadahan total) adalah sebagai berikut :

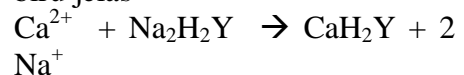
1. Penetapan kalsium dengan EBT sebagai indikator

a. ditimbang 0,4 g kalsium karbonat dimasukkan ke dalam labu 250 mL, teteskan sedikit demi sedikit HCl 5 N sambil diaduk-aduk hingga cairan menjadi jernih (semua CaCO_3 larut), kemudian diencerkan hingga tanda batas.

b. diambil 25 mL dengan pipet seukuran dan dimasukkan ke dalam labu erlenmeyer 250 mL. ditambahkan 25 mL air, 1 tetes phenolphthalein 0,1%. Netralkan cairan ini dengan NaOH 0,1 N dan dicatat pemakaian larutan NaOH ini (x mL)

c. pekerjaan (b) diulangi tetapi tanpa penambahan phenolthalein kemudian ditambahkan 1 mL larutan buffer pH = 10 yang mengandung Mg-EDTA dan 0,1 g indikator EBT dalam NaCl atau 3 tetes larutan indikator EBT

d. dititrasi dengan larutan EDTA 0,01 M hingga terjadi perubahan warna dari merah anggur menjadi biru jelas



Berat atom Ca = 40,08

Berat setara = 20,04

$$\% \text{Ca} = \frac{250 \text{ mL EDTA. N. } 20.04}{25 \text{ berat contoh (mg)}} \times 100 \%$$

2. Penetapan magnesium dengan EDTA

a. ditimbang 0,95 g $\text{MgSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$ dimasukkan ke dalam labu 250 mL isi sampai tanda batas

b. diambil 25 mL dengan pipet seukuran dan dimasukkan ke dalam labu erlenmeyer 250 mL

c. ditambah 25 mL air, 1 mL larutan buffer dan 0,1 g indikator EBT

dalam NaCl atau 3 tetes larutan indikator EBT

- d. dititrasi dengan larutan EDTA 0,01 M hingga terjadi perubahan dari merah anggur menjadi biru yang jelas
- $$\text{Mg}^{2+} + \text{Na}_2\text{H}_2\text{Y} \rightarrow \text{MgH}_2\text{Y} + 2 \text{Na}^+$$
- Berat atom Mg = 24,32
Berat setara = 12,16

$$\% \text{Mg} = \frac{250 \text{ mL EDTA} \cdot \text{N} \cdot 12,16}{25 \text{ Berat Contoh (dlm mg)}} \times 100 \%$$

3. Penetapan derajat kesadahan air
 - a. diambil 100 mL contoh air dengan gelas ukur, dimasukkan ke dalam labu Erlenmeyer 250 mL
 - b. ditambahkan 2 mL larutan buffer pH= 10 dan 0,2 g indikator EBT dalam NaCl.
 - c. dititrasi dengan larutan EDTA 1/56 M sampai terjadi perubahan

warna dari merah anggur menjadi biru yang jelas

Keterangan

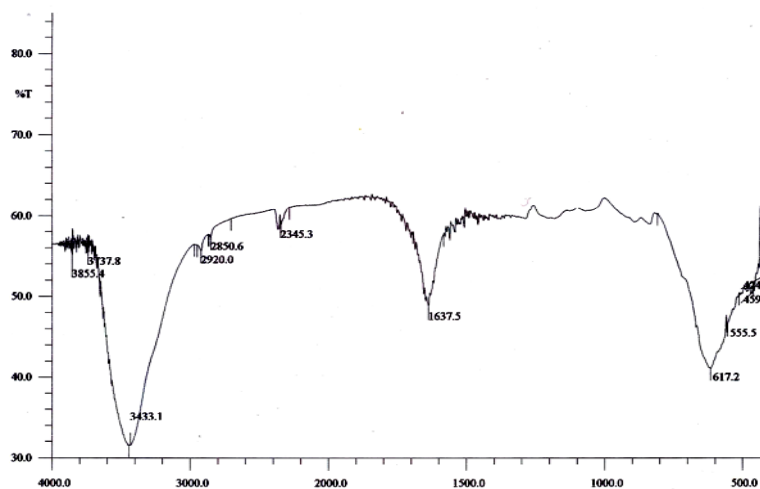
Kesadahan air dinyatakan dalam derajat kesadahan jerman (D^0) per liter

1 D^0 = 10 mg CaO per liter larutan EDTA 1/56 = 1 mg CaO

HASIL DAN PEMBAHASAN

Humin hasil isolasi setelah proses pemurnian dianalisis dengan menggunakan spektrofotometer inframerah Shimadzu FTIR-8201PC dengan sel KBr untuk mengetahui adanya gugus fungsional humin yang diharapkan mengandung gugus -COOH dan -OH fenolat.

Hasil analisis kualitatif gugus fungsional humin setelah proses pemurnian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Spektrum IR humin hasil isolasi setelah pemurnian

Spektrum IR humin setelah pemurnian menunjukkan adanya gugus -OH terlihat pada pita serapan dengan bilangan gelombang 3433,1 cm^{-1} . Bilangan gelombang 1637,5 cm^{-1} menunjukkan vibrasi ulur C=C aromatik atau C=O (keton terkonjugasi) mengikat hidrogen, sedangkan bilangan gelombang 2920 cm^{-1} dan 2850,6 cm^{-1} merupakan

vibrasi ulur C-H alifatik. Adanya -OH dari -COOH ditunjukkan dengan pita serapan pada bilangan gelombang 2345,3 cm^{-1} (Aiken, et.all., 1985).

Kadar air merupakan banyaknya air yang terkandung dalam bahan yang dinyatakan dalam persen. Penetapan kadar air dilakukan dengan memanaskan kadar air dilakukan dengan memanaskan humin pada suhu 105°C selama 24 jam. Kadar abu suatu bahan adalah kadar

residu hasil pembakaran semua komponen organik di dalam bahan yang biasanya berupa mineral. Penetapan kadar abu dilakukan dengan cara memanaskan humin kering pada suhu 440°C selama 6 jam (SNI 13-6793, 2002). Penentuan gugus fungsional humin secara kuantitatif yaitu nilai keasaman total, gugus karboksilat dan gugus -OH fenolat dilakukan dengan

metode titrasi potensiometri. Keasaman total atau kapasitas tukar senyawa humat tanah dikarenakan oleh kehadiran proton yang dapat terdisosiasi atau ion-ion H pada gugus-gugus karboksil aromatik dan alifatik dan gugus hidroksil fenolik (Tan, 1994). Hasil karakterisasi humin hasil isolasi terlihat pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil karakterisasi humin

	Kadar				
	Air (%)	Abu (%)	Keasaman total (cmol/kg)	Karboksilat (cmol/kg)	OH fenolat (cmol/kg)
Humin murni	16,62	9,2	475	200	275

Efektifitas proses pemurnian akan makin tinggi apabila makin banyak mineral yang hilang dari humin. Abu yang dihasilkan merupakan residu proses pembakaran humin pada temperatur tinggi yaitu mineral, maka kadar abu dapat digunakan sebagai ukuran keberhasilan suatu proses pemurnian. Makin efektif proses pemurnian maka kadar abu semakin sedikit.

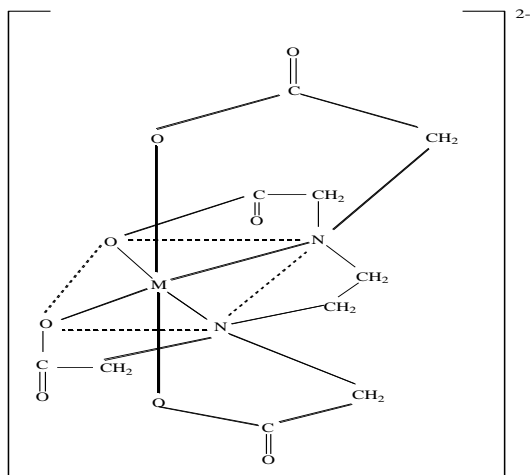
Potensi Humin untuk Menurunkan Kesadahan Air

Air yang mempunyai sifat sadah tidak dapat dikonsumsi secara langsung. Air tersebut harus diproses terlebih dahulu. Penggunaan air sadah untuk minum tanpa diproses terlebih dahulu dapat menyebabkan penyakit batu ginjal atau kandung kemih. Hal ini disebabkan air sadah mengandung ion kalsium (Ca^{2+}) dan magnesium (Mg^{2+}).

Penurunan kesadahan dapat dilakukan dengan metode adsorpsi. Metode adsorpsi untuk menurunkan kesadahan air pada penelitian ini menggunakan humin sebagai adsorben. Air sadah diadsorpsi oleh humin menggunakan sistem "batch" dengan variasi waktu 0; 10 menit; 30 menit; 60

menit ; 1 jam ; 3 jam ; 5 jam ; 10 jam ; 20 jam dan 24 jam, kemudian dianalisis kesadahan totalnya. Kesadahan total merupakan jumlah ion-ion Ca^{2+} dan Mg^{2+} yang dapat ditentukan dengan metode titrasi. Analisis kesadahan total air pada penelitian ini menggunakan titrasi kompleksometri.

Titration kompleksometri meliputi reaksi pembentukan ion-ion kompleks ataupun pembentukan molekul netral yang terdisosiasi dalam larutan yang biasanya menggunakan EDTA (Etilen Diamin Tetra Asetat) sebagai pentiter. EDTA dapat bereaksi dengan ion logam seperti ion-ion Ca^{2+} dan Mg^{2+} yang terkandung dalam air sadah membentuk senyawa kompleks. Gambar 2 memperlihatkan struktur EDTA dalam mengkhelat logam.

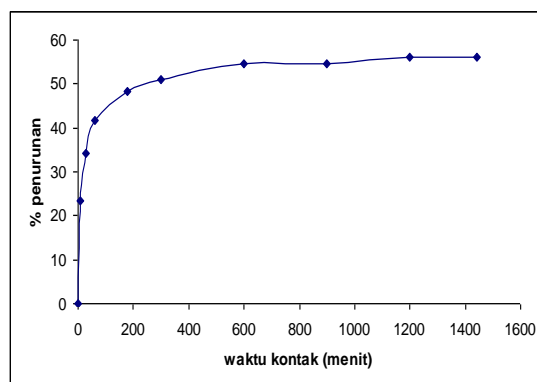


Gambar 2. Struktur EDTA mengkhelat logam (Day dan Underwood, 2002)

Pengendapan CaCO_3 dapat terjadi pada sampel air sadah hasil adsorpsi, jika terjadi pengendapan akan mengurangi kadar kesadahan terlarut dalam air. Penambahan asam dapat mencegah terjadinya pengendapan CaCO_3 . Pengenceran juga dapat mencegah terbentuknya endapan yang disebabkan kadar Ca^{2+} terlalu tinggi dalam larutan. Penambahan buffer ammonia-amonium klorida pH 10 dilakukan sebelum titrasi. Penambahan buffer pH 10 ini berfungsi untuk menstabilkan kompleks yang terjadi antara ligan EDTA dengan kation Ca^{2+} dan Mg^{2+} yang ada dalam sampel air sadah, namun pH yang terlalu tinggi pada air sadah dapat menyebabkan ion-ion kesadahan hilang dari larutan karena terjadi pengendapan $\text{Mg}(\text{OH})_2$ (Alaerts dan Santika, 1984).

Analisis kadar kesadahan total air dari desa Darmakradenan Kecamatan Ajibarang Kabupaten Banyumas menunjukkan kadar kesadahan yang cukup tinggi yaitu 548 mg/L sebagai CaCO_3 . Depkes RI menetapkan kadar kesadahan total maksimal untuk standar kualitas air minum yang diperbolehkan adalah 300 mg/L sebagai CaCO_3 , dengan demikian kesadahan total air di Desa Darmakradenan sudah melebihi ambang

batas. Penurunan kesadahan air menggunakan humin dapat terlihat pada gambar 3.



Gambar 3. Penurunan kesadahan air menggunakan humin

Gambar 3 menunjukkan penurunan kesadahan total air oleh humin semakin meningkat dengan meningkatnya waktu kontak dan mencapai kesetimbangan pada waktu 600 menit (10 jam). Waktu kesetimbangan yaitu waktu setelah permukaan adsorben jenuh atau telah tertutupi semua oleh adsorbat maka adsorben tidak mampu lagi mengadsorpsi adsorbat. Perpanjangan waktu kontak tidak memberikan pengaruh besar terhadap persentase penurunan kesadahan air karena permukaan abu terbang telah jenuh. Permukaan adsorben yang telah jenuh oleh molekul teradsorpsi tidak akan mampu lagi untuk meningkatkan daya adsorpsinya meskipun konsentrasi adsorbat diperbesar (Lubis dan Nasution, 2002). Hasil penelitian diperoleh kesadahan pada waktu kesetimbangan sebesar 248 ppm dengan persen penurunan sebesar 54,745%.

KESIMPULAN

1. Karakteristik humin hasil isolasi dari tanah hutan damar Baturraden memiliki kadar air 16,62%; kadar abu 9,2%; kandungan keasaman total 475 cmol/kg; kandungan gugus karboksilat 200 cmol/kg dan kandungan gugus -OH fenolat 275 cmol/kg.

2. Penurunan kesadahan air di Desa Darmakradenan Kecamatan Ajibarang Kabupaten Banyumas menggunakan humin hasil isolasi tanah hutan damar Baturraden sebesar 54,745% dengan waktu kesetimbangan 600 menit (10 jam)

DAFTAR PUSTAKA

- Aiken, GR, D.M. McKnight, R.L. Wershaw, dan P. MacCarthy, 1985, "*Humic Substances in Soil Sediment and Water : Geochemistry, Isolation, and Characterization*", John Wiley & Son, New York.
- Alaerts dan Santika, S.S., 1987. *Metode Penelitian Air*. Penerbit Usaha Nasional Surabaya Indonesia
- Atastina, Praswasti dan Syarifudin., 2002. *Penghilangan Kesadahan air yang mengandung ion Ca^{2+} dengan menggunakan zeolit alam Lampung sebagai Penukar Kation* Universitas Indonesia, Jakarta
- Day, R. A. dan A. L Underwood., 2002, *Analisis Kimia Kuantitatif*, Erlangga, Jakarta
- Departemen Kesehatan RI., 1990., *Standar Kesehatan Air Minum*, Depkes RI.. Jakarta
- Hauser, A.Barbara.2002. *Drinking Water Chemistry: A Laboratory Manual*. Lewis Publisher. United State of America
- Lubis, S. dan R. Nasution, 2002, Pemanfaatan Limbah Bubuk Kopi sebagai Adsorben pada Penurunan Kadar Besi (Fe Anorganik) dalam Air Minum, *Jurnal Natural* Volume 2. Nomor 2
- Martin, Netto dan C.S. Sergio . 2004. Studies of Semiquinone Free Radicals by ESR in the Whole Soil, HA, FA and Humin Substances. *J. Braz. Chem. Soc.*, Vol. 15, No. 1, 34-37
- SNI. 2002. *Metode Pengujian Kadar Air, Kadar Abu dan Bahan Organik dari Tanah Gambut dan Tanah Organik Lainnya*. SNI 13-6793-200
- Tan, K. H., 1994, "*Environment Soil Science*", Marcel Dekker Inc, New York.