



## PENGARUH TINGGI TUMPUKAN BIJI KELOR TERHADAP PENURUNAN KESADAHAN AIR

La Ifa<sup>1,\*</sup>, Takdir Syarif<sup>1</sup>, Muhammad Syahrul<sup>1</sup>, Muhammad Nuh<sup>1</sup>

<sup>1)</sup> Department of Chemical Engineering, Faculty of Industrial Technology, Universitas Muslim Indonesia, Kampus II UMI Makassar, Jln Urip Sumoharjo, Panakkukang Makassar 90232 South Sulawesi, Indonesia

<sup>\*)</sup>Corresponding author: la.ifa@umi.ac.id

### Abstrak

*Tujuan penelitian ini adalah mempelajari pengaruh tinggi tumpukan biji kelor terhadap penurunan kesadahan air dengan cara adsorpsi menggunakan biji kelor. Bahan penelitian yang digunakan adalah biji kelor yang telah tua dan kering dipohon. Biji kelor di keringkan pada suhu 40oC dan dihaluskan pada ayakan lolos mesh no 4 dan tertahan pada ayakan mesh no 8. Biji kelor dimasukkan kedalam tabung pada ketinggian 10 cm, 15 cm dan 20 cm dan dimasukkan air sadah yang telah dibuat hingga tinggi maksimum tabung, di tentukan kesadahan awal ( $C_{A0}$ ) dan setiap interval 10 menit air sadah dikeluarkan dalam tabung 25 ml dan di tentukan nilai kesadahannya hingga menit ke 100. Dari hasil penelitian ini menunjukkan bahwa persentase penyerapann biji kelor tertinggi terhadap kesadahaan adalah pada tinggi tumpukan biji kelor  $h=20$  cm sebesar 89.05% dengan nilai optimasi koefisien transfer massanya sebesar 0,008 perdetik..*

**Kata kunci:** tinggi tumpukan, biji kelor, kesadahan

### 1. PENDAHULUAN

Air dalam keperluan sehari-hari, digunakan untuk minum, memasak, mandi, mencuci dan keperluan vital lainnya. Oleh karena itu air yang dipergunakan harus memenuhi syarat-syarat yang telah ditetapkan, baik syarat kualitas maupun syarat kuantitas (Kusnaedi, 2002).

Air sadah yang telah melebihi batas maksimum ( $\geq 500$  mg/l), dapat menyebabkan beberapa masalah kesehatan. Menurut WHO dampak yang timbul dari penggunaan air sadah tersebut terhadap kesehatan berupa penyumbatan pembuluh darah jantung (cardiovascular disease) dan batu ginjal (urolithiasis). Kesadahan dalam air dapat mengakibatkan kerugian ekonomi, yaitu pemakaian sabun yang menjadi boros karena buih yang dihasilkan sedikit, serta menyebabkan terjadinya penyumbatan pada pipa logam oleh endapan  $CaCO_3$  sereta timbulnya kerak pada peralatan yang terbuat dari logam dan. Kerak yang ditimbulkan tersebut dapat menyebabkan transfer panas yang dibutuhkan harus lebih besar sereta waktu yang diperlukan lebih lama (Park, et al., 2007).

Pemanfaatan bahan-bahan koagulan alamiah seperti biji kelor dimungkinkan dapat menggantikan bahan koagulan sintesis seperti alum, sehingga permasalahan-permasalahan yang dihadapi oleh masyarakat desa khususnya dan industri pengolahan air umumnya dapat teratasi. Disisi lain pemanfaatan biji kelor yang selama ini jarang digunakan tentunya akan meningkatnya nilai tambah dan pada akhirnya akan membantu kesejahteraan masyarakat.

Adapun yang menjadi tujuan dalam penelitian ini adalah menentukan pengaruh tinggi tumpukan biji kelor terhadap persentase penurunan kesadahan air. Selain itu, ingin pula dicara nilai tetapa transfer massa pada setiap variasi ketinggian tumpukan biji kelor.

#### 1.1 Pemodelan

Air mengandung zat A dengan konsentrasi  $CA_0$  akan dihilangkan A-nya dengan cara adsorbs, Air tersebut dialirkan dari atas ke bawah pada fixed bed colum yang berisi butiran-butiran adsorben. Pada proses yang dibahas, butir-butir berukuran sangat kecil sehingga yang mengontrol kecepatan proses adsorbs adalah perpindahan massa dari cairan kepermukaan butir yang kecepatannya dapat di dekati dengan persamaan:

$$NA = KCA.a.(CA - CA^*) \quad (1)$$

dengan :

$C_A$  = konsentrasi A dalam cairan

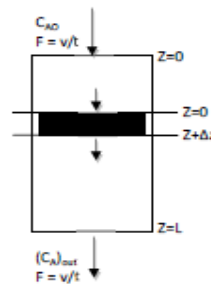
$C_A^*$  = konsentrasi A dalam cairan yang setimbang dengan permukaan butir adsorben.

Misal hubungan kesetimbangan adsorbs dapat didekati dengan persamaan yang mirip dengan Hukum Henry

$$C_A^* = H.X_A \quad (2)$$

dengan :

$X_A$  = gram A teradsorpsi/gram adsorben. Rapat bulk butir-butir adsorben =  $\rho_b$ . Porositas bed =  $\epsilon$ . Kecepatan alir =  $F$  volume/waktu. Luas penampang kolom =  $S$ . Perpindahan massa A arah aksial dalam kolom terjadi karena dibawa arus  $F.C_A$  dan difusi aksial  $-D_e.S.\frac{\partial C_A}{\partial z}$ . Aliran dianggap plug flow. Ingin disusun persamaan-persamaan matematis yang bias dipakai untuk menghitung kadar A dalam air didalam kolom pada berbagai posisi (tinggi) dan waktu, serta kadar A terserap oleh adsorben pada berbagai posisi dan waktu.



Gambar 1. Fixed bed colum adsorber

Neraca massa A pada fase cair dalam elemen volum setebal  $\Delta z$ .

Rate of input – Rate of output = Rate of accumulation

$$\left( -D_e.S.\frac{\partial C_A}{\partial z} \Big|_z + F.C_A \Big|_z \right) - \left( -D_e.S.\frac{\partial C_A}{\partial z} \Big|_{z+\Delta z} + F.C_A \Big|_{z+\Delta z} + K_C.a.(C_A - C_A^*)S.\Delta z \right) = S.\Delta z.\epsilon.\frac{\partial C_A}{\partial t} \quad (3)$$

$$\frac{\partial C_A}{\partial z} \Big|_{z+\Delta z} - \frac{\partial C_A}{\partial z} \Big|_z - \frac{F}{S.D_e} \cdot \frac{C_A \Big|_{z+\Delta z} - C_A \Big|_z}{\Delta z} - \frac{K_C.a}{D_e} \cdot (C_A - C_A^*) = \frac{\epsilon}{D_e} \cdot \frac{\partial C_A}{\partial t} \quad (4)$$

Jika diambil limit  $\Delta z \rightarrow 0$ , diperoleh:

$$\frac{\partial}{\partial z} \left( \frac{\partial C_A}{\partial z} \right) - \frac{F}{S.D_e} \cdot \frac{\partial C_A}{\partial z} - \frac{K_C.a}{D_e} \cdot (C_A - C_A^*) = \frac{\epsilon}{D_e} \cdot \frac{\partial C_A}{\partial t} \quad (5)$$

$$\frac{\partial^2 C_A}{\partial z^2} - \frac{F}{S.D_e} \cdot \frac{\partial C_A}{\partial z} - \frac{K_C.a}{D_e} \cdot (C_A - C_A^*) = \frac{\epsilon}{D_e} \cdot \frac{\partial C_A}{\partial t} \quad (6)$$

Jika perpindahan massa difusi aksial di abaikan, maka dengan mudah terlihat bahwa suku  $\frac{\partial^2 C_A}{\partial z^2}$  hilang. Oleh karena proses yang berlangsung secara batch dan perpindahan massa aksial diabaikan sehingga persamaan (6) akan diperoleh bentuk yang lebih sederhana:

$$\frac{dC_A}{dt} = \frac{K_C a}{\varepsilon} \cdot (C_A - C_A^*) \quad (7)$$

Untuk menghilangkan  $C_A^*$  pada persamaan (7) dibutuhkan neraca massa pada elemen volum pada absorben. Neraca massa A teradsorpsi dalam absorben dalam elemen volum:

*Rate of Input – Rate of output = Rate of Acumulation*

$$K_C a \cdot (C_A - C_A^*) \cdot S \cdot \Delta z - 0 = S \cdot \Delta z \cdot \rho_b \cdot \frac{dX_A}{dt} \quad (8)$$

Jika diambil limit  $\Delta z \rightarrow 0$  dan dilakukan penyederhanaan, akan diperoleh:

$$\frac{dX_A}{dt} = \frac{K_C a}{\rho_b} \cdot (C_A - C_A^*) \quad (9)$$

Jadi diperoleh persamaan diferensial parsial simultan (7) dan (9) dengan persamaan pelengkap (2).

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1 Alat dan Bahan

Bahan yang digunakan berupa biji kelor yang telah matang dan kering dipohon dimana kami memperolehnya dari daerah Malili, bahan lain yaitu contoh air sadah. Air sadah ini kami buat dari standar  $\pm 1000 \text{ mg/L CaCO}_3$ . Bahan kimia yang digunakan untuk penentuan kadar kesadahan sebagai  $\text{CaCO}_3$ , larutan penitar EDTA berupa 0.002M, indicator EBT, larutan buffer pH 10. Alat yang kami gunakan dalam penelitian ini berupa tabung dari pipa acrylik transparan berdiameter  $\pm 2.5 \text{ inch}$  dengan panjang  $\pm 1 \text{ meter}$  dimana dasarnya datar dan terdapat kran untuk mengeluarkan air sadah.

### 2.2 Variabel Penelitian

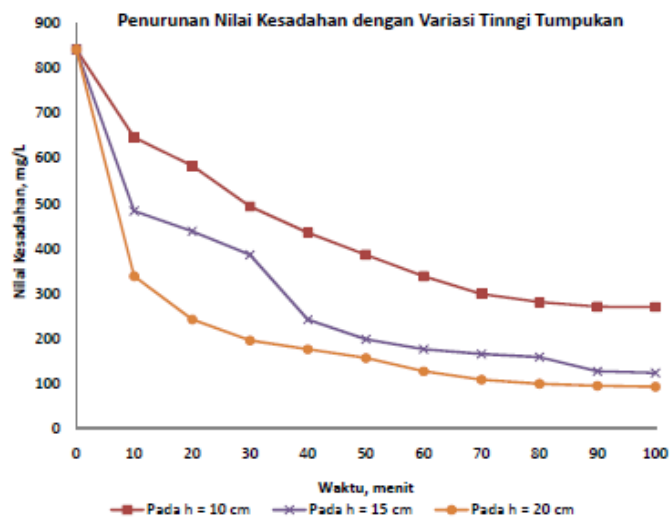
Penelitian ini terdiri dari dua variabel yaitu :

1. Pengaruh tinggi tumpukan  $h$  (10cm, 15cm dan 20cm)
2. Waktu kontak,  $t$  0menit, 10menit hingga pada menit ke  $t=100$ menit).

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Analisis Hasil dan Pengolahan Data

Hasil penelitian pengaruh tinggi tumpukan biji kelor terhadap penurunan nilai kesadahan di sajikan pada pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Hubungan antara Nilai kesadahan terhadap waktu pada variasi ketinggian tumpukan  $h=10\text{cm}$ ,  $h=15\text{cm}$  dan  $h=20\text{cm}$

Dari Gambar 2 terlihat bahwa pada tinggi tumpukan  $h = 10\text{cm}$  pada menit 10 hingga 70 nampak presentase kesadahan menurun secara signifikan sedangkan pada menit ke 70 sampai menit ke 100 cenderung stabil menuju kesadahan steady. Pada tinggi tumpukkan  $h = 15 \text{ cm}$  tampak pada menit ke 10 hingga menit ke

40 nampak presentase kesadahan menurun secara signifikan. Sedangkan pada menit ke 40 hingga ke 80 penurunannya mulai stabil dan selanjutnya hingga menit ke 100 cenderung steady. Pada tinggi tumpukan  $h = 20$  cm tampak pada menit ke 10 hingga menit ke 30 nampak presentase kesadahan menurun secara signifikan. Sedangkan pada menit ke 30 hingga ke 70 penurunannya mulai stabil dan selanjutnya hingga menit ke 100 cenderung steady. Semakin tinggi tumpukan biji kelor semakin tinggi persentase (% yield) nya, yakni pada tinggi tumpukan  $h = 20$  cm dengan % yield sebesar 89,09%.

Penelitian ini membutuhkan waktu yang lebih singkat bila dibandingkan dengan penelitian Ni. M.S.M dkk, (2013) yakni 4 jam.

### 3.2 Nilai Optimasi Variabel Penelitian dengan Koefisien Transfer Massa(Kca)

**Tabel 1.** Perhitungan CA pada berbagai ketinggian biji kelor

T	h = 10 cm		h = 15 cm		h = 20 cm	
	CAD	CAH	CAD	CAH	CAD	CAH
0	842,52	842,52	842,52	842,52	842,52	842,52
10	647,27	721,00	483,25	631,69	338,29	539,77
20	584,32	584,32	617,64	438,40	475,46	349,25
30	493,82	493,82	529,75	386,02	359,68	195,73
40	435,04	435,04	456,00	242,19	273,89	176,19
50	386,02	386,02	391,42	197,98	210,32	156,81
60	338,29	337,35	175,87	163,20	127,18	76,54
70	299,21	291,37	165,62	128,29	108,60	57,73
80	281,11	252,26	158,41	102,42	98,99	45,90
90	270,70	219,00	127,18	83,25	94,50	38,45

t	h = 10 cm		h = 15 cm		h = 20 cm	
	CAD	CAH	CAD	CAH	CAD	CAH
100	269,74	190,72	123,34	69,04	92,26	33,75
% yield		67,98		85,36		89,05
kCA		0,003		0,005		0,008
Henry		0,160		0,141		0,117
SSE		0,0002		0,0001		0,0004

Dari Tabel 1 terlihat bahwa semakin tinggi tumpukan biji kelor maka semakin besar transfer massa dan persen yield semakin meningkat.

#### 4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan :

1. Biji kelor dapat digunakan sebagai penyerap untuk menurunkan kesadahan air.
2. Tinggi tumpukan biji kelor berpengaruh terhadap laju penurunan kesadahan.
3. Nilai transfer massa untuk masing-masing ketinggian  $h=10$ cm adalah 0.003, pada ketinggian  $h=15$ cm adalah 0.005 dan pada ketinggian  $h=20$ cm adalah 0.008. Jadi dengan tinggi tumpukan  $h=20$  cm adalah ketinggian yang terbaik.
4. Tetapan Henry pada ketinggian  $h=10$ cm adalah 0.160, pada ketinggian  $h=15$ cm adalah 0.141 dan pada ketinggian  $h=20$ cm adalah 0.117.
5. Persentase yield pada ketinggian  $h=10$ cm adalah 67.98%, pada ketinggian  $h=15$ cm adalah 85.36% dan pada ketinggian  $h=20$ cm adalah 89.05%. Jadi pada ketinggian  $h=20$  cm yang memberikan hasil yang paling baik karena persentase penyerapannya terhadap kesadahan sangat tinggi.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Khopkar, S.M., 2002. Konsep Dasar Kimia Analitik, Universitas Indonesia Press, Jakarta
- Kusnaedi, 2002, Mengolah Gambut dan Air Kotor untuk Air Minum, Penebar Swadaya, Jakarta
- Ni Made Shinta Megawati, Anak Agung Bawa Putra, dan James Sibarani, 2013. "Pemanfaatan Arang Batang Pisang Untuk Menurunkan Kesadahan Air" Jurnal Kimia m7 (2), Juli 2013; 153-162
- Sudarmi S dan Siswanti, 2001 Koefisien Transfer Massa pada si Biji Pala dengan Pelarut Etanol Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta Jalan SWK 104 Condong Catur Yogyakarta



- Sediawan W. B., Prasetya A., 1997, "Pemodelan Matematis dan Penyelesaian Numeris dalam Teknik Kimia dengan Bahasa Basic dan Fortran", Ed 1, ANDI, Yogyakarta
- Sherwood, 1975, "Mass Transfer", John Wiley and Son's Inc, New York Swern, Daniel, 1964, Bailey's Industrial Oil and Fat Product, 3th ed, Interscience Publisher a Division of John Wiley & Sons, Philadelphia
- Treyball, R.E, 1981, "Mass Transfer Operation", 3ed, McGraw Hill Book Company, New York
- Pandia S dan Husin A, 2005, "Pengaruh Massa Dan Ukuran Biji Kelor pada Proses Penjenihan Air" Jurnal Teknologi Proses Media Publikasi Karya Ilmiah Teknik Kimia
- Park. J.S., Song, J.H., Yeon K. H. And Moon, S. H., 2007, Removal of Hardness Ions from Tap Water Using Electromembrane Process, Desalination, 202
- Rahayu S R, 2011, " Kajian Potensi Biji Kelor (Moringa oleifera) Sebagai Koagulan". Departemen Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Pertanian Bogor
- Triwaningsih, 2008, "Adsorpsi Biji Kelor (Moringa oleifera) terhadap Ion Logam Pb(II) dalam Air" Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang
- Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/MENKES/PER/IV/2010 Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum
- PO-LK-58 Kesadahan AMDK SNI, 2011 "SOP Analisa Kimia Lingkungan" PT Sucofindo Cabang Makassar