

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Landasan teori**

##### **1. Air**

Air merupakan unsur penting yang dibutuhkan oleh makhluk hidup terutama manusia. Air dibutuhkan dalam kehidupan sehari-hari seperti untuk minum, memasak, mandi, mencuci baju, dan lain-lain. Tubuh manusia sendiri memerlukan air untuk melarutkan berbagai zat yang ada di dalam tubuh. Air yang ada di dalam tubuh manusia berkisar antara 50-70% dari seluruh berat badan (Waluyo, 2018). Oleh karena itu, manusia akan mengalami dehidrasi apabila kekurangan air dalam tubuh.

Menurut Undang-Undang Republik Indonesia No. 17 Tahun 2019 tentang Sumber Daya Air, Air adalah semua air yang terdapat pada, di atas, ataupun di bawah permukaan tanah, termasuk dalam pengertian ini air permukaan, air tanah, air hujan, dan air laut yang berada di darat. Air dapat dibedakan berdasarkan sumbernya, menurut letak sumbernya air dibedakan menjadi tiga, yaitu (Chandra, 2007) :

##### **a. Air angkasa**

Air angkasa atau air hujan adalah sumber utama air yang ada di bumi. Pada saat presipitasi, air angkasa ini merupakan air yang paling bersih. Akan tetapi saat berada di atmosfer, air ini cenderung mengalami pencemaran. Pencemaran ini dapat disebabkan karena partikel debu, mikroorganisme, dan gas misalnya karbondioksida, nitrogen, dan amonia. Air hujan yang merupakan penyubliman dari uap air menjadi air murni ini ketika turun ke bumi akan melarutkan partikel-partikel yang ada di udara misalnya gas CO<sub>2</sub>. Gas CO<sub>2</sub> yang larut oleh air hujan ini akan membentuk asam karbonat (H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) yang menyebabkan air hujan bereaksi dengan asam (Sumantri,

2017). Hal ini yang menyebabkan air hujan bukan air murni lagi setelah sampai di permukaan bumi.

b. Air permukaan

Air permukaan sebagian besar berasal dari air hujan yang jatuh ke permukaan bumi dan membentuk badan-badan air seperti sungai, danau, telaga, rawa, dll. Apabila dibandingkan dengan sumber air lain, air permukaan merupakan sumber air yang paling tercemar akibat adanya aktivitas manusia, tumbuhan, hewan, dll. Oleh karena itu menurut Sumantri (2017), untuk dapat memanfaatkan air permukaan harus memperhatikan 3 faktor, yaitu: (1) Mutu atau kualitas air, (2) Jumlah atau kuantitas air, dan (3) Kontinuitasnya.

c. Air tanah

Air tanah atau *ground water* merupakan air yang berasal dari air hujan yang jatuh ke permukaan bumi dan mengalami penyerapan ke dalam tanah dan mengalami proses filtrasi secara alamiah. Akibat proses yang dilalui oleh air hujan ke bawah tanah, membuat air tanah ini lebih murni dibandingkan dengan air permukaan. Jika dibandingkan dengan sumber air lainnya, air tanah memiliki kelebihan yaitu biasanya air tanah terbebas dari kuman penyakit dan tidak perlu mengalami proses penjernihan. Akan tetapi, dibalik kelebihannya air tanah juga memiliki kelemahan yaitu mengandung zat-zat mineral dalam konsentrasi yang tinggi misalnya magnesium, kalsium, logam berat, dll.

2. Persyaratan air bersih

Air yang dimanfaatkan sehari-hari oleh masyarakat harus memenuhi standar baku mutu yang ditetapkan oleh pemerintah. Air yang dimanfaatkan oleh masyarakat ini termasuk ke dalam air untuk keperluan higiene dan sanitasi. Kegiatan yang termasuk ke dalam keperluan higiene dan sanitasi yaitu seperti kegiatan memasak, mencuci baju, mencuci peralatan masak, mandi, dll.

Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2017 tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan Dan Persyaratan Kesehatan Air Untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, *Solus Per Aqua*, dan Pemandian Umum, persyaratan air bersih untuk keperluan higiene sanitasi harus memenuhi standar baku mutu yang telah ditetapkan yaitu meliputi parameter fisik, kimia, dan mikrobiologi.

a. Parameter fisik

Parameter fisik merupakan parameter air yang dapat diamati secara langsung, misalnya air keruh, berwarna, dan bau. Parameter fisik ini penting diperhatikan karena berkaitan dengan estetika air. Masyarakat akan merasa tidak nyaman menggunakan air yang memiliki kualitas fisik tidak baik misalnya air berwarna kecokelatan. Lain halnya bila air jernih dan tidak berbau, masyarakat akan menggunakannya karena saat diamati secara langsung air tersebut memiliki kualitas fisik yang baik. Berikut merupakan parameter kualitas fisik air bersih berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2017 (tabel 2).

Tabel 2. Parameter Kualitas Fisik Air Bersih

No.	Parameter wajib	Unit	Standar baku mutu (kadar maksimum)
1.	Kekeruhan	NTU	25
2.	Warna	TCU	50
3.	Zat padat terlarut ( <i>Total Dissolved Solid</i> )	mg/l	1000
4.	Suhu	°C	Suhu udara $\pm$ 3
5.	Rasa		Tidak berasa
6.	Bau		Tidak berbau

b. Parameter kimia

Air yang digunakan sehari-hari tidak boleh mengandung bahan kimia yang melebihi baku mutu, karena dapat membahayakan tubuh. Berikut merupakan parameter kimia air bersih berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2017 (Tabel 3).

Tabel 3. Parameter Kualitas Kimia Air Bersih

No.	Parameter wajib	Unit	Standar baku mutu (kadar maksimum)
1.	pH	mg/l	6,5 – 8,5
2.	Besi	mg/l	1
3.	Fluorida	mg/l	1,5
4.	Kesadahan (CaCO <sub>3</sub> )	mg/l	500
5.	Mangan	mg/l	0,5
6.	Nitrat, sebagai N	mg/l	10
7.	Nitrit, sebagai N	mg/l	1
8.	Sianida	mg/l	0,1
9.	Deterjen	mg/l	0,05
10.	Pestisida total	mg/l	0,1

c. Parameter biologi

Air yang dimanfaatkan untuk keperluan sehari-hari tidak boleh mengandung mikroorganisme seperti bakteri *E. coli* dan bakteri coliform yang melebihi baku mutu. Hal ini disebabkan karena bakteri ini dapat mencemari air dan apabila dikonsumsi oleh manusia dapat menyebabkan sakit. Berikut merupakan parameter biologi air bersih berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2017 (Tabel 4).

Tabel 4. Parameter Kualitas Biologi Air Bersih

No.	Parameter wajib	Unit	Standar baku mutu (kadar maksimum)
1.	Total coliform	CFU/100 ml	50
2.	<i>E. coli</i>	CFU/100 ml	0

### 3. Kesadahan air

#### a. Pengertian kesadahan

Air sadah sering ditemukan di air yang berasal dari air tanah atau daerah yang mempunyai susunan bebatuan yang mengandung deposit garam mineral dan kapur (Chandra, 2007).

Air sadah atau *hard water* adalah air yang mengandung banyak ion  $\text{Ca}^{2+}$ , air ini sering dikaitkan atau disamakan oleh air yang mengandung ion  $\text{Mg}^{2+}$ . Oleh karena itu, air sadah merupakan air yang mengandung banyak ion  $\text{Ca}^{2+}$  atau ion  $\text{Mg}^{2+}$  atau keduanya. Banyaknya kandungan ion  $\text{Ca}^{2+}$  dan ion  $\text{Mg}^{2+}$  dalam air dinyatakan dalam tingkat kesadahan air (Hariyanto *et al.*, 2019).

Menurut Effendi (2003) dalam Islam *et al.*, (2021), kesadahan air disebabkan oleh adanya kation atau ion positif logam yang bervalensi 2, seperti  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Sr}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ , dan  $\text{Mg}^{2+}$ . Secara umum, ion positif dengan valensi 2 yang sering menyebabkan air menjadi sadah adalah ion  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{Mg}^{2+}$ .

Menurut World Health Organization (WHO) (1971), kesadahan air dinyatakan dalam satuan *Milli-Equivalent* per liter (mEq/L). Selain itu, air sadah memiliki beberapa batasan yaitu :

##### 1) Kesadahan air lunak

Air sadah digolongkan ke dalam air sadah yang lunak apabila mengandung kesadahan air sebesar  $<1$  mEq/L atau setara dengan 50 ppm.

##### 2) Kesadahan air agak keras

Air sadah digolongkan ke dalam air sadah yang agak keras apabila mengandung kesadahan air sebesar 1–3 mEq/L atau setara dengan 50–150 ppm.

##### 3) Kesadahan air keras

Air sadah digolongkan ke dalam air sadah yang keras apabila mengandung kesadahan air sebesar 3–6 mEq/L atau setara dengan 150–300 ppm.

#### 4) Kesadahan air sangat keras

Air sadah digolongkan ke dalam air sadah yang sangat keras apabila mengandung kesadahan air sebesar  $>6$  mEq/L.

Sedangkan menurut Hariyanto *et al.*, (2019), air sadah dibedakan beberapa tingkatan yaitu :

##### 1) Tingkat kesadahan rendah

Air dikatakan memiliki tingkat kesadahan rendah atau disebut air lunak apabila mengandung ion  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{Mg}^{2+}$  kurang dari 60 mg/L.

##### 2) Tingkat kesadahan sedang

Air dikatakan memiliki tingkat kesadahan sedang apabila mengandung ion  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{Mg}^{2+}$  sebanyak 61–120 mg/L.

##### 3) Tingkat kesadahan tinggi

Air dikatakan memiliki tingkat kesadahan tinggi atau disebut air sadah apabila mengandung ion  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{Mg}^{2+}$  sebanyak 121–180 mg/L.

##### 4) Tingkat kesadahan sangat sadah

Air dikatakan sangat sadah apabila mengandung ion  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{Mg}^{2+}$  lebih dari 180 mg/L.

#### b. Jenis kesadahan

Kesadahan air juga dibagi menjadi 2 jenis sesuai dengan sifatnya yaitu kesadahan sementara dan kesadahan tetap (Irwandi, 2021).

##### 1) Kesadahan sementara (*temporary*)

Kesadahan sementara merupakan air sadah yang apabila dipanaskan, akan hilang sifat sadahnya. Kesadahan ini disebabkan oleh adanya kalsium bikarbonat dan magnesium bikarbonat. Menurut

Sumardjo (2009), kesadahan sementara disebabkan oleh garam kalsium hidrogen karbonat atau magnesium hidrogen karbonat. Garam hidrogen karbonat terbentuk karena air yang mengandung karbon dioksida mengalir melalui lapisan tanah yang mengandung garam kalsium karbonat dan magnesium karbonat, sehingga kandungan air tanah memiliki rumus reaksi sebagai berikut :



## 2) Kesadahan tetap (*permanent*)

Kesadahan tetap merupakan air sadah yang apabila dipanaskan, tidak akan hilang sifat sadahnya. Disebabkan oleh adanya  $\text{CaSO}_4$  (kalsium sulfat),  $\text{MgSO}_4$  (magnesium sulfat),  $\text{CaCl}_2$  (kalsium klorida), dan  $\text{MgCl}_2$  (magnesium klorida). Untuk dapat menghilangkan kesadahan tetap, perlu dilakukan pengolahan air sadah yaitu dengan cara menambahkan natrium karbonat atau dengan proses pertukaran basa.

## 4. Pengolahan air sadah

Air sadah dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari, akan tetapi sebelum digunakan perlu dilakukan pengolahan air terlebih dahulu agar tingkat kesadahan airnya berkurang. Menurut Chandra (2007), kesadahan air dapat dihilangkan atau dikurangi dengan menggunakan beberapa metode, yaitu :

### a. Pemasakan

Metode ini dapat diterapkan untuk air yang memiliki sifat kesadahan sementara. Proses pemasakan pada air sadah ini dapat menyebabkan  $\text{CO}_2$  terlepas atau keluar dari dalam air, selain itu akibat proses pemasakan ini akan membentuk endapan  $\text{CaCO}_3$  yang

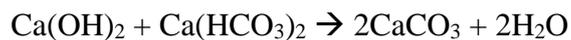
tidak terlarut. Sehingga kandungan kesadahan dalam air dapat berkurang.



Cara ini cocok untuk diterapkan pada skala rumah tangga, akan tetapi tidak cocok jika menerapkan cara ini untuk skala besar.

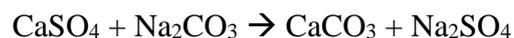
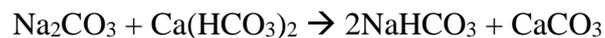
b. Penambahan kapur

Metode ini dapat diterapkan untuk air yang memiliki sifat kesadahan sementara. Proses penambahan kapur pada air sadah ini dapat mengabsorpsi  $\text{CO}_2$  dan mengendapkan  $\text{CaCO}_3$  yang tidak terlarut. Cara menambahkan kapur dalam air sadah yaitu dengan memasukkan kapur (*quick lime*) seberat 1 ons dalam 700 galon air untuk setiap derajat kesadahan air (14,25 ppm).



c. Penambahan natrium karbonat

Metode ini dapat diterapkan untuk air yang memiliki sifat kesadahan sementara maupun kesadahan tetap. Reaksi yang berlangsung apabila air sadah diberi penambahan natrium karbonat yaitu sebagai berikut :



d. Proses pertukaran basa (*base exchange process*)

Metode ini diterapkan untuk air yang memiliki sifat kesadahan tetap. Untuk persediaan air dalam ukuran yang besar, dilakukan pengolahan dengan proses permutit. Zat yang digunakan adalah natrium permutit yang merupakan senyawa kompleks dari natrium, aluminium, dan silika ( $\text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_{10} \cdot x\text{H}_2\text{O}$ ).

Saat proses permutit, akan terjadi pertukaran kation Na dengan ion Ca dan Mg dalam air. Melalui reaksi pertukaran basa (*base exchange*), semua ion Ca dan Mg akan dilepaskan. Nantinya Natrium permutit akan menjadi kalsium dan magnesium permutit,

sehingga air dapat dilunakkan sampai *zero hardness* (tingkat kesadahan nol).

#### 5. Tanaman kelor

Tanaman kelor memiliki nama latin *Moringa oleifera* atau dalam bahasa inggris dikenal dengan nama *drumstick plant* karena bentuk polongnya yang menyerupai stik drum. Tanaman ini memiliki banyak khasiat mulai dari daun hingga bijinya. Oleh karena itu tanaman kelor sering dimanfaatkan sebagai bahan pangan, obat, pewarna, pakan ternak, dan penjernih air limbah (Maryani and Suryadarma, 2019). Di Indonesia tanaman ini dikenal dengan berbagai nama sebutan, contohnya masyarakat Indonesia seperti orang Jawa, Sunda, Bali, dan Lampung menyebutnya Kelor. Orang Madura menyebutnya Marangghi, orang Flores menyebutnya Moltong, orang Gorontalo menyebutnya Kelo, dan masih banyak lagi (Nucahyati, 2015).

Tanaman kelor merupakan tanaman yang berasal dari India, akan tetapi sekarang banyak ditemukan di daerah yang beriklim tropis. Tanaman ini tumbuh di ketinggian 300-500 meter diatas permukaan laut. Selain itu, tanaman kelor juga dapat tumbuh meskipun berada di tanah yang kurang subur dan mampu tumbuh saat iklim panas maupun hujan.

Tanaman kelor berbentuk pohon yang berumur panjang (perennial) dengan tinggi yang dapat mencapai 7-12 meter. Batang tanaman kelor ini berkayu, tegak, berwarna putih kotor, memiliki kulit yang tipis, dan permukaan batang yang kasar. Akar dari tanaman kelor adalah akar tunggang yang berwarna putih, memiliki daun majemuk yang bertangkai panjang dan daun yang berbentuk bulat telur dengan ukuran kecil yang panjang dan lebar daunnya berkisar antara 1-2 cm dengan tulang daun menyirip. Bunga tanaman kelor berwarna putih, berbau harum, dan biseksual. Selain itu tanaman kelor memiliki buah yang menjuntai, linear, dengan polong yang memiliki tiga sisi dengan

panjang 20-50 cm. Dalam 1 polong biasanya terdapat 2 biji tanaman kelor, saat masih muda berwarna hijau muda dan akan berwarna kecokelatan saat polong sudah matang (Affandi, 2019).

Berikut merupakan klasifikasi dari tanaman kelor (*Moringa oleifera* L.) :



Gambar 1. Tanaman Kelor

Kingdom : *Plantae*  
Divisio : *Magnoliophyta*  
Class : *Magnoliopsida*  
Ordo : *Brassicales*  
Famili : *Moringaceae*  
Genus : *Moringa*  
Spesies : *Moringa oleifera* L.

Tanaman kelor memiliki banyak khasiat mulai dari daun hingga bijinya. Biji dari tanaman kelor mengandung vitamin C, antioksidan, dan agen antiperadangan. Oleh karena itu, biji kelor yang sudah tua dapat digunakan untuk bahan baku pembuatan obat dan kosmetik. Selain itu, biji kelor yang sudah dibuat serbuk dapat digunakan sebagai penjernih air alami yang efektif (Affandi, 2019). Menurut Nucahyati (2015), biji kelor dapat digunakan sebagai penjernih air permukaan seperti air kolam, air sungai, air danau hingga air sungai yang diaplikasikan sebagai pengendap atau koagulan dengan hasil yang memuaskan. Pengaplikasian biji kelor dilakukan dengan sistem

penyaringan sederhana yang ditambah dengan pengendap dari serbuk biji kelor dengan hasil akhir, air yang diolah menjadi jernih.

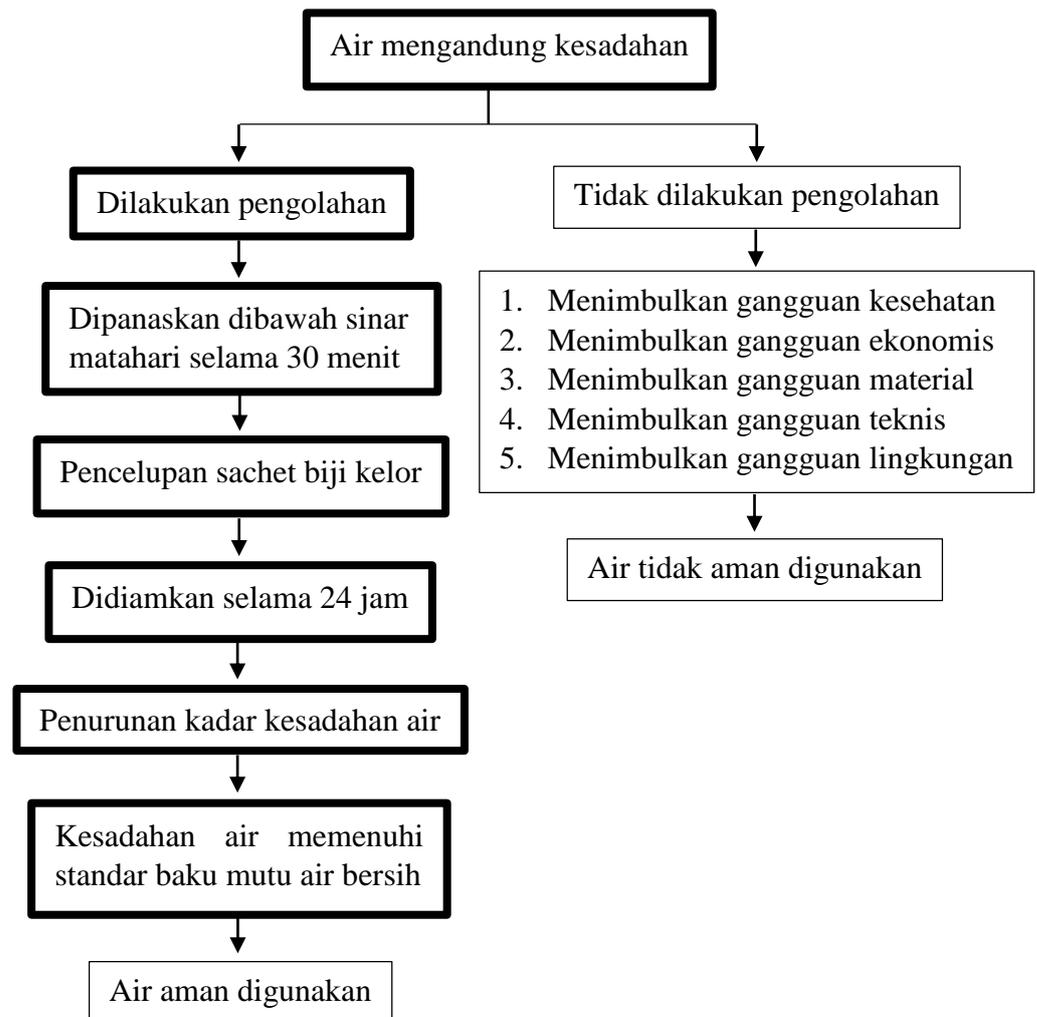
Biji kelor dimanfaatkan sebagai biokoagulan dan adsorben dalam pengolahan air bersih terutama air minum dikarenakan biji kelor bersifat tidak beracun dan dapat terurai secara alami dengan mudah (Dulanlebit, Sunarti and Male, 2020). Biji kelor mengandung banyak protein yang di dalamnya terdapat 3 asam amino yaitu asam glutamat, metionin, dan arginin. Pada asam amino ini terdapat gugus karboksil ( $-\text{COO}-$ ) yang dapat mengikat ion berbahaya dalam air. Protein dari biji kelor ini bermuatan positif sehingga dapat berperan sebagai polielektrolit kationik dan berperan penting sebagai agen penjernihan air (Hidayat, 2009).

Menurut Triyono (2010), asam amino merupakan senyawa yang bermuatan ganda atau zwitter ion. Muatan pada asam amino ini dapat dengan mudah berubah yang dapat disebabkan oleh keadaan sekitar atau pH. Asam amino pada pH air yang rendah (suasana asam) akan bermuatan positif, sedangkan pada pH air yang tinggi (suasana basa) akan bermuatan negatif. Pada pH air 6-7 asam amino akan bermuatan negatif sehingga apabila berinteraksi dengan ion yang bermuatan positif maka akan terjadi gaya tarik menarik. Berkurangnya konsentrasi ion pada air disebabkan karena adanya interaksi antara ion dengan protein yang memiliki gugus fungsi karboksil ( $-\text{COO}-$ ) dengan gugus alkali ( $\text{R}-$ ). Selain itu, lama waktu kontak antara serbuk biji kelor dengan air berpengaruh terhadap banyaknya ion yang dapat diikat (Akbar, Said and Diah, 2015).

Menurut Sutanto T.D., dkk (2007) dalam Dulanlebit, Sunarti and Male (2020), di dalam biji kelor mengandung senyawa bioaktif rhamnoksiloksi benzil isotiosianat yang merupakan protein kationik yang mampu mengadsorpsi mineral yang ada di dalam air dan limbah tersuspensi. Jumlah adsorben juga berpengaruh terhadap jumlah adsorbat yang dapat diserap, semakin banyak adsorben maka akan

semakin banyak pula adsorbat yang diserap (Anjani and Koestiari, 2014).

### B. Kerangka konsep



Keterangan :

= diteliti

= tidak diteliti

Gambar 2. Kerangka Konsep

### C. Hipotesis

1. Hipotesis mayor

Sachet biji kelor efektif dalam menurunkan tingkat kesadahan air.

2. Hipotesis minor

- a. Ada perbedaan kadar kesadahan air sebelum dan sesudah dilakukan pencelupan sachet biji kelor 6 gram dalam 600 ml air sumur gali selama 10 menit.
- b. Ada perbedaan kadar kesadahan air sebelum dan sesudah dilakukan pencelupan sachet biji kelor 6 gram dalam 600 ml air sumur gali selama 15 menit.
- c. Ada perbedaan kadar kesadahan air sebelum dan sesudah dilakukan pencelupan sachet biji kelor 6 gram dalam 600 ml air sumur gali selama 20 menit.
- d. Ada perbedaan kadar kesadahan air sebelum dan sesudah dilakukan pencelupan sachet biji kelor 6 gram dalam 600 ml air sumur gali selama 25 menit.
- e. Ada waktu pencelupan sachet biji kelor yang paling baik untuk menurunkan kadar kesadahan air.