

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Pendahuluan

Biodesalinasi merupakan salah satu teknologi untuk menurunkan kadar garam pada air laut. Pada penelitian ini mikroorganisme yang digunakan pada biodesalinasi yaitu mikroalga halofilik. Mekanisme yang terjadi pada penelitian ini yaitu bioadsorpsi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efisiensi proses biodesalinasi menggunakan platform mikroalga. biodesalinasi dengan mikroalga ini dapat secara efektif menghilangkan garam 50 -60 % dari air laut (Patel *et al.*, 2021).

Penelitian yang berjudul *Experimental Investigation on Spirulina sp Algae Based Thermal Still For Effective Bio-desalination* melakukan penelitian mengenai biodesalinasi menggunakan penyulingan termal menggunakan *Spirulina sp*. Penelitian ini menggunakan metode penyulingan konvensional *Reference Solar Still* (RSS) dan *solar still* berbahan dasar alga (ASS). Hasil dari penelitian ini diperoleh efisiensi RSS 18,90% dan ASS 49,14 %. Produktivitas meningkat 30,24% saat alga digunakan untuk desalinasi (Baskaran & Saravanane, 2021).

Mikroalga dapat dimanfaatkan untuk proses remediasi lingkungan disebut dengan fikoremediasi. Pada proses ini mikroalga dimanfaatkan untuk menghilangkan polutan dari lingkungan dan mengubahnya menjadi bentuk yang tidak beracun. Pada penelitian ini mikroalga *Spirulina sp* dimanfaatkan untuk fikoremediasi pada air tanah yang tercemar timbal dan kadmium, dengan perbandingan 100 ml bibit *Spirulian Sp* diinokulasikan ke dalam 1000 ml media. Hasil dari penelitian ini menunjukkan *Spirulina sp* dapat mengurangi konsentrasi timbal dan kadmium masing-masing 90% dan 85% dalam waktu 15 hari (Fadhila & Purwanti, 2022). Beberapa penelitian terdahulu yang menjadikan bahan pertimbangan dilakukannya penelitian ini tersaji dalam tabel berikut ini :

Tabel 2.1 Hasil Penelitian Terdahulu

No	Nama Belakang Peneliti (Tahun)	Tujuan	Hasil	Perbedaan
1	(Demessie <i>et al.</i> , 2019)	Biodesalnasi air payau untuk mengeksplorasi perbedaan pertumbuhan alga dan pengurangan salinitas menggunakan dua spesies mikrolaga yaitu, spesies <i>Scedesmus Sp</i> dan <i>Chorella Vulgaris</i>	Pertumbuhan alga bervariasi antara 0,63 – 1.81 hari untuk <i>Scedesmus Sp</i> dan 3,1 – 5,9 hari untuk <i>Chorella Vulgaris</i> . Penyerapan garam mengikuti pertumbuhan alga antara 3.58 dan 7.68 hari hingga mencapai 30% dalam satu siklus. Alga halofit pada penelitian ini merupakan metode baru yang menjanjikan untuk desalinasi air payau.	Jenis mikroalga yang digunakan yaitu <i>Spirulina sp.</i> dan air yang digunakan yaitu air laut.

No	Nama Belakang Peneliti (Tahun)	Tujuan	Hasil	Perbedaan
2	(Azmi <i>et al.</i> , 2018)	Menyelidiki pengaruh interaktif suhu, pH, dan intensitas cahaya yang mempengaruhi biodesalinasi <i>Synechococcus sp</i>	Penurunansalinitas mencapai 50% pada suhu 37°C pH 10 dan inensias cahaya 3500 lux	Jenis mikroalga yang digunakan yaitu <i>Spirulina sp.</i> Metode yang digunakan yaitu adsorpsi dengan material mikroalga <i>Spirulina sp</i> , zeolit dan karbon aktif
3	(Nadi M. H. A., 2014)	Mempelajari kesesuaian penggunaan alga <i>Scendesmus Sp</i> untuk desalinasi air sebagai teknik konseptual baru menggunakan kolam alga dalam kondisi alam	Efisiensi penurunan TDS mencapai 61-80,5 %	Jenis mikroalga yang digunakan yaitu <i>Spirulina sp</i> Metode yang digunakan yaitu adsorpsi dengan material mikroalga <i>Spirulina sp</i> , zeolit dan karbon aktif
4	(Baskaran & Saravanane, 2021)	Mengetahui efisiensi penyulingan konvensional Reference Solar	Efisiensi RSS adalah 18,90% tetapi untuk ASS adalah 49,19%	Metode yang digunakan yaitu adsorpsi dengan material mikroalga

No	Nama Belakang Peneliti (Tahun)	Tujuan	Hasil	Perbedaan
		Still (RSS) dan Solar Still berbahan dasar mikroalga <i>Spirulina sp</i>	dengan kenaikan 30,24% lebih dengan kedalaman air 20 mm dengan air bak 10 liter	<i>Spirulina sp</i> , zeolit dan karbon aktif
5	(Ahamefule <i>et al.</i> , 2021)	Mengevaluasi potensi pertumbuhan dan potensi penghilangan garam dari mikroalga air tawar	Mikroalga <i>Desmodesmus Subspicatus</i> mampu bertahan di air laut bahkan mampu menurunkan salinitas dari 37,5 g/L menjadi 26,25 g/L	Jenis mikroalga yang digunakan yaitu <i>Spirulina sp</i> Media air yang digunakan adalah air laut
6	(Budi <i>et al.</i> , 2018)	Mengetahui kemampuan <i>Spirulina sp</i> dalam menyerap logam berat tembaga (Cu)	<i>Spirulina sp</i> dapat digunakan sebagai agen bioremediasi logam berat. Pada perlakuan B (1 ppm) penyerapan	Metode yang digunakan yaitu adsorpsi dengan material mikroalga <i>Spirulina sp</i> , zeolit dan karbon aktif

No	Nama Belakang Peneliti (Tahun)	Tujuan	Hasil	Perbedaan
			tembaga (Cu) 87,719 %, C (3 ppm) 97,886% dan D (5ppm) 95, 872 %	
7	(Purwoto & Nugroho, 2013)	Efisiensi penurunan kadar besi, klorida dan TDS pada air payau dengan filtrasi campuran zeolit dan karbon aktif dengan variasi A (50% zeolit : 50% karbon aktif), B (25% zeolit : 75% karbon aktif), C (75% zeolit : 25% karbon aktif)	Efisiensi penurunan yang paling tinggi pada reaktor C dengan komposisi 75% zeolit : 25% karbon aktif yaitu mampu menurunkan kadar besi 67%, kadar klorida 65% dan kadar TDS 63%	Metode yang digunakan yaitu adsorpsi dengan material mikroalga <i>Spirulina sp</i> , zeolit dan karbon aktif. Media air yang digunakan yaitu air laut
8	(Sangadjisowohy & Muhamad, 2019)	Mengetahui efektifitas media arang tempurung kelapa dengan ketebalan 25 cm	Efektifitas penurunan kadar sakinitas pada ketebalan 25 cm 40% sedangkan	Metode yang digunakan yaitu adsorpsi dengan material mikroalga <i>Spirulina sp</i> ,

No	Nama Belakang Peneliti (Tahun)	Tujuan	Hasil	Perbedaan
		dan 30 cm dalam menurunkan kadar salinitas pada air bersih di Akae Gaale	pada ketebalan 30 cm mencapai 60%	zeolit dan karbon aktif. Media air yang digunakan yaitu air laut
9	(Purwaningtyas <i>et al.</i> , 2020)	Mengetahui kemampuan zeolit yang diaktivasi secara fisika maupun non aktivasi pada proses adsorpsi air payau dari Desa Kemudi-Gresik untuk menurunkan kadar garam dari air laut	Zeolit teraktivasi menyerap ion Cl-lebih banyak dibandingkan dengan zeolit non aktivasi untuk ukuran partikel yang sama.	Metode yang digunakan yaitu adsorpsi dengan material mikroalga <i>Spirulina sp.</i> , zeolit dan karbon aktif. Media air yang digunakan yaitu air laut

2.2. Teori-Teori yang Relevan

2.2.1. Air Payau

Air payau merupakan air yang salinitasnya lebih rendah dari pada salinitas rata-rata air laut sekitar < 35 permil dan lebih tinggi daripada 0,5 permil yang terjadi karena pencampuran antara air laut dengan air tawar baik secara almiyah maupun buatan. Air laut merupakan campuran dari 96,5% air murni dan 3,5% mengandung garam, bahan-bahan organik dan partikel-partikel tak terlarut. Menurut Etikasari

banyak sumur-sumur yang airnya mengandung besi (Fe), natrium (Na), zink (Zn), sulfat (SO₄), dan klorida (Cl) yang cukup tinggi (Apriani, 2018)

2.2.2. Karakteristik Air Payau

Air payau memiliki salinitas antara 0,5 – 17 ppt (Kurniawan et al., 2014). Karakteristik lain dari air payau yaitu berwarna kuning, pH 7 - 9, kesadahan >500 mg/l , dan zat padat terlarut (TDS) 1500 - 6000 ppm. Air payau memiliki 95,5% kadar air dan sisanya 3,3 % terdiri dari berbagai macam mineral yang terlarut (Kardo et al, 2017).

2.2.3. Standar Air Bersih

Standar air bersih berdasarkan UU Kesehatan Republik Indonesia No. 173/MenKes/Per/VII/1997 yaitu :

1. Syarat Fisik : Tidak berwarna apapun, air harus bersih dantidk keruh, tidak berasa, tidak berwarna apapun, tidak meninggalkan endapan
2. Syarat Kimia : Tidak mengandung bahan kimia yang mengandung racun dan tidak mengandung zat kimia yang berlebihan
3. Syarat Biologi : Tidak mengandung kuman-kuman penyakit seperti disentri, tipus, kolera dan bakteri pathogen penyebab penyakit.

Tabel 2.2. Standar baku mutu air menurut Permenkes RI No 32 Tahun 2017 dan Permenkes RI No 2 Tahun 2023

No	Parameter	Standar Baku Mutu (kadar maksimum)
1	TDS	< 300 mg/l
2	Warna	< 10 TCU
3	pH	6,8-8,5
4	Kesadahan (CaCO ₃)	< 500 mg/l
5	Salinitas	< 0,5 mg/l

2.2.3.1. TDS (*Total Dissolved Solid*)

TDS (*Total Dissolved Solid*) merupakan ukuran zat terlarut baik itu zat organik maupun anorganik yang terdapat pada sebuah larutan. Total padatan terlarut dapat pula merupakan konsentrasi jumlah in kation dan anion di dalam air. TDS menggambarkan jumlah zat terlarut dalam *part per million* (ppm) atau sama dengan milligram per liter (mg/l). Pada umumnya zat yang terlarut dalam air atau larutan dapat melewati saringan yang berdiameter 2 micrometer.

TDS mencakup jumlah material dalam air, material ini dapat berupa karbonat, bikarbonat, klorida, sulfat, fosfat, nitrat, kalsium, magnesium, natrium, ion-ion organik, dan ion-ion lainnya. Kandungan TDS dalam air dapat memberi rasa pada air seperti rasa asin. Air yang asin memiliki kadar TDS yang tinggi, hal ini terjadi karena banyak mengandung senyawa kimia yang mengakibatkan tingginya kadar salinitas (Fahimah *et al.*, 2021).

2.2.3.2. Warna

Warna di dalam air terbagi menjadi dua, yaitu warna semu (*apparent color*) adalah warna yang disebabkan oleh partikel-partikel penyebab kekeruhan (tanah atau pasir), partikel halus besi, mangan, partikel-partikel organisme, warna industri, dan lain-lain. Yang kedua, warna sejati (*true color*) adalah warna yang berasal dari penguraian zat organik alami, yakni humus, lignin, tannin, dan asam organik lainnya. Kalsium karbonat yang berasal dari daerah berkapur menimbulkan warna kehijauan pada perairan. Bahan-bahan organik yang berasal dari dekomposisi tumbuhan yang telah mati menimbulkan warna kecoklatan. Selain itu bahan anorganik juga dapat memberikan warna-warna tertentu seperti kalsium karbonat memberikan warna hijau, belerang memberikan warna merah pada air (Taufiqullah, 2022).

2.2.3.3. pH atau Derajat Keasaman

pH (*potensial hydrogen*) atau derajat keasaman merupakan suatu ukuran konsentrasi ion hidrogen dan menunjukkan suasana air tersebut bersifat asam atau basa. Air bersih yang memenuhi standar untuk higiene sanitasi mempunyai pH

berkisar 6,8 – 8,5. Pada pH yang berkurang dari 6,5 akan menyebabkan air bersifat asam, sedangkan pH yang lebih dari 8,5 akan menyebabkan air bersifat basa. Apabila nilai pH air kurang dari 5,0 atau lebih dari 9,0 maka air itu sudah tercemar berat, sehingga kehidupan biota pada air akan terganggu. Organisme perairan mempunyai kemampuan berbeda dalam menolerir pH perairan. Batasan toleransi organisme terhadap pH bervariasi dan dipengaruhi oleh suhu, oksigen terlarut, alkalinitas, adanya berbagai anion dan kation (Ely, 2019)

2.2.3.4. Kesadahan

Kesadahan merupakan kandungan -kandungan tertentu di dalam air, umumnya ion kalsium (Ca) dan magnesium (Mg) dalam bentuk garam karbonat. Kesadahan air yang tinggi dapat merugikan karena dapat merusak peralatan yang terbuat dari besi melalui proses pengkaratan (korosi), dapat juga menimbulkan endapan atau kerak pada peralatan. Kesadahan adalah akumulasi mineral yang terkandung dalam air. Mineral ini juga menentukan kadar pH, semakin tinggi mineral yang terkandung maka semakin tinggi pula pHnya. Kesadahan yang tinggi disebabkan oleh kalsium, magnesium, strontium dan ferrum. Hal ini mengakibatkan sabun sulit berbusa, sehingga masyarakat tidak suka memanfaatkan air payau sebagai penyediaan air bersih. Kualitas air yang bersih dipengaruhi oleh kesadahan yang tinggi. Penyebab kesadahan dalam air ini karena adanya kadar residu yang terlalu tinggi (Ali & Aribiyanto, 2016). Kesadahan juga dipengaruhi oleh konsentrasi TDS, semakin tinggi konsentrasi TDS maka konsentrasi kesadahan juga semakin tinggi (Fahimah *et al.*, 2021).

2.2.3.5. Salinitas

Salinitas merupakan tingkat keasinan atau kadar garam yang terlarut dalam air. Salinitas dapat didefinisikan sebagai total konsentrasi ion-ion terlarut dalam air yang dinyatakan dalam satuan permil (‰) atau ppt (*part per thousand*) atau g/l. salinitas tersusun atas tujuh ion utama yaitu sodium, potassium, kalium, magnesium, klorida, sulfat, bikarbonat. Nilai salinitas air untuk perairan tawar antara 0 - 5 ppt, perairan payau antara 6-29 ppt, dan perairan laut antara 30-40 ppt.

Faktor yang mempengaruhi salinitas adalah penguapan. Semakin banyak penguapan yang terjadi, makin tinggi juga salinitas air, semakin sedikit penguapan yang terjadi maka semakin rendah salinitas air. Selain itu volume air tawar juga mempengaruhi salinitas. Semakin banyak volume air tawar yang bercampur dengan air payau maka kadar garamnya akan semakin rendah. Konsentrasi mineral dapat menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi kadar salinitas pada suatu perairan. Air tawar dan air laut sama-sama memiliki kandungan mineral yang bernama magnesium. (Armis *et al.*, 2017)

2.2.4. Desalinasi

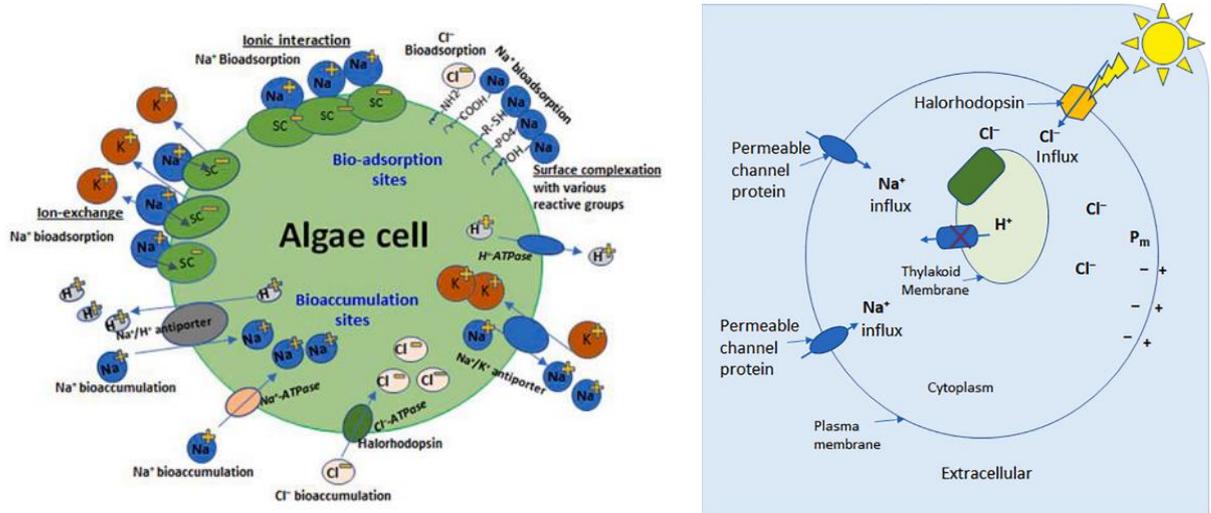
Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) desalinasi adalah proses membuat tawar air laut atau payau atau proses membuat air tawar dari air asin. Desalinasi adalah proses pemisahan garam terlarut yang fungsinya mengurangi kandungan garam pada air payau. Salah satu desalinasi yang menggunakan mikroorganisme hidup untuk menghilangkan atau menurunkan kadar garam pada air laut disebut dengan biodesalinasi. (Amezaga *et al.*, 2014).

2.2.5. Adsorpsi

Adsorpsi merupakan salah satu proses yang digunakan untuk menghilangkan zat pencemar pada air. Adsorpsi diartikan sebagai pengambilan molekul-molekul oleh permukaan atau permukaan dalam suatu padatan adsorben (Purwaningtyas *et al.*, 2020). Adsorben yang dapat digunakan sebagai media dalam penurunan salinitas diantaranya karbon aktif, tanah liat, *fly ash*, dan zeolit. (Wibowo *et al.*, 2017). Zeolit dan karbon aktif dapat digunakan untuk mengatasi masalah tingginya kadar salinitas, dan TDS karena memiliki daya serap yang tinggi (Sintya, 2022).

Adsorpsi menggunakan mikroorganisme hidup disebut dengan bioadsorpsi. Bioadsorpsi merupakan proses metabolisme yang terjadi di permukaan mikroalga *Spirulina sp* (Patel *et al.*, 2021). Proses bioadsorpsi pada permukaan mikroalga *Spirulina sp* terjadi melalui pembentukan ikatan kovalen antara dinding sel dengan logam berat, pertukaran ion logam berat dengan kation dinding sel dan pengikatan

kation logam berat dengan asam uronat bermuatan negatif dari eksopolisakarida mikroalga *Spirulina sp* (Leong & Chang, 2020).



Gambar 2.1. Bioadsorpsi Na^+ dan Cl^- pada dinding sel *Spirulina sp* (Patel *et al.*, 2021).

2.2.6. Filtrasi

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) filtrasi adalah suatu proses penyaringan. Filtrasi merupakan suatu proses pemisahan padatan dari cairan menggunakan media berpori-pori untuk menghilangkan padatan tersuspensi dan zat lainnya. Filtrasi adalah suatu proses yang digunakan pada pengolahan air untuk memisahkan bahan pengotor yang terdapat dalam air. Pada prosesnya air merembes dan melewati media filter sehingga zat pengotor akan tertahan pada media filter. Media filter memiliki kemampuan untuk memisahkan zat pengotor semua ukuran termasuk didalamnya mikroalga, dan koloid- koloid tanah (Syahrir *et al.*, 2018)

2.2.7. Zeolit Komersial

Zeolit merupakan senyawa alumino-silikat, zeolit memiliki pori-pori berukuran molekuler sehingga memiliki kemampuan memisahkan atau menyaring molekul dengan ukuran tertentu. Struktur zeolit tiga dimensi dan mempunyai rongga - rongga yang dapat diisi oleh kation lain atau molekul air. Struktur zeolit

yang berongga berfungsi untuk mengikat molekul air dan ion-ion logam (Purwaningtyas *et al.*, 2020). Zeolit dapat menyerap berbagai macam polutan dan zat beracun dalam air, baik berupa ion logam, polutan organik maupun anorganik.



Gambar 2.2. Zeolit

2.2.8. Karbon Aktif Komersial

Karbon aktif merupakan arang yang telah mengalami perubahan fisika dan kimia karena mendapat perlakuan aktivisasi bahan kimia ataupun pemanasan pada temperature tinggi. Karbon aktif memiliki permukaan yang berongga, warna hitam, tidak berasa, tidak berbau dan memiliki daya serap yang tinggi. (Purwoto & Nugroho, 2013). Karena strukturnya yang berongga karbon aktif banyak digunakan sebagai adsorben zat warna dan logam berat (Purwanti *et al.*, 2021)



Gambar 2.3. Karbon Aktif

2.2.9. Mikroalga *Spirulina sp*

Spirulina sp merupakan mikroalga yang digolongkan ke dalam cyanobacteria berwarna hijau-kebiruan, berbentuk spiral bersel satu dan tidak berkoloni. Kandungan *Spirulina sp* terdiri dari 60 - 70% protein, 20 - 25% karbohidrat 4-6% lipid, beberapa asam lemak tidak jenuh, vitamin, mineral, asam amino karotenoid klorofil dan fikosianin (Sulaiman et al., 2021). *Spirulina sp* memiliki morfologi berbentuk filamen yang tersusun atas sel-sel berbentuk silindris tanpa sekat pemisah dan berwarna hijau kebiruan. Diameter selnya sekitar 1 – 2 μm pada jenis yang lebih kecil dan berukuran sekitar 3-12 μm pada jenis yang lebih besar. *Spirulina sp* memiliki kemampuan yang tinggi untuk mengikat ion- ion logam dari larutan dan mengadsorpsi logam berat karena terdapat gugus fungsi dalam dinding sel dalam sitoplasma. Gugus fungsi yang dapat melakukan pengikatan dengan ion logam diantaranya gugus karboksil, hidroksil, amina, sulfidril imadazol, sulfat dan sulfonat (Budi et al., 2018). Gugus reaktif seperti -COOH, -NH, -OH, -CHO dari pektin dan proten yang diakui mampu melakukan bioadsorpsi Na^+ dan Cl^- melalui daya tarik elektrostatik (Patel et al., 2021)..

Terdapat beberapa faktor abiotik yang mempengaruhi pertumbuhan *Spirulina sp* seperti pH, suhu, salinitas, nutrisi dan intensitas cahaya. Menurut Isnansetyo dan Kurniastuty 1995 *Spirulina sp* dapat tumbuh dengan baik pada pH 7,2 – 9,5 dan suhu antara 25-35°C. Salinitas kultur pada penelitian prambodo berkisar 15-17 ppt. Menurut Hariyati, salinitas yang terbaik untuk perkembangan *Spirulina sp* antara 15-20 ppt. *Spirulina sp* dapat tumbuh optimal dengan intensitas cahaya sebesar 1500-3000 lux (Prambodo et al, 2016).



Gambar 2.4. *Spirulina sp*

Pertumbuhan *Spirulina sp* juga ditunjang oleh ketersediaan nutrisi baik mikro maupun makro. Kualitas *Spirulina sp* berkaitan dengan komposisi nutrisi pada media kultur dan parameter kualitas airnya. Media wadne yang mengandung makronutrien dan mikronutrien yang lengkap bagi mikroalga digunakan sebagai sumber nutrient bagi *Spirulina sp* karena mengandung nutrisi yang lengkap. Mikronutrien berupa Fe, Mo, Cu, Ca, Mn, Zn, dan Co serta makronutrien N, P, S, K, Si, dan Ca yang dibutuhkan untuk menunjang pertumbuhan *Spirulina sp* (Vonshak *et al.*, 1982).