

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Penelitian Terdahulu**

Pada penelitian yang berjudul “Removal Natrium ( $\text{Na}^+$ ), Klorida ( $\text{Cl}^-$ ), dan Kesadahan Air Payau dengan Resin Penukar ion” yang ditulis oleh (Setyabudi *et al.*, 2020). Tujuan dari penelitian ini mengetahui efisiensi penurunan parameter Natrium ( $\text{Na}^+$ ), Klorida ( $\text{Cl}^-$ ), dan kesadahan pada air payau menggunakan penukar ion dengan pasangan resin kation dan anion secara berulang. Penelitian ini menggunakan air baku yang bersumber dari air sumur daerah Tambak Cemandi, Sedati, Sidoarjo dengan menggunakan variabel waktu tinggal air dalam resin. Penelitian ini menghasilkan efisiensi penurunan yang paling efektif yaitu waktu tinggal 30 menit, yang mampu menurunkan parameter kesadahan hingga sebesar (99,4%) pada air payau.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Nugroho & Purwoto, 2013) dengan judul “Removal Klorida, TDS dan Besi pada Air Payau Melalui Penukar Ion dan Filtrasi Campuran Zeolit Aktif dengan Karbon Aktif” memanfaatkan air payau sebagai pengganti air sumur dengan melakukan pengolahan terlebih dahulu untuk menghilangkan kadar garam, mineral serta logam pada air payau. Penelitian ini sangat membantu masyarakat dalam pemenuhan air bersih disaat air sumur yang tidak memenuhi syarat kesehatan. Zeolit memiliki pori rongga yang mampu menyerap partikel padatan pada air sehingga mampu menjernihkan air.

Jannah (2018) melakukan penelitian mengenai Pengaruh Tinggi Media Pasir Silika terhadap penyisihan kekeruhan pada unit filtrasi pengolahan air minum bertujuan untuk menghasilkan air minum yang berkualitas dengan mengacu pada standar air minum Indonesia yaitu PerMenkes No. 492 tahun 2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum. Penelitian ini membahas mengenai media pasir silika yang digunakan sebagai unit pengolahan yang mampu mengurangi tingkat kekeruhan yang diakibatkan adanya senyawa organik yang larut dalam air serta mengurangi nilai estetika kualitas air minum.

**Tabel 2. 1** Referensi tinjauan pustaka

No	Nama Peneliti	Tujuan	Hasil	Perbedaan
1.	(Nugroho & Purwoto, 2013)	Mengetahui efisiensi penurunan kadar parameter uji, yaitu besi, klorida dan TDS pada air payau terhadap masing-masing varian reaktor dalam memenuhi baku mutu air bersih.	Komposisi 75% zeolit aktif : 25 % karbon aktif mempunyai efisiensi penurunan yang paling tinggi mampu menurunkan kadar besi sebesar 67%, kadar klorida 65% dan kadar TDS 63%. Semakin banyak jumlah zeolit pada campuran media antara zeolit aktif dan karbon aktif, maka mempunyai efisiensi penurunan yang semakin tinggi terhadap kadar parameter TDS, klorida dan besi.	Media yang digunakan berupa zeolit aktif dan karbon aktif dengan ukuran $\pm$ 6.3 mm, serta resin penukar kation AMBERLITE™ IR120 Na dan resin penukar anion AMBERLITE™ IRA402 Cl. Pada penelitian ini penulis tidak menggunakan karbon aktif namun menambahkan media filter berupa pasir silika sebagai penurunan tingkat kekeruhan dalam air.

No	Nama Peneliti	Tujuan	Hasil	Perbedaan
2.	(Al-Asheh & Aidan, 2016)	Mengetahui kinerja komprehensif penukar ion regenerasi resin pada treatment air.	Konduktivitas air menurun dengan meningkatnya konsentrasi resin, konduktivitas terendah dicapai saat menggunakan 1- vol% NaOH dan 5- vol% HCl masing-masing dalam tabung resin katodik dan anodik. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa konduktivitas air meningkat dengan bertambahnya jumlah air yang Jumlah resin secara signifikan mempengaruhi efisiensi deionisasi, lebih banyak ion dihilangkan karena jumlah resin meningkat	Resin penukar polimer kation asam kuat bernama MERCK 104765 penukar kation IV sedangkan resin penukar anion polimer basa kuat yaitu MERCK 104767 penukar anion III namun pada penelitian ini penulis menggunakan resin kation amberjet 1200 H <sup>+</sup> dan resin anion amberjet 4400 OH <sup>-</sup> secara rangkap serta penambahan media pasir silika dan zeolit sebagai media peningkatan kualitas TDS dan kekeruhan dalam air.

No	Nama Peneliti	Tujuan	Hasil	Perbedaan
3.	(Desmiarti <i>et al.</i> , 2017)	Mengetahui pengaruh dari jumlah resin kartrid pada konduktivitas listrik (EC), pH dan total padatan terlarut (TDS) pada sampel air gunung pada air denim yang dihasilkan.	Jumlah 4 katrid resin (2 anion dan 2 kation), efisiensi penghilangan EC dan TDS masing-masing mencapai 89,09% dan 90,91%. Sedangkan untuk nomor 6 katrid resin (3 anion dan 3 kation), diperoleh efisiensi penyisihan EC dan TDS sebesar 95,45% dan 96,36%, masing-masing. Selain itu, pengaruh laju alir juga dipelajari dengan menggunakan 6 katrid resin (3 anion dan 3 kation).	Penggunaan media resin yang berpasangan sebanyak 4 pasang dengan diawali dan diakhiri dengan filter berukuran 0,1 mikron sedangkan penelitian akan dilakukan menggunakan 2 pasangan resin kation dan anion yang hanya diawali dengan 1 filter berukuran 1 mikron.

No	Nama Peneliti	Tujuan	Hasil	Perbedaan
4.	(Rahmayanti & Hamidah, 2019)	Mengetahui efisiensi dari kinerja filter pengolah air payau dalam menyisihkan parameter kualitas air berupa bakteri <i>coliform</i> dan total bakteri yang dinyatakan dalam <i>Total Plate Count</i> (TPC).	Filter reaktor efektif mampu menurunkan bakteri <i>coliform</i> dan total bakteri pada air baku masing-masing hingga 100% dan 97%.	Pengolahan air payau secara filtrasi menggunakan desalinasi karbon aktif (20 cm), pasir silika (15 cm), zeolit (15 cm), dan kerikil (10 cm) dengan peletakkan reaktor tegak dan miring sedangkan penelitian yang dilakukan penulis menggunakan massa yang sama media pasir silika, zeolit, resin anion, dan kation masing-masing 400 gram.
5.	(Sutopo, 2019)	Memurnikan air tanah dengan resin penukar ion menjadi air TDS 0 ppm	Hasil proses demineralisasi sebanyak 80 liter (4 × 20 liter) dengan TDS awal air baku 78 ppm, resin telah jenuh dan saatnya untuk diregenerasi	Demineralisasi air tanah menggunakan 1 liter resin kation Lewatit S108 atau Resin Penukar Kation CRX (Cation Resin Exchanger) dan 1 liter anion Purolite A500 macropore atau Resin Penukar Anion ARX (Anion Resin Exchanger). Air baku yang diuji oleh penulis yaitu air payau dengan penambahan pasir silika dan zeolit sebagai media peningkatan kualitas TDS dan kekeruhan dalam air.

No	Nama Peneliti	Tujuan	Hasil	Perbedaan
6.	(Setyabudi <i>et al.</i> , 2020)	Mengetahui efisiensi penurunan parameter Klorida (Cl <sup>-</sup> ), Natrium (Na <sup>+</sup> ), serta Kesadahan dalam air payau dengan menggunakan <i>treatment</i> pasangan resin kation-anion secara berulang untuk memenuhi standar air bersih.	Efisiensi penurunan yang paling efektif yaitu waktu tinggal 30 menit, yang mampu menurunkan parameter Natrium (Na <sup>+</sup> ) sebesar 4303,1 mg/L (71,8%), parameter Klorida (Cl <sup>-</sup> ) sebesar 6641,6 mg/L (71,8%), dan parameter Kesadahan sebesar 10278,8 mg/L (99,4%).	Pertukaran ion menggunakan 3 pasang media resin kation-anion secara berulang dengan resin yang Amberjet 1200 H <sup>+</sup> dan Amberjet 4400 OH <sup>-</sup> sedangkan penelitian ini menggunakan 2 pasang media resin serta adsorpsi berupa zeolit dan filtrasi berupa pasir silika.
7.	(Suryohendr asworo, 2021)	Menghilangkan kandungan ion logam dalam limbah artifisial daur ulang baterai LFP yang terbuat dari litium hidroksida (Merck, LiOH 98%).	Penggunaan <i>ion-exchange</i> resin kation Amberlite HPR1100 Na dapat mengurangi kadar ion litium dan natrium sampai 100% pada menit ke-20 dengan variasi dosis adsorben 10 g/100 mL, sedangkan	Penghilangan ion logam pada limbah artifisial metode adsorpsi batch dengan <i>ion-exchange</i> resin kation Amberlite HPR1100 Na dan resin anion Dowex Marathon A sedangkan pada penelitian yang

No	Nama Peneliti	Tujuan	Hasil	Perbedaan
			<p>penggunaan <i>ion-exchange</i> resin anion Dowex Marathon A dapat mengurangi kadar ion fosfat sampai 100% pada menit ke-30 dengan dosis adsorben 10 g/100 ml.</p>	<p>dilakukan penulis untuk menghilangkan ion logam pada air payau.</p>
8.	(Chairunissa <i>et al.</i> , 2021)	<p>pengelolaan air mineral menjadi air demineral dengan metode membran <i>reverse osmosis</i> serta untuk mengetahui pengaruh debit dan tekanan membran <i>reverse osmosis</i> (RO) dalam menurunkan kadar TDS (<i>Total Dissolved Solid</i>) pada air gunung.</p>	<p>Air demineral dari air baku pada kondisi operasi yaitu tekanan 12 bar dan debit 9 liter/menit. Kemampuan penyisihan TDS terbesar 98,24% dengan penurunan kadar awal TDS 114 ppm menjadi 2 ppm, sehingga sudah memenuhi baku mutu air demineral.</p>	<p>Tahapan pengolahan air demineral yang dilakukan menggunakan tahap filtrasi, adsorpsi, pertukaran ion, filtrasi katrid, dan RO sebagai penurunan TDS pada air sedangkan pada penelitian ini tidak menggunakan RO</p>

No	Nama Peneliti	Tujuan	Hasil	Perbedaan
9.	(Vasil'eva <i>et al.</i> , 2021)	Mengetahui pengaruh fraksi massa resin penukar ion dalam Ralex CM membran penukar kation pada demineralisasi fenilalanin larutan garam	Nilai maksimum faktor pemisahan dan pemulihan ion mineral dari larutan campuran dengan fenilalanin dicapai dalam larutan encer ( $C < 0,05 \text{ mol/dm}^3$ ) menggunakan membran dengan fraksi massa resin penukar ion yang tinggi, dengan kehilangan total komponen asam amino target tidak lebih dari 1%.	Menggunakan resin kation Relax CM dengan penambahan larutan <i>Phenylalanine</i> , sedangkan penulis menggunakan penambahan resin anion serta untuk memaksimalkan penurunan tingkat kesadahan pada air serta pasir silika dan zeolit sebagai media peningkatan kualitas TDS dan kekeruhan dalam air.

No	Nama Peneliti	Tujuan	Hasil	Perbedaan
10.	(Widyastuti <i>et al.</i> , 2022)	Mengetahui penurunan parameter COD BOD, Kekeruhan, Salinitas serta pH dalam air laut dengan menggunakan kombinasi teknologi filtrasi, adsorpsi, dan pertukaran ion dengan dua reaktor yang berbeda.	Penurunan terbaik BOD sebesar 7.5 mg/L (14.23%), COD sebesar 19.3 mg/L (15.10%), salinitas 2.9 ppt (11.74%), kekeruhan 110.8 NTU (82.50%), dan dapat menstabilkan pH dengan nilai 6.72 – 7.52.	<i>Treatment</i> pengolahan berupa filtrasi, menggunakan adsorbat cangkang kerang darah ( <i>Anadara granosa liin</i> ) berukuran 3 mesh, zeolit, kerikil, resin anion, dan resin kation. Adsorbat yang digunakan penulis berupa zeolit dan untuk menurunkan kekeruhan menggunakan pasir silika sebagai filter.

## 2.2 Teori Relevan

### 2.2.1 Prototype

*Prototype* merupakan suatu metode dalam pengembangan produk dengan cara membuat perancangan suatu sistem yang akan digunakan di dasarkan pada konsep yang bertujuan mengembangkan model awal menjadi sistem final yang lebih simpel dan efisien (Hakim *et al.*, 2016). *Prototype* juga dapat diartikan sebagai gambaran mengenai sistem dalam bentuk final terhadap bentuk rancangan dari objek yang dibuat dengan skala tertentu yang mewakili dimensi objek sesungguhnya. Perancang mampu modifikasi sisten yang telah ada dan menyatukan medote lainnya sehingga diperoleh suatu kesatuan sistem yang sederhana namun berkualitas tinggi sesuai dengan kebutuhan pengguna untuk menghasilkan produk yang diinginkan (Aryani *et al.*, 2017).

### 2.2.2 Air Payau

Air payau memiliki salinitas berkisar 0,5 ppt sampai dengan 30 ppt sedangkan air tawar hanya mamiliki salinitas kurang dari 0,5 ppt dan diperbolehkan pada air minum tidak melebihi 0,2 ppt (Nugroho & Purwoto, 2013). Sifat fisik pada air payau berwarna coklat kehitaman sehingga mengandung nilai garam yang cukup tinggi sehingga mampu mengganggu metabolisme pada tubuh manusia (Hapis & Sanuddin, 2021). Komposisi kimia yang terdapat pada air payau terdiri atas  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ , dan  $\text{Na}^+$  dengan adanya senyawa tersebut dipastikan kandungan logam mineral pada air payau sangatlah tinggi (Husni *et al.*, 2021). Berikut ini tabel hasil penelitian terdahulu mengenai kandungan air payau yang disajikan pada tabel 2.2 antara lain:

**Tabel 2. 2** Tabel karakteristik dan kandungan air payau

No.	Parameter	Satuan	Hasil Pemeriksaan
<b>A. Fisika</b>			
1.	Zat Padatan Terlarut (TDS)	mg/L	5636
2.	Kekeruhan	NTU	22,2

No.	Parameter	Satuan	Hasil Pemeriksaan
3.	Warna	TCU	5,3
<b>B. Kimia</b>			
4.	pH		8
5.	Nitrat (NO <sub>3</sub> )	mg/L	20
6.	Nitrit (NO <sub>2</sub> )	mg/L	3
7.	Khromium Valensi 6 (Cr <sup>6+</sup> )	mg/L	0,01
8.	Besi (Fe)	mg/L	0,2
9.	Mangan (Mn)	mg/L	0,1
<b>C. Biologi</b>			
10.	Total <i>Coliform</i>	CFU/100 ml	274

Sumber: Peneliti (2023) dan Friskya (2023)

### 2.2.3 Air Mineral

Air mineral ialah air yang telah memiliki mineral dalam jumlah tertentu tanpa menambahkan mineral pada proses pemurniannya (Deril & H, 2010). Air mineral biasanya diminum oleh manusia diperoleh melalui proses pemurnian air (*Reverse Osmosis/ Tanpa Mineral*) maupun proses biasa *Water treatment processing* (Mineral) dimana sumber air berasal dari mata air pegunungan. Kandungan mineral dalam air minum merupakan unsur yang penting dalam tubuh serta bermanfaat bagi tubuh dan sistem pencernaan, contohnya mineral terlarut dalam air minum seperti Fourida (F<sup>-</sup>), Natrium (Na<sup>+</sup>), Magnesium (Mg<sup>2+</sup>), Kalsium (Ca<sup>2+</sup>), Selenium (Se<sup>2-</sup>), Tembaga (Cu<sup>+</sup>), Timbal (Pb<sup>2+</sup>) dan lain sebagainya. Air minum dalam kemasan yang dikonsumsi juga harus memenuhi standar yang mengacu pada Peraturan Pemerintah maupun Menteri. Berikut ini tabel persyaratan mutu air minum dalam kemasan berdasarkan Standar Nasional Indonesia Nomor 01-3553-2006 disajikan pada tabel 2.3:

**Tabel 2. 3** Syarat mutu air minum dalam kemasan

No.	Kriteria Uji	Satuan	Persyaratan Air Mineral
1	<b>Keadaan</b>		
1.1	Bau	-	Tidak ber bau
1.2	Rasa	-	Normal
1.3	Warna	Unit PT-Co	maks 5
2.	pH	-	6,0 - 8,5
3.	Kekeruhan	mg/L	maks 1,5
4.	Zat tang terlarut	mg/L	maks 500
5.	Zat organin (angka KMnO <sub>4</sub> )	mg/L	maks 1,0
7.	Nitrat (NO <sub>3</sub> )	mg/L	maks 45
8.	Nitrit (NO <sub>2</sub> )	mg/L	maks 0,005
9.	Amonium (NH <sub>4</sub> )	mg/L	maks 0,15
10.	Sulfat (SO <sub>4</sub> )	mg/L	maks 200
11.	Klorida (Cl)	mg/L	maks 250
12.	Fluorida (F)	mg/L	maks 1
13.	Sianida (CN)	mg/L	maks 0,05
14.	Besi (Fe)	mg/L	maks 0,1
15.	Mangan (Mg)	mg/L	maks 0,5
16.	Klor bebas (Cl)	mg/L	maks 0,1
17.	Kromium (Cr)	mg/L	maks 0,05
18.	Barium (Ba)	mg/L	maks 0,7
19.	Boron (B)	mg/L	maks 0,3
20.	Selenium (Se)	mg/L	maks 0,01
21	<b>Mineral logam :</b>		
21.1	Timbal (Pb)	mg/L	maks 0,005
21.2	Tembaga (Cu)	mg/L	maks 0,5
21.3	Kadmium (Cd)	mg/L	maks 0,003

No.	Kriteria Uji	Satuan	Persyaratan Air Mineral
21.4	Raksa (Hg)	mg/L	maks 0,001
22	Arsen (Ar)	mg/L	maks 0,01
23	<b>Mikroba :</b>		
23.1	Angka lempang total awal *)	Koloni/ml	maks $1,0 \times 10^2$
23.2	Angka lempeng total akhir **)	Koloni/ml	maks $1,0 \times 10^5$
23.3	Bakteri bentuk koli	APM/100mL	< 2
23.4	<i>Salmonella</i>	-	Negatif/100ml
23.5	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Koloni/mL	Nol

Sumber: (BSN, 2006)

#### 2.2.4 Mineral Logam Timbal (Pb)

Timbal (Pb) merupakan jenis logam mineral yang tergolong mikroelemen, dan logam berat yang mampu berpotensi menjadi bahan toksik. Suatu perairan yang sudah tercemar oleh unsur Pb, sehingga konsentrasi mineral logam timbal yang terdapat pada perairan melebihi konsentrasi yang semestinya, sehingga mampu mengakibatkan kematian bagi biota perairan (Nisak *et al.*, 2013). Keberadaan mineral logam timbal yang berlebih pada perairan akan terakumulasi masuk dalam iak yang dimakan manusia yang nantinya bisa menyebabkan terjadinya penurunan kecerdasan pada anak, terlambatnya pertumbuhan badan, bahkan menimbulkan kelumpuhan yang bermula dari mual, anemia, dan sakit perut (Widayatno *et al.*, 2017). Kandungan mineral logam timbal pada air demineral juga ditentukan pada SNI sebab kegunaannya sebagai pelarut bahan kimia hingga reagen pada pengujian harus terbebas dari mineral logam timbal yang berlebih.

#### 2.2.5 Air Demineral

Air demineral merupakan air bebas dari mineral terlarut yang digunakan di laboratorium dan bahan baku sebagai air proses penguapan di industri (Desmiarti *et al.*, 2017). Air demineral diperoleh melalui proses penghasil air demineral yang mampu menghilangkan mineral-mineral dalam air. Seiring pada perkembangan

teknologi masa kini, air demineral mampu dibuat melalui proses pemurnian air (Chairunissa *et al.*, 2021). Menurut Badan Standar Nasional Indonesia air demineral diperoleh melalui proses pemurnian secara destilasi (penguapan), deionisasi (demineralisasi), *reverse osmosis* (penyaringan) dan/atau proses setara lainnya, dengan atau tanpa penambahan oksigen (O<sub>2</sub>) atau karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) (BSN, 2015). Air demineral yang diperoleh dari hasil proses pemurnian terbebas dari zat-pengotor digunakan sebagai pelarut dan untuk membersihkan alat-alat laboratorium dari zat-pengotor biasanya disebut dengan air demineral. Air demineral yang baik digunakan harus memenuhi standar baku mutu yang telah ditetapkan. Hal ini dapat dilihat pada Standar Nasional Indonesia 6241 tahun 2015 dapat dilihat pada tabel 2.3 berikut ini:

**Tabel 2. 4** Syarat mutu air demineral

No.	Kriteria Uji	Satuan	Persyaratan
1	Keadaan		
1.1	Bau	-	Tidak berbau
1.2	Rasa	-	Normal
1.3	Warna	Unit Pt-Co	Maks. 5
2	Ph	-	5,0 – 7,5 atau 4,0 – 5,0
3	Kekeruhan	NTU	Maks. 1,5
4	Zat yang terlarut	mg/L	maks. 10
5	Total organik karbon	mg/L	maks. 0,5
6	Bromat	mg/L	maks. 0,01
7	Perak (Ag)	mg/L	maks. 0,025
8	Kadar karbon dioksida (CO <sub>2</sub> ) bebas	mg/L	3000 – 5890
9	Kadar oksigen (O <sub>2</sub> ) terlarut awal	mg/L	min. 40,0

No.	Kriteria Uji	Satuan	Persyaratan
10	Kadar oksigen (O <sub>2</sub> ) terlarut akhir	mg/L	min. 20,0
11	Cemaran logam:		
11.1	Timbal (Pb)	mg/L	maks. 0,005
11.2	Tembaga Cu)	mg/L	maks. 0,5
11.3	Cadmium (Cd)	mg/L	maks. 0,003
11.4	Merkuri (Hg)	mg/L	maks.0,001
12	Cemaran Arsen (As)	mg/L	maks. 0,01
13	Cemaran mikroba:		
13.1	Angka lempeng total awal**)	koloni/mL	maks. $1,0 \times 10^2$
13.2	Angka lempeng total akhir****)	koloni/mL	maks. $1,0 \times 10^5$
13.3	Total <i>Coliform</i>	koloni/250mL	TTD
13.4	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	koloni/250mL	TTD
<b>CATATAN:</b> *) Air karbonasi **) Di Pabrik ***) Di Pasaran TTD : Tidak Terdeteksi			
<b>Catatan kaki</b> No. 6 diuji jika dilakukan desinfeksi dengan proses ozonisasi No. 8 diuji jika dilakukan CO <sub>2</sub> No. 9 dan 10 diuji jika dilakukan penambahan O <sub>2</sub>			

Sumber: (BSN, 2015)

Keterangan : Parameter yang dikotak tebal merupakan parameter yang uji pada penelitian ini.

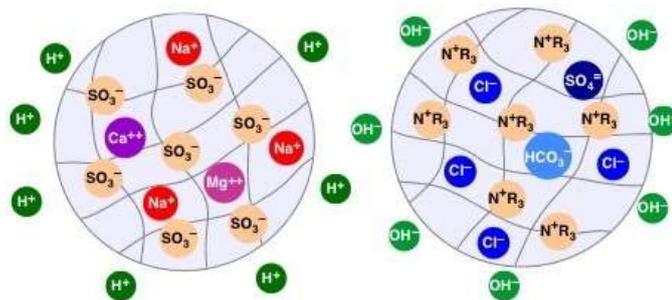
### 2.2.6 Demineralisasi

Demineralisasi ialah suatu proses pemurnian air melalui proses penghilangan garam-garam mineral yang ada di dalam air sehingga air yang diperoleh memiliki kemurnian yang tinggi yang melalui proses pertukaran ion (*ion exchange*) (Gifari *et al.*, 2022). Selain garam mineral demineralisasi juga digunakan secara khusus untuk proses pertukaran ion untuk penghilangan total kontaminan mineral ion

hingga mencapai nilai nol (Kosim *et al.*, 2021). Istilah demineralisasi sama halnya dengan deionisasi yang menggunakan resin penukar kation dan anion secara bersamaan atau terpisah pada prosesnya. Pada penelitian Ratnasari *et al.* (2021) demineralisasi resin kation mampu mengurangi kadar mineral logam Fe sebesar 0.129 mg/L, kadar ion Pb sebesar 0.037 mg/L, kadar ion Ag sebesar 0.091 mg/L, dan kadar ion Mg sebesar 46.66 mg/L.

### 2.2.7 Pertukaran Ion (*Ion Exchange*)

Pertukaran ion melibatkan reaksi kimia antar ion (kation atau anion) dalam fase cair dengan ion dari fase padat yang nantinya akan ditukarkan dengan ion dari fase cair yang disebut resin penukar ion (Chairunissa *et al.*, 2021). Resin penukar ion merupakan proses pemisahan yang mampu digunakan untuk menghilangkan mineral logam dalam suatu sampel berupa larutan (Asnadi *et al.*, 2021). Proses pertukaran ion terjadi saat air berkontak dengan resin ion, maka ion terlarut dalam air akan tertangkap pada resin penukar ion dan resin akan melepaskan ion lain dalam kesetaraan yang ekuivalen, pada proses tersebut maka kita dapat mengatur jenis resin dan ion yang akan diikat dan dilepas seperti pada gambar 2.1 berikut:

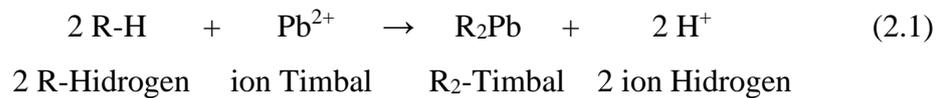


**Gambar 2. 1** Gambaran Proses Pertukaran Ion

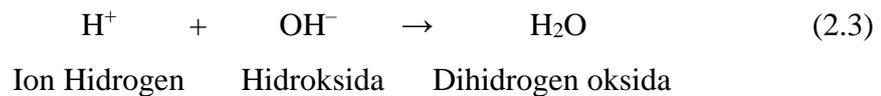
*Sumber : (Rohm & Haas, 2008)*

Menurut Nugroho & Purwoto (2013) proses berlangsungnya demineralisasi air pada ujung rangkaian molekul resin berikatan dengan ion  $H^+$  dan  $OH^-$ . Pada saat air melewati gugusan resin, akan terjadi pengikatan ion-ion mineral yang terlarut di

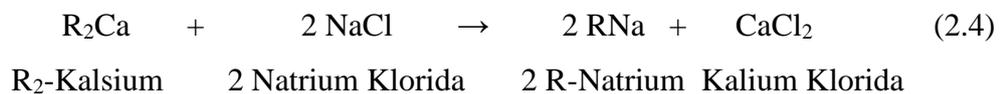
dalam air karena molekul resin memiliki gaya tarik-menarik lebih besar dengan ion molekul dari pada ion  $H^+$  dan  $OH^-$ . Jika R,  $Pb^{2+}$ , dan  $Cl^-$  adalah berturut-turut molekul ion resin, ion mineral positif, dan ion mineral negatif, maka reaksi *ion exchange* yang terjadi pada proses demineralisasi air yakni sebagai berikut:



Reaksi di atas menunjukkan bahwa resin akan mengikat ion-ion mineral dan melepas ion-ion  $H^+$  dan  $OH^-$ . Selanjutnya ion-ion tersebut akan saling berikatan untuk membentuk molekul  $H_2O$  baru.



Setiap proses pertukaran ion, dilakukan regenerasi (pengaktifan kembali gugus fungsional) resin jika sudah jenuh. Jenuh berarti seluruh molekul resin telah berikatan dengan ion-ion yang sudah sesuai. Pada proses softening air, resin dikatakan jenuh jika keseluruhan molekul resin telah berikatan dengan ion kalsium atau magnesium. Resin jenuh ditandai dengan air output dari kolom resin masih mengandung banyak ion-ion kalsium dan magnesium. Proses regenerasi memerlukan larutan garam NaCl pekat yang dialirkan melewati resin (Shahab & Setiorini, 2023).



Pada proses regenerasi resin yang telah jenuh setelah proses demineralisasi, mampu menggunakan larutan asam kuat seperti  $H_2SO_4$  dan juga larutan basa kuat seperti NaOH. Sebagai contoh reaksi di atas dalam pelunakan air, ion kalsium dari air akan diserap oleh resin dan resin akan melepaskan ion natrium untuk menggantikan ion magnesium dan kalsium yang berlangsung secara reaksi

stoikiometri dan dapat balik (*reversible*) mengikuti hukum aksi massa (Budiyono, 2010).

### 2.2.8 Resin Kation dan Anion

Resin merupakan senyawa hidrokarbon terpolimerisasi sampai tingkat tinggi yang memiliki ikatan silang (*cross-linking*) dan gugusan yang mengandung ion-ion yang dapat ditukar.



**Gambar 2. 2** Foto Bahan Resin

*Sumber : Peneliti (2023)*

Sifat pertukaran ion tersebut selektif pada ion tertentu bergantung pada sifat dari ion yang akan dipisahkan. Sifat pertukaran ion berlangsung secara stoikiometri maupun secara balik (*reversible*) dan memenuhi hukum kerja massa (Asnadi *et al.*, 2021). Media yang digunakan pada proses demineralisasi berupa resin penukar ion untuk pengelahan air baku untuk menjadi air demineral (Kosim *et al.*, 2021). Gugus fungsi yang bersifat basa atau asam diikat oleh resin polimer yang menentukan sifat dasar resin tersebut. Satuan berat resin menentukan kapasitas jasal atau kapasitas paritik pertukaran yang dinyatakan sebagai *dry weight capacity* (meq/g resin). Selain itu faktor yang berpengaruh dalam sifat resin yakni jenis gugus fungsi yang menentukan jenis resin penukar ion yang terbentuk dan berpengaruh pada keseimbangan pertukaran dan selektivitas. Menurut Nugroho & Purwoto (2013) resin penukar ion dapat dibagi menjadi dua antara lain:

a) Resin Penukar Kation

Resin penukar kation memiliki kation yang mampu dipertukarkan terbagi menjadi dua jenis antara lain:

1) Resin penukar kation asam kuat

Resin ini memiliki gugus fungsi yang diturunkan dari asam kuat yang mampu bereaksi dengan siklus H (hidrogen) seperti asam sulfat (R-SO<sub>3</sub>H) bereaksi dengan Na<sup>+</sup>. Untuk proses regenerasi resin dilakukan dengan larutan HCl atau H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dengan efisiensi resin setelah regenerasi mencapai 30% hingga 40%.

2) Resin penukar kation asam lemah

Resin ini mengandung gugus fungsi yang diturunkan dari asam lemah yang mampu bereaksi dengan siklus karboksilat (R-COOH) seperti asam fenol atau asam karboksilat. Resin ini hanya mampu memisahkan garam dari asam kuat atau basa kuat dengan efisiensi regenerasi resin ini mendekati 100%

b) Resin Penukar Anion

Resin penukar kation memiliki kation yang dapat dipertukarkan terbagi menjadi dua jenis antara lain:

1) Resin penukar anion basa kuat

Resin anion basa kuat berasal dari gugus fungsi ammonium kuartener tipe I dan tipe II (R-NR<sub>3</sub>-OH). Proses regenerasi resin menggunakan larutan NaOH atau NH<sub>4</sub>OH dengan efisiensi regenerasi 30% hingga 50%

2) Resin penukar anion basa lemah

Resin anion basa lemah tersusun atas amina primer, sekunder, dan tersier sebagai gugus fungsi (R-NH<sub>2</sub>-OH). Resin ini mampu memisahkan asam kuat dengan efisiensi dari regenerasi hingga 100%.

Resin sulfonic acid merupakan resin penukar ion asam kuat yang mampu menukar ion Na<sup>+</sup> terhadap H<sup>+</sup>. Bentuk dan penampilan fisik seperti manik-manik berukuran 0,3 mm hingga 1,2 mm memiliki warna coklat kuning dengan titik didih maksimal mencapai 120 °C (250 °F) serta kisaran pH stabil 1-14 dalam keadaan basah maupun kering (Anonim, 2019). Resin kuartenary amine merupakan resin

penukar ion basa kuat yang memiliki kemamouan pertukaran ion dengan cepat pada ion  $\text{Cl}^-$  terhadap  $\text{OH}^+$ . Bentuk ukuran resin ini sebesar 0,40 mm hingga 0,90 mm dengan densitas 1,07-1,10 g/ml. Bahaya pada resin jika terkena langsung pada mata mampu menyebabkan iritasi mata yang serius, jika terkena kulit secara langsung mampu menyebabkan iritasi ringan. Bahaya terhadap lingkungan jika terjadi tumpahan secara besar mampu mengubah pH air di area tumpahan serta terjadi oksidasi secara cepat terhadap benda logam sehingga menimbulkan karat (Shaner, 2011)

### 2.3 Zeolit

Zeolit merupakan jenis batuan mineral yang terbentuk dari alumina serta silika yang berfungsi sebagai adsorpsi (Ramadani *et al.*, 2023). Adsorpsi merupakan suatu proses terjadinya pengikatan fluida (cairan maupun gas) pada suatu padatan dan akhirnya membentuk lapisan tipis atau film pada permukaan (Purwitasari *et al.*, 2022). Mekanisme proses adsorpsi terjadi penjerapan pada permukaan padatan yang berlangsung saat proses transfer massa pada permukaan yang aktif sehingga molekul terjerap dalam pori-pori kecil (*micropore*) dan tertahan di dalamnya (Sintya, 2021).



**Gambar 2. 3** Foto Bahan Zeolit

*Sumber : (RSH, 2019)*

Zeolit atau aluminosilikat termasuk pada salah satu media yang dapat digunakan sebagai adsorben dalam proses pengolahan air sudah sangat luas karena tingginya kemampuan zeolit dalam proses pertukaran kation (Afifah *et al.*, 2019).

Zeolit mampu digunakan sebagai adsorben karena memiliki struktur kristal alumina silika dengan rongga-rongga berisi ion-ion logam yang dapat melakukan adsorpsi dan pertukaran ion yang mudah ditemukan bahan pembuatnya sehingga hemat biaya (Ismiyati *et al.*, 2014).

## 2.4 Pasir Silika

Pasir silika salah satu media yang sering dipilih sebagai filter dikarenakan pasir silika memiliki celah yang rapat dan daya serap yang tinggi dalam proses filtrasi (Shafira, 2023). Filtrasi ialah proses penyaringan yang mampu menghilangkan zat padat tersuspensi dalam air melalui lapisan filter media berpori seperti pasir atau kombinasi dari pasir, *anthracite*, *garnet*, *ilmenite*, *polystyrene* dan lainnya (Siska *et al.*, 2015). Pasir silika (*Silicon Dioksida*) merupakan komponen biner antara Silikon dan Oksigen, mempunyai rumus kimia  $\text{SiO}_2$  dengan kandungan silika 70% bahkan silika terdapat pada kristal *polymorphy* yang berbentuk bermacam-macam modifikasi serta terdapat pula bentuk yang berupa cairan atau *liquid* (Sulastuti & Iskandar, 2017)

## 2.5 Komponen Pendukung

### 2.5.1 Pompa Air

Pompa air merupakan unit mekanik yang berfungsi untuk memindahkan air dari suatu tempat yang bertekanan rendah ke daerah yang bertekanan tinggi serta berperan untuk mendorong laju aliran pada suatu sistem saluran perpipaan (Iqtimal *et al.*, 2018).



**Gambar 2. 4** Pompa Air Shimizu PS-135 E

*Sumber : (Arifin et al., 2020)*

Penelitian ini menggunakan pompa air bermerek Shimizu PS-135 E yang mampu memudahkan pengguna pada rangkaian *prptotype*. Pompa air PS-135 E termasuk pada jenis pompa otomasi produksi dari Shimizu. Pompa ini mampu menghisap air dengan gaya sentrifugal yang digerakkan oleh putaran *impeller* yang mampu menghasilkan energi tekanan fluida sehingga air terhisap dan terdorong keluar mesin oleh putaran *impeller*. Berikut ini spesifikasi dari pompa air Shimizu PS-135 E dapat dilihat pada tabel 2.5 antara lain:

**Tabel 2. 5** Spesifikasi pompa air shimizu PS-135 E

Output	125 watt
Input	0,33 koli watt
Daya Hisap Max	9 meter
Total Head Max	30 meter
Kapasitas	28 l/min   10 l/min
Tegangan Listrik	1,3 A

*Sumber : (Anonim, 2021)*

Sistem otomatis yang pada pompa ini menggunakan *pressure switch* yaitu mengatur sistem saklar dengan memutus arus aliran listrik. *Pressure switch* bertujuan memberikan kenyamanan dan kemudahan dalam menggunakan pompa air, dimana pada saat kran ditutup pompa akan mati dan saat kran dibuka pompa akan menyala. Prinsip kerja *pressure switch* yaitu menerima tekanan dari pompa air yang kemudian menggerakkan *relay* untuk memutuskan ataupun menyambungkan arus yang terhubung pada pompa air sehingga pompa akan mati dan hidup secara otomatis.

### **2.5.2 Manometer (*Pressure Gauge Bourdon*)**

Manometer merupakan alat pengukur fluida pada ruang tertutup dengan menggunakan zat cair untuk mengukur perbedaan tekanan antara suatu titik tertentu dengan tekanan atmosfer (tekanan terukur) atau perbedaan tekanan antara dua titik.

Suatu fluida ketika berada pada suatu ruang maka akan memiliki nilai tekanan tertentu. Semakin banyak fluida yang masuk dalam ruang tertutup maka tekanan akan semakin besar. Pada sistem perpipaan alat ukur *head losses* untuk mengetahui berapa tekanan air yang mengalir di dalam saluran pipa menggunakan *pressure gauge bourdon* (Fernando *et al.*, 2022).



**Gambar 2. 5** *Pressure Gauge*

*Sumber : Peneliti (2023)*

Fungsi manometer digunakan untuk membaca tekanan pada suatu aliran air pada fasa tertutup. Prinsip kerja *pressure gauge bourdon* yaitu tekanan fluida yang masuk ke dalam tabung bourdon akan mengalami perubahan bentuk penampang akan diikuti perubahan bentuk arah panjang tabung sehingga akan menggerakkan jarum yang menunjuk skala tekanan pada zat cair. Jarum akan menunjuk angka sesuai besarnya tekanan yang diperoleh dalam satuan psi (*pounds per square inch*) atau dalam Bar (Rinaldi *et al.*, 2022). Penelitian ini menggunakan *pressure gauge* berskala 4 bar sebagai alat ukur tekanan air yang akan diujikan, sehingga pengguna mampu melihat tekanan yang mengalir pada instalasi. Ukuran skala *pressure gauge* yang dipilih merupakan skala tekanan yang paling kecil, mengingat tekanan maksimal yang dihasilkan oleh pompa Shimizu PS-135 E hanya mencapai 3,2 bar.

### **2.5.3 Membran Cartridge Filter**

*Cartridge filter* biasanya berbentuk menyerupai tabung dengan mencetak atau menekan isostatik. Bentuk *cartridge filter* seperti ini disebut juga seperti lilin, serta elemen tunggal disebut sebagai *cartridge* sehingga dapat disebut juga filter lilin.

*Cartridge filter* dibuat dari elemen plastik berpori yang bersal dari bubuk termopolimer dengan bobot molekul yang tinggi.



**Gambar 2. 6** Foto Membran *Cartridge filter* 1 mikrometer

*Sumber : Peneliti (2023)*

Fungsi *cartridge filter* sebagai media penyaring partikel dengan ukuran pori yang telah ditentukan. Ukuran pori dibentuk berdasarkan kebutuhan penyaringan padatan terhadap air yang diolah dan karakteristik filtrasi dikendalikan oleh pemilihan bubuk kriogenik terhadap retensi partikel dalam kisaran 5 hingga 200  $\mu\text{m}$  (Chairunissa *et al.*, 2021). Elemen plastik berpori digunakan untuk filtrasi dan untuk penggunaan umum di lingkungan dengan suhu tidak melebihi 80 °C dengan filter *cartridge* lebih disarankan pada pengolahan dengan kontaminan kurang dari 100 ppm (Sutherland & Ken, 2016).

## **2.6 Bilangan Reynold**

Fluida mengalir pada suatu jalur atau pipa dari tekanan tinggi ke rendah dengan adanya gaya gesekan yang disebabkan oleh hambatan atau belokan sehingga mampu menurunkan tekanan (*pressure drop*) (Fadhli & Madjid, 2017). Osborne Reynold tahun 1883 melakukan penelitian yang menghasilkan tiga jenis aliran fluida. Jika fluida mengalir pada sebuah pipa yang memiliki diameter (D) dengan kecepatan rata-rata (V) maka didapatkan bilangan Reynold dipengaruhi terhadap diameter pipa, kecepatan fluida, viskositas, serta kerapatan (Lubis *et al.*, 2020).

Jenis aliran fluida terdiri dari aliran laminar, aliran transisi, dan aliran turbulen. Aliran laminar terjadi pada fluida dengan partikel-partikel yang bergerak

secara teratur mengikuti lintasan yang sejajar pipa dan bergerak dengan kecepatan sama dengan  $Re < 2300$  aliran ini terjadi apabila kekentalan besar dan atau kecepatan kecil. Aliran turbulen merupakan aliran fluida yang mengalir dengan perubahan secara acak dan fluktuasi pada tekanan dan kecepatan aliran dengan nilai bilangan  $Re > 4000$ . Sedangkan aliran transisi terjadi diantara aliran laminar dan turbulen dengan  $Re 2300 < Re < 4000$  (Pratama *et al.*, 2019)