

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Air**

Air merupakan kunci dari pembangunan berkelanjutan. Pengurangan kemiskinan, pertumbuhan ekonomi, dan lingkungan yang berkelanjutan didukung oleh sumber daya air dan pelayanannya. Air memiliki peran dalam peningkatan kesejahteraan sosial dan keamanan pangan serta energi (UNESCO, 2015).

Pada tahun 2015, *World Health Organization* (WHO) melaporkan bahwa sekitar 71% dari populasi global telah mendapatkan akses terhadap air minum aman. Di Indonesia hingga tahun 2017, diketahui populasi yang telah mendapatkan akses air minum aman adalah sebesar 87%. Hal tersebut mengindikasikan masih cukup banyak masyarakat yang tidak memiliki akses terhadap air minum yang aman, mengingat air merupakan salah satu jalur penyebaran penyakit (*waterborne diseases*) (WHO, 2017).

Menurut UNESCO (2015) terdapat 3 (tiga) aspek yang menjadi hal penting dalam pembangunan berkelanjutan terhadap sumber daya air, yaitu:

1. Pemerintahan harus mempertimbangkan aspek lingkungan yang berkelanjutan dalam pengambilan keputusan.
2. Meminimalisasi risiko dan memaksimalkan manfaat dilakukan melalui pendekatan teknik dan sosial.
3. Keadilan dicapai dari kesetaraan harga dan izin demi keamanan air bagi setiap individu.

#### **2.2. Disinfeksi**

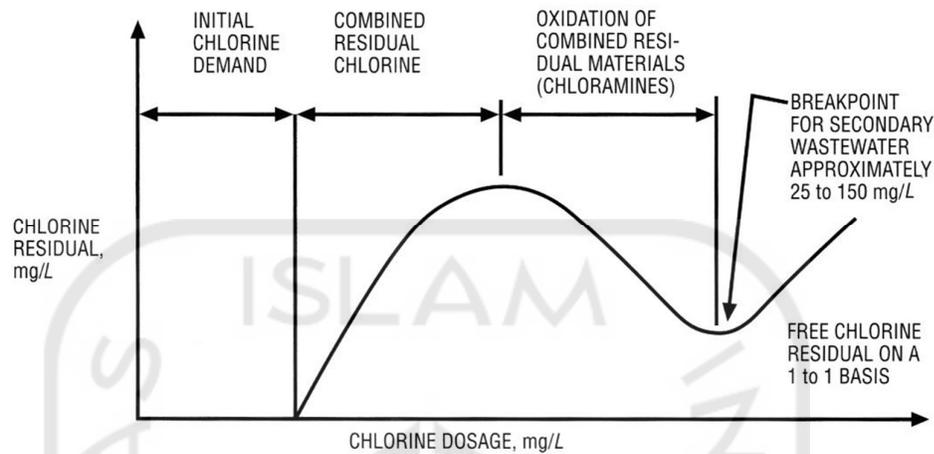
Disinfeksi bertujuan untuk membunuh mikroorganisme patogenik yang dapat menimbulkan penyakit. Upaya disinfeksi dapat secara signifikan mencegah penyakit melalui media perantara air (*waterborne diseases*) seperti disentri,

kolera, diare dan enteritis serta tifus dan paratifus (Kawamura, 1991; DeZuane, 1997).

Menurut Qasim (1985) disinfeksi dapat dikelompokkan menjadi:

1. **Metode fisika**, seperti menggunakan sinar ultraviolet, pasteurisasi, filtrasi membran, *ultrasound*, *ultra hydrostatic pressure* (UHP), dan material nano. Sinar ultraviolet merusak DNA mikroorganisme dalam panjang gelombang sekitar 260 nm (Bitton, 2014).
2. **Metode radiasi**, merupakan radiasi gamma dari unsur seperti kobalt 60. Metode ini tidak menghasilkan residu kimia terhadap air minum namun memiliki risiko yang terhadap keamanan.
3. **Metode kimia**, yaitu menggunakan senyawa kimia dalam proses disinfeksi air yang diolah. Adapun senyawa kimia dapat berupa reduktor (halogen (klorin, bromin, iodin), ozon, hidrogen peroksida, kalium permanganat), alkohol, fenol dan senyawa fenol, logam berat, senyawa amonia kuarterner, sabun dan deterjen sintetik, dan senyawa alkil serta asam lainnya. Senyawa klorin adalah yang paling umum digunakan untuk disinfeksi air minum. Menurut Kawamura (1991), umumnya senyawa klorin dapat berupa gas klorin  $Cl_2$ , kalsium hipoklorit  $Ca(OCl)_2$ , natrium hipoklorit ( $NaOCl$ ) dan klorin dioksida  $ClO_2$ .

Dosis senyawa klorin ditentukan berdasarkan kebutuhan untuk menangani senyawa anorganik dan organik serta amoniak. Setelah dosis tersebut terpenuhi, senyawa klorin berada pada bentuk klorin bebas yang digunakan sebagai disinfektan bakteri. Dosis klorin tersebut diketahui melalui kurva *Breakpoint Chlorination* (BPC) yang membandingkan antara jumlah klorin residual dan dosis klorin (Gambar 2.1.). Adapun dosis efektif untuk air minum adalah sebesar 0,5 mg/L sedangkan pada air limbah diantara kisaran 25 - 150 mg/L (Pa. DEP, 2016; Masduqi dan Assomadi, 2012).



**Gambar 2.1. Kurva Breakpoint Chlorination (BPC)**

Pemilihan metode disinfeksi didasarkan pada efektivitas disinfektan, senyawa turunan yang dihasilkan, kapabilitas residual disinfeksi, dan efektivitas harga. Misalnya senyawa *Trihalometane* (THM), yang merupakan senyawa DBPs dari reaksi antara klorin bebas dan/atau bromin bebas dan *Natural Organic Matter* (NOM) yang memicu pembentukan sel kanker, sehingga pengolahan pendahuluan seperti penambahan kalium permanganat untuk mengoksidasi prekursor perlu dilakukan. Senyawa THM dapat berbentuk *Bromofom* ( $\text{CHBr}_3$ ), *Bromodichloromethane* ( $\text{CHCl}_2\text{Br}$ ), *Chloroform* ( $\text{CHCl}_3$ ), atau *Dibromochloromethane* ( $\text{CHClBr}_2$ ). Oleh karena itu, beberapa metode alternatif yang lebih aman, murah, dan efektif terus dikembangkan seperti SODIS (*Solar Disinfection*) yang identik dengan penggunaan sinar UV, dengan langsung memanfaatkan sinar matahari dalam menyingkirkan bakteri ataupun melalui teknologi kavitas hidrodinamik yang terbukti dapat menurunkan aktivitas pembelahan *Escherichia coli* hingga 75% (Amin et al, 2014; Kawamura, 1991; Mezule et al, 2010; Richardson et al, 2010).

### 2.3. Siwak (*Salvadora persica*)

Siwak (*Salvadora persica*) adalah tanaman semak berbatang kecil yang memiliki kayu kuning putih dan lembut. Daunnya berbentuk oval dengan panjang

sekitar 3,8 – 6,3 cm dan lebar 2 – 3,2 cm sedangkan diameter batang sekitar 1 – 2,5 cm. Penyebaran tanaman ini di Timur Tengah, Mesir, India, dan sekitarnya (Khatak et al, 2010).



**Gambar 2.2. Batang Siwak**

Adapun taksonomi tanaman siwak adalah sebagai berikut:

Kerajaan	: <i>Plantae</i>
Divisi	: <i>Magnoliophyta</i>
Kelas	: <i>Magnoliopsida</i>
Bangsa	: <i>Brassicales</i>
Keluarga	: <i>Salvadoraceae</i>
Genus	: <i>Salvadora</i>
Spesies	: <i>persica</i>

Daun, batang, akar, buah dan biji siwak diaplikasikan secara luas sebagai bahan makanan sekaligus terapi pengobatan penyakit pencernaan hingga rematik, selain batang yang umum digunakan sebagai pembersih gigi dan mulut. Diketahui batang siwak memiliki sifat anti bakteri, *antiulcer* (mencegah luka/pengerasan di perut dan dinding lambung, *anticonvulsant* (mengembalikan kestabilan sel saraf), anti fertilitas, hipolipidemik (dapat menurunkan kadar lemak), *antimycotic* (menekan pertumbuhan dan perkembangan jamur), melepaskan kalsium dan klorida ke *saliva*, tidak memiliki sitotoksisitas, dan efek analgesik (anti nyeri) (Khatak et al, 2010). Menurut Al Qumber (2014), siwak memiliki unjuk kerja

yang lebih efektif untuk menurunkan senyawa sulfur mudah menguap (*Volatile Sulfur Compounds*, VSCs) dan bakteri anaerobik dibandingkan dengan pembilasan mulut yang selama ini dilakukan. Namun penyisihan terhadap bakteri aerobik tidak terlalu signifikan terjadi. Diketahui siwak sebagai inhibitor dan anti bakteri terhadap *Streptococcus sp*, *Staphylococcus sp*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis*, *Salmonella thypimurium*, *Candida albicans*, *H.Influenza*, *P.gingivalis*, *A.Actinonycetecomitans*, *Enterococcus faecalis* (Wardani, 2012; Fatkhurrohman dan Medawati, 2013; Tektook, 2016; Atef, 2013; Sofrata et al, 2008; Daga et al, 2017, Al Qumber, 2014).

Siwak memiliki kandungan unsur dan senyawa yang sangat beragam (Lampiran 1). Sifat anti bakteri pada siwak berasal dari kandungan senyawa aktif *Benzylisothiocyanate* (BITC), *Oxygenated monoterpene* seperti 1,8-Cineole, serta anion ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ) yang cukup besar dan terbukti dapat melindungi dari bakteri gram negatif (Abhary dan Al-Hazmi, 2016; Atef A, 2013; Alali et al, 2004; Al Qumber, 2014; Daga et al, 2017; Darout et al, 2000, Sofrata et al, 2011). Menurut AbdElRahman et al (2002), kekuatan dari sifat anti bakteri tersebut dipengaruhi oleh pH, siwak yang diekstrak dengan etanol menunjukkan nilai pH lebih rendah dibandingkan dengan ekstrak siwak dari air. Begitu pun dengan suhu dingin dari ekstrak siwak akan menghasilkan unjuk kerja yang lebih baik dibandingkan dengan ekstrak siwak pada suhu tinggi (El-Desoukey, 2015).

### 2.3.1. Ekstrak Siwak

Ekstrak siwak disiapkan dengan proses pengeringan batang siwak, kemudian dihaluskan sebelum dilarutkan dengan berbagai pelarut yang dikehendaki. Adapun pelarut untuk ekstrak siwak dapat berupa:

#### 1. Senyawa heksan

Dapat menurunkan sekitar hampir 20% untuk pertumbuhan bakteri khususnya terhadap bakteri gram negatif, namun tidak memiliki zona tahanan terhadap bakteri *P.aeruginosa* (Abhary and Al-Hazmi, 2016; Sofrata et al, 2011).

## 2. Senyawa etanol

Pertumbuhan bakteri dapat dikurangi hingga sekitar 40% dan memiliki zona tahanan cukup tinggi terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Streptococcus mutans*. Konsentrasi etanol yang digunakan bervariasi dari 60 - 96% (Abhary and Al-Hazmi, 2016; Fatkhurrohman dan Medawati, 2013; Wardani, 2012).

## 3. Air

Ekstrak air memiliki zona tahanan paling besar dibandingkan dengan ekstrak etanol dan heksan. Zona tahanan semakin besar seiring dengan penambahan konsentrasi dan terhadap bakteri spesifik *E.Coli* menunjukkan kemampuan yang lebih baik dibandingkan dengan metode ekstraksi lainnya (Abhary and Al-Hazmi, 2016; Tektook, 2016).

## 2.4. Parameter Mikrobiologi

Parameter mikrobiologi merupakan parameter air minum yang berhubungan langsung dengan kesehatan. Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 492 Tahun 2010 Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum, kadar maksimum total *coliform* dan bakteri *E.Coli* yang diizinkan adalah 0 dalam 100 ml sampel air. Adapun pengujian total *coliform* dan bakteri *E.Coli* adalah sebagai berikut:

### 1. Uji Total *Coliform*

Total *coliform* ditentukan dengan pendekatan statistika dari jumlah tabung positif yang diamati berupa timbulnya gelembung serta asam pada tabung. Pengujian ini terdiri dari dua tahap, yaitu uji pendugaan dan uji penetapan (SNI 01-2332.1-2006; AWWA 9221).

- a. Uji pendugaan (*presumptive test*), digunakan media berupa laktosa tunggal dan ganda sebagai media utama.
- b. Uji penetapan (*confirmed test*), digunakan BGLB (*Brilliant Green Lactose Broth*) sebagai media pengamatan.

## 2. Uji *Escherichia coli*

Metode yang digunakan adalah *Plate Count Agar* (PCA) yaitu menghitung jumlah koloni yang terbentuk pada media agar. Media yang digunakan adalah media selektif *Chromocult Coliform Agar* (CCA). Koloni *Escherichia coli* akan berwarna biru tua hingga violet pada media tersebut (ISO 9308-1: 2014).

### 2.5. *Escherichia coli*

*Escherichia coli* adalah spesies bakteri yang pada umumnya tidak berbahaya dan tersebar luas karena hidup di usus manusia dan hewan. Adapun taksonomi E.Coli diantaranya (itis.gov, 2018):

Kerajaan	: <i>Bacteria</i>
Sub – Kerajaan	: <i>Negibacteria</i>
Filum	: <i>Proteobacteria</i>
Kelas	: <i>Gammaproteobacteria</i>
Bangsa	: <i>Enterobacteriales</i>
Keluarga	: <i>Enterobacteriaceae</i>
Genus	: <i>Escherichia</i>
Spesies	: <i>coli</i>

Beberapa macam E.Coli seperti *Enterohemorrhagic E.coli* (EHEC), *Enteroinvasive E.coli* (EIEC), *Enteropathogenic E.coli* (EPEC), *Enterotoxigenic E.coli* (ETEC), *Enteroaggregative E.coli* (EaggEC) dan *Shiga Toxin Producing E.coli* (STEC) sangat berbahaya bagi manusia karena menyebabkan diare akut hingga *Hemolytic Uremic Syndrome* (HUS) yaitu semacam kegagalan ginjal. STEC O157 memiliki dosis infeksi rendah yaitu kurang dari 100 mikroorganisme (LDH, 2016). *Escherichia coli* juga dikenal sebagai golongan bakteri *coliform* yang memiliki sifat aerobik fakultatif, tidak membentuk spora, berbentuk batang, gram negatif, dan dapat melakukan fermentasi laktosa dalam 1 – 2 hari pada suhu  $\pm 35^{\circ}$  C (Shammas, 2016).

Paparan E.Coli dapat terjadi melalui konsumsi makanan dan air terkontaminasi, kontak dengan manusia dan hewan terinfeksi serta lingkungannya, dan infeksi fomit (melalui benda/bahan terpapar). Beberapa kasus paparan E.Coli antara lain pada ikan dan makanan laut yang diimpor ke Swiss, yaitu sebesar 55% ketahanan terhadap anti mikroba serta kejadian kontaminasi pada makanan dan minuman di Jakarta Selatan sebesar 48,4% dan 33,3% (LDH, 2018; Boss et al, 2016; Rahmani dan Handayani, 2016).

## 2.6. Penelitian Terdahulu

Penelitian terkait siwak terdahulu, diantaranya sebagai berikut (Tabel 3.1.).



**Tabel 2.1. Penelitian Terdahulu Mengenai Siwak**

No	Judul Penelitian	Penulis	Tahun	Hasil (Ringkasan)
1	<i>Antibacterial activity of Miswak (<u>Salvadora persica L.</u>) extracts on oral hygiene</i>	Abhary, Mohammad dan Al-Hazmi, Abdul-Aziz	2016	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Siwak mengandung lebih dari satu jenis agen antimikroba yang menghambat pertumbuhan bakteri gram positif dan gram negatif</li> <li>• Hasil menunjukkan aktivitas kuat antimikroba pada ekstrak air, sedangkan penggunaan ekstrak alkohol dan non polar menunjukkan aktifitas antimikroba lebih rendah.</li> </ul>
2	<i>Identification and Quantification of Some Potentially Antimicrobial Anionic Components in Miswak Ekstrak</i>	Darout, Ismail A., Christy, Alfred A., Skaug, Nils., and Egeberg, Per K	2000	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Akar dan batang siwak mengandung sulfat (20,1%; 19,85%), klorida (6,84%; 4,64%), nitrat (0,05%; 0,05%), dan tiosianat (0,38%; 0,28%).</li> <li>• Perbedaan signifikan secara statistik hanya terjadi pada klorida (<math>p &lt; 0.05</math>).</li> </ul>
3	<i>Strong Antibacterial Effect of Miswak Against Oral Microorganisms Associated with Periodontitis and Caries</i>	Sofrata, Abier., Claesson, Rolf L K., Lingstrom, Peter K., and Gustafsson, Anders K.	2008	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Siwak yang ditanam di dalam agar atau ditempatkan di atas media agar memiliki efek antibakteri yang kuat terhadap semua bakteri yang diuji (<i>P.gingivalis</i>, <i>A.actinomycescomitans</i>, dan <i>H.Influenzae</i>, kecuali <i>S. mutans</i>, dan <i>L.acidophilus</i>).</li> <li>• Efek antibakteri dari potongan siwak menunjukkan adanya senyawa volatil aktif antibakteri.</li> </ul>

4	<i>The Antibacterial effect of extracts of <b>Salvadora Persica</b> against oral pathogenic bacteria isolated from dental caries</i>	Tektook, Khalawe	Nihad	2016	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ekstrak air dan metanol dari siwak menunjukkan aktivitas antibakteri yang signifikan.</li> <li>• Ekstrak air memiliki aktivitas lebih dibandingkan dengan ekstrak metanol.</li> </ul>
---	--	------------------	-------	------	--

