

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Air

Molekul penyusun air terdiri dari atom hidrogen dan atom oksigen yang saling berikatan membentuk molekul H₂O. Sebagai contoh, di dalam setetes air terdapat sekitar jutaan molekul H₂O yang saling terikat. mutu air yang memenuhi standar sebagai air bersih yaitu tidak memiliki warna, tidak adanya bau dan tidak memiliki rasa. Pada umumnya, air berbentuk cair sebagai air, pada titik beku dengan suhu berada di bawah 0°C berbentuk padat sebagai es dan pada titik didih diatas suhu 100°C berbentuk uap air. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup tahun 2010 menetapkan pentingnya menjaga kualitas air agar sesuai dengan kebutuhan manusia dan ekosistem, karena air sebagai sumber daya alam yang fundamental terhadap kelangsungan hidup manusia dan makhluk hidup lainnya, dan berperan untuk menjaga keseimbangan ekosistem.

Air menjadi komponen yang sangat dibutuhkan untuk membantu kehidupan manusia, namun kualitas air yang sesuai standar untuk digunakan dan dikonsumsi dalam jumlah terbatas. Kualitas air ditentukan oleh beberapa faktor, diantaranya faktor fisika dan kimia. Dari keseluruhan isi bumi air merupakan komponen yang paling dominan dengan persentase melebihi 70%. Air dapat menjadi media penularan penyakit, maka menjaga kualitas dan kuantitas air bersih sangat penting guna meningkatkan derajat kesehatan. Angka pertumbuhan jumlah penduduk mempengaruhi kualitas dan kuantitas air karena berbanding lurus dengan meningkatnya aktivitas kehidupan, sehingga dapat meningkatkan angka pencemaran air yang dibutuhkan untuk keperluan sehari-hari (Aliaman, 2017).

Proses sirkulasi air dimulai dengan pemanasan air di permukaan tanah dan laut hingga mencapai suhu didihnya, sehingga menyebabkan air berubah menjadi gas (menguap). Kemudian, uap air tersebut berkumpul dan membentuk awan dalam bentuk titik-titik air. Dalam proses siklus air, uap air mencapai tingkat jenuh dan akhirnya jatuh ke permukaan membentuk air hujan. Setelah di permukaan air diserap akar tumbuhan, menembus ke dalam tanah, dan sebagian akan menguap kembali (Sipato, 2017).

Allah SWT memberikan nikmat dan karunianya di bumi berupa air. Air merupakan sumber adanya kehidupan di bumi. Kehadiran air sangat signifikan dalam memenuhi kebutuhan dasar manusia. Segala jenis organisme selain manusia juga sangat tergantung pada eksistensi air, sebab ketidakcukupan air dapat berakibat fatal bagi kelangsungan hidup makhluk hidup tersebut. Dalam keadaan ini, Allah SWT berfirman dalam Al-Qur`an surah An-Nahl ayat 10-11.

هُوَ الَّذِي أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً لَكُمْ مِنْهُ شَرَابٌ وَمِنْهُ شَجَرٌ فِيهِ تُسِيمُونَ (١٠)
يُنْبِتُ لَكُمْ بِهِ الزَّرْعَ وَالزَّيْتُونَ وَالنَّخِيلَ وَالْأَعْنَابَ وَمِنْ كُلِّ الثَّمَرَاتِ إِنَّ فِي ذَلِكَ لَآيَةً لِقَوْمٍ
يَتَفَكَّرُونَ (١١)

Artinya :

(10) Dialah yang telah menurunkan air (hujan) dari langit untuk kamu, sebagiannya menjadi minuman dan sebagiannya (menyuburkan) tumbuhan, padanya kamu menggembalakan ternakmu.

(11) Dengan (air hujan) itu Dia menumbuhkan untuk kamu tanam-tanaman, zaitun, kurma, anggur dan segala macam buah-buahan. Sungguh, pada yang demikian itu benar-benar terdapat tanda (kebesaran Allah) bagi orang yang berpikir (Q.S. An-Nahl : 10-11).

Ayat diatas menunjukkan begitu besar nikmat dan karunia Allah SWT kepada manusia, menurunkan air dari langit yang menyuburkan tanaman untuk kesejahteraan makhluk hidup.

Dalam rangka meningkatkan kualitas air, perlu dilakukan berbagai upaya untuk penyediaan air dengan mutu yang baik. Upaya ini dilakukan melalui pengolahan air baku dan air limbah yang dapat menyebabkan pencemaran lingkungan. Dewasa ini, banyak kalangan menghadapi kesulitan dalam memperoleh pasokan air dengan mutu yang baik, terutama saat musim kemarau tiba. Tampaknya ada kesulitan yang dihadapi dalam memperoleh air bersih yang cukup dan bermutu. Karena itu, perlu dilakukan upaya terus-menerus dalam memproduksi bahan-bahan industri yang bisa digunakan sebagai media pengolahan air untuk meningkatkan kualitasnya. Beberapa material yang dapat digunakan, antara lain karbon aktif, pasir silika dan zeolit (Febrina, 2019).

2.1.1. Syarat Air Bersih

Menurut Aronggear dkk (2019), Jumlah ketersediaan air bersih harus mencukupi agar dapat memenuhi kebutuhan sanitasi, baik itu untuk kegiatan produksi maupun nonproduksi. Hal ini dikarenakan peran yang dimiliki air begitu penting dan memegang fungsi utama dalam kegiatan sehari-hari masyarakat. Air harus memenuhi standar kualitas yang ditetapkan untuk memastikan kesehatan dan produktivitas yang optimal, mengingat pengaruhnya terhadap kesehatan dan produktivitas. Karakteristik fisik air dapat diamati dengan menggunakan indera penglihatan dan dinilai berdasarkan kualitasnya. Contohnya, kita dapat menggunakan indera penglihatan untuk melihat tingkat Kekeruhan atau warna pada air dan indera penciuman untuk mencium bau yang ada pada air. Standar Permenkes RI Nomor 2 Tahun 2023 telah menetapkan ketentuan tentang syarat mutu air untuk dimanfaatkan dalam memenuhi keperluan *higiene* dan sanitasi, ditunjukkan Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Syarat Air Bersih

No.	Parameter Per. Menkes RI No. 2 Tahun 2023	Kadar maksimum yang diperbolehkan	Satuan
Fisik			
1	Suhu	Suhu udara ± 3	$^{\circ}\text{C}$
2	<i>Total Dissolve Solid</i> (TDS)	<300	mg/L
3	Kekeruhan	<3	NTU
4	Warna	10	TCU
5	Bau	Tidak berbau	-
Kimia			
6	Ph	6,5 – 8,5	-
7	Nitrat (sebagai NO_3) (terlarut)	20	mg/L
8	Nitrit (sebagai NO_2) (terlarut)	3	mg/L
9	Kromium Valensi 6 (Cr^{6+}) (terlarut)	0,01	mg/L
10	Besi (Fe) (terlarut)	0,2	mg/L
11	Mangan (Mn) (terlarut)	0,1	mg/L

(Sumber : Permenkes RI Nomor 2 Tahun 2023)

Dalam sistem penyediaan air dengan mutu yang sesuai dengan ketentuan yang berlaku, harus memenuhi dua syarat seperti dijelaskan di bawah ini :

1. Syarat Kuantitas

Kuantitas air merupakan jumlah ketersediaan air yang berbanding lurus dengan kebutuhan dalam penggunaannya pada keperluan *higiene* sanitasi. Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi besarnya angka kebutuhan air, diantaranya faktor teknis sebagai jumlah banyaknya air yang dipakai dalam satuan meter air, sedangkan faktor sosial ekonomi merupakan jumlah kelompok organisme serta derajat kesanggupan ekonomi masyarakat. Hal ini diatur pada Permendagri Nomor 23 Tahun 2006 tentang pedoman teknis dan standar kebutuhan pokok air. Dibutuhkan suplai yang memadai untuk mencukupi keperluan agar penyakit tidak mudah menyebar di masyarakat. Setiap orang memiliki ragam kebutuhan air, tergantung kondisi cuaca, tingkat standar hidup dan kebiasaan masyarakat.

2. Syarat Kualitas

Kualitas air merupakan keadaan air yang tersedia baik secara fisik maupun kimia menunjukkan mutu air yang berdasarkan pada suatu kegiatan atau keperluan tertentu. Air memiliki tingkatan kualitas yang berbeda tergantung pada penggunaannya. Misalnya, kebutuhan mutu air untuk tujuan irigasi tidak sama dengan kebutuhan yang digunakan untuk tujuan sanitasi. Mutu air yang ada harus memenuhi kriteria yang ditetapkan untuk mencapai standar persyaratan mutu air bersih. Adapun yang menjadi parameter uji pada pengukuran mutu air bersih, yaitu :

a. Parameter Fisika

Secara fisik mutu air perlu memiliki kejernihan yang baik, tanpa warna, tanpa bau, dan tidak berasa seperti air tawar. Disarankan agar suhu air sama atau kurang dari 25°C, sementara kejernihan air dipengaruhi oleh keberadaan padatan yang larut dalam air berasal dinding tempat badan air atau keadaan sekitar, tingginya konsentrasi padatan yang larut tingkat Kekeruhan air akan semakin tinggi.

b. Parameter Kimia

Angka kandungan material kimiawi pada badan air tidak diperbolehkan diatas ketentuan yang berlaku guna mendapatkan mutu air yang baik dan layak digunakan dalam pemanfaatannya. Secara kimiawi, air yang tawar tidak boleh mengandung bahan-bahan beracun, tidak boleh memiliki substansi yang dapat mengganggu kesehatan, dan tidak boleh melebihi kadar tertentu yang dapat menyebabkan masalah teknis. Agar air dapat digunakan untuk kebutuhan *higiene* dan sanitasi yang sesuai dengan standar, penting bagi pH air untuk berada dalam rentang yang baik antara 6,5 hingga 8,5. Selain itu, air juga harus memiliki tingkat kesadahan yang tepat.

2.1.2. Sumber Air

Menurut penelitian Sipato dkk (2017), sumber air adalah elemen penting sebagai wadah munculnya air, menjadi sistem penyuplai air yang dapat dimanfaatkan untuk keperluan pokok manusia serta makhluk hidup lainnya. Ketiadaan sumber air dapat mengganggu keseimbangan ekosistem, merusak tatanan rantai kehidupan seluruh makhluk hidup. Terdapat berbagai jenis sumber air, yaitu:

1. Air Laut

Air yang berasal dari badan air luas seperti laut atau samudra. Air laut dan air tawar memiliki perbedaan dalam sifat-sifatnya, terutama dalam kandungan garam yang terdapat di dalamnya. karakteristik air yang berasal dari laut terasa payau yang memiliki kandungan NaCl sekitar 3%. Oleh karena itu, air laut tidak dapat langsung dikonsumsi karena tidak memenuhi persyaratan yang diperlukan.

2. Air Atmosfer

Air atmosfer atau yang lebih dikenal sebagai air hujan, sebaiknya tidak ditampung dan dimanfaatkan secara langsung untuk diminum. Air tersebut masih banyak mengandung kotoran yang disebabkan oleh debu industri dan kotoran lainnya yang mengkontaminasi air saat turun ke bumi. Air hujan memiliki kemampuan merusak yang signifikan karena reaksi yang dapat mempercepat laju korosi atau penyebab karat.

3. Air Permukaan

Air hujan yang jatuh dari awan akibat uap air yang mencapai titik jenuh dan mengalir di atas permukaan bumi. Selama melalui jalur aliran, air di permukaan sering mengalami pencemaran. Lumpur, kayu yang masih berserakan, dedaunan, limbah industri, dan bahan pencemar lainnya menyebabkan polusi ini. Air permukaan terdiri dari :

a. Air Sungai

Sebelum digunakan untuk mencukupi kebutuhan, air sungai terlebih dahulu menjalani tahap pengolahan yang efektif dikarenakan mayoritas air sungai memiliki tingkat pencemaran yang tinggi ketika melalui jalur aliran. Partikel yang dapat menjadi polutan seperti lumpur yang tersuspensi dibawa aliran sungai dan mengandung sejumlah besar mikroorganisme dan substansi yang berasal dari organisme.

b. Air Rawa

Air yang tergenang secara alami dengan muka air yang dangkal menjadi keruh akibat suspensi bahan-bahan organik yang telah terurai. Seperti nuansa kekuningan cokelat yang timbul akibat asam humus yang dapat terlarut dalam air. Untuk memastikan endapan pada air tidak terikut serta, disarankan untuk mengambil air pada kedalaman yang tepat mengingat kondisi air yang ada.

4. Air Tanah

Berada di bawah permukaan tanah yang berasal dari aliran air hujan, di daerah yang memiliki tingkat air yang melimpah dan tekanan airnya berbanding lurus, bahkan di atas tekanan atmosfer, dikenal sebagai air bawah tanah. Air ini datang dari sebagian air hujan yang turun dan mencapai muka tanah sebelum akhirnya terserap oleh lapisan tanah di bawahnya. Terdapat dua jenis, air tanah meliputi air yang berada di lapisan dangkal dan juga terletak di lapisan bawah yang lebih jauh.

a. Air Tanah Dangkal

Terjadi karena air meresap dari permukaan tanah. Air tanah jernih karena lumpur akan tertahan dan juga dengan bakteri-bakteri, tetapi air tanah banyak mengandung bahan kimia (garam terlarut) yaitu karena melewati

lapisan tanah yang terdapat unsur kimia tertentu pada setiap lapisan tanah. Lapisan tanah berfungsi sebagai saringan. Selain menyaring pengotoran juga terus berlangsung, terutama pada muka air yang dekat dengan muka tanah. Setelah menemui lapisan rapat tanah air akan terkumpul menjadi air tanah dangkal yang dimanfaatkan untuk pemenuhan keperluan air melalui sumur dangkal dengan kedalaman 15 meter.

b. Air Tanah Dalam

Terdapat pada kedalaman 100 hingga 300 meter ke dalam tanah. Penyaringan lebih kompleks atau lebih sempurna daripada air tanah dangkal sehingga bebas dari bakteri dan kualitas air pada air tanah dalam lebih baik daripada air tanah dangkal. Susunan unsur kimia pada air tanah dalam tergantung pada lapisan tanah yang dilalui.

5. Mata Air

Mata air merupakan keadaan alamiah di mana air dalam tanah naik ke permukaan melalui akuifiler, yang dapat terjadi karena berbagai proses geologi atau alamiah lainnya. Menjadi sumber air bersih karena tanpa pengaruh perubahan lingkungan dan era, mempunyai mutu serta jumlah yang hampir mirip dengan air di dalamnya. Sesuai lokasi keluarnya mata air, yaitu :

- a. Mata air rembesan, yaitu air tanah yang berasal dari suatu lereng atau lembah-lembah sungai.
- b. Teluk umbul, air yang terdapat di permukaan berasal dari suatu dataran.

2.2. Tempurung Buah Nipah (*Nypa Fruticans*)

Buah Nipah (*Nypa Fruticans*) tergolong spesies pohon palem yang hidup di wilayah pesisir. Buah dari pohon nipah memiliki berat sekitar 5 kilogram dan sisa kulit buahnya sekitar 3 kilogram. Satu buah nipah memiliki berat rata-rata sekitar 147,87 gram yang terdiri dari bagian utama yaitu sabut dan tempurung dengan berat sekitar 112,2 gram atau sekitar 75,88% dari total berat buah nipah, daging buah dengan berat sekitar 35,67 gram atau sekitar 24,12%. Struktur kulit buah nipah memiliki kandungan selulosa dan lignin yang relatif tinggi, dengan persentase 36,5% dan 27,3% secara berturut-turut. Dengan memperhatikan

presentase konstituen tempurung buah nipah, terlihat bahwa tempurung tersebut berpotensi sebagai sumber karbon yang dapat digunakan untuk produksi karbon aktif (Safariyanti, 2018).



Gambar 2.1. Tempurung Buah Nipah

Sama seperti tempurung kelapa, tempurung buah nipah mempunyai kadar karbon yang tinggi. Karbon dihasilkan dari proses pirolisis tempurung buah nipah yang tidak terbakar sempurna. Dalam proses ini, senyawa karbon kompleks yang ada dalam tempurung buah nipah tidak teroksidasi dan berubah menjadi karbon dioksida. Dalam pirolisis, pemanasan energi menyebabkan oksidasi, memicu dekomposisi sebagian besar molekul karbon kompleks menjadi karbon aktif. Proses pirolisis guna menghasilkan karbon aktif terjadi saat suhu berada dalam rentang 150 hingga 3000°C (Radam, 2021).

2.3. Karbon Aktif

Belakangan ini, studi dengan fokus pemanfaatan karbon aktif sebagai material filter air banyak dilakukan. Pemanfaatan karbon aktif ini dipilih karena prosesnya dianggap lebih sederhana, lebih efisien, dan lebih terjangkau secara biaya. Karbon aktif berupa padatan material berpori dengan kandungan sekitar 85% hingga 95% karbon. Proses pembuatan karbon aktif melibatkan aktivasi dengan menggunakan gas CO₂, uap air, atau bahan kimia lainnya yang menyebabkan pori-pori pada material tersebut terbuka. Akibatnya, kemampuan karbon aktif dalam menyerap zat warna dan bau meningkat. Karbon aktif sendiri berasal dari olahan beragam jenis flora yang memiliki kandungan karbon alami (Safariyanti, 2018).

Karbon aktif memiliki keluasan permukaan yang berkisar antara 300 hingga 2.000 meter persegi per gramnya. Karbon aktif digunakan untuk menyerap (adsorben) partikel-partikel atau material pengotor yang ada dalam air. Karbon

yang sudah melalui tahap aktivasi menghasilkan peningkatan luas permukaan dan jumlah pori-pori yang terbentuk. Kayu, lignit, gambut, batu bara, tempurung kacang dan sejenisnya merupakan jenis material yang kaya kandungan karbon. Terdapat material alami lain yang dapat dimanfaatkan seperti cangkang buah nipah (Astari, 2022).

Karbon aktif diproduksi melalui proses pengeringan komponen yang diperoleh dari organisme hewan atau tumbuhan, untuk menghilangkan kadar airnya. Karbon aktif secara umum memiliki bobot yang ringan, mudah rapuh, dan berstruktur mirip dengan batu bara dengan kandungan karbon sebesar 85% hingga 95%, sedangkan sisanya adalah partikel kecil atau bahan kimia. Pada tahun 2000, Indonesia menjadi pengeksport karbon aktif bersama 4 negara lain, yaitu China, Afrika Selatan, Malaysia, serta Argentina. Karbon aktif yang dieksport ke luar negeri dari Indonesia merujuk pada jenis karbon aktif yang terbuat dari tempurung kelapa, kayu dan mangrove (Koto dkk, 2019).

Ada beberapa jenis arang (karbon) berdasarkan kegunaan, diantaranya :

1. Karbon keras (*Hard charcoal*) untuk mengurangi dosis pestisida pada logam, karbon aktif, serbuk hitam dan karbon disulfide.
2. Karbon sedang (*Moderate charcoal*) untuk bahan obat-obatan kimia dan bahan bakar. Contohnya Natrium sianida dan Karbon disulfide.
3. Karbon lunak (*Soft charcoal*), digunakan sebagai material membuat karbon aktif serta briket.

2.3.1. Fungsi Karbon Aktif

Menurut Saputro (2020), karbon aktif banyak digunakan dalam kehidupan khususnya dalam pengolahan air dan pemurnian gas. Karbon aktif mampu menjernihkan serta menyerap. Fungsi karbon aktif adalah sebagai berikut :

1. Pada pengolahan air karbon aktif berfungsi sebagai penghilang Kekeruhan, bau dan material pencemar.
2. Pada pemurnian gas karbon aktif berfungsi sebagai penghilang asap, bau dan gas beracun.

2.3.2. Proses Pembuatan Karbon Aktif

Menurut penelitian Astari dkk (2022), karbon aktif diolah melalui dua tahap, yaitu karbonisasi dan aktivasi sebagai berikut :

1. Karbonisasi

Karbonisasi dikenal sebagai pengarangan, suatu proses dimana material dipanaskan pada suhu 500°C dalam *furnace* selama satu jam. Untuk mengeliminasi zat volatil yang terdapat dalam material, dilakukan proses karbonisasi. Penyusunan struktur dan penguraian senyawa organik yang terjadi dalam proses karbonisasi menghasilkan uap asam asetat, air dan hidrokarbon. Setelah proses karbonisasi, material padat berubah menjadi karbon dan membentuk pori-pori kecil.

2. Aktivasi

Langkah untuk meningkatkan, membuka, dan memperluas volume serta ukuran pori yang sudah terbentuk saat proses karbonisasi. Kemampuan adsorpsi arang dapat ditingkatkan melalui proses aktivasi karbon, yang mengakibatkan terjadinya perubahan dalam sifat fisik dan kimia arang. Untuk mengaktifkan karbon, langkah pertama direndam dalam larutan HCl konsentrasi 2 M. Hal ini dilakukan untuk melakukan aktivasi kimia. Kemudian, karbon di oven pada suhu sebesar 105°C untuk periode waktu satu jam. Langkah pengeringan dengan menggunakan oven tersebut bertujuan untuk melakukan aktivasi fisika.

2.4. Pasir Silika

Pasir silika adalah suatu substansi alam berupa kristal silika (SiO_2), terbentuk dengan adanya zat yang mempengaruhi kemurnian selama periode waktu sedimentasi. Pasir silika telah memiliki reputasi yang terbukti dapat menjadi penyaring yang efektif untuk pemurnian air. Keadaan musim di sekitar wilayah pasir sangat berpengaruh terhadap kualitas pasir. Kondisi pasir silika akan memburuk saat musim kemarau dan akan memperbaikinya saat musim penghujan. Pasir silika diperoleh dari peleburan material soda dan kapur di tungku peleburan untuk menghasilkan gelas dan kaca. Elemen lain seperti natrium oksida (Na_2O) sangat berpengaruh dalam proses melarutkan, sementara dalam proses pembentukan ulang CaO dan MgO sebagai stabilisator.



Gambar 2.2. Pasir Silika

Penerapan pasir silika juga digunakan dalam industri pengecoran, karena pasir silika memiliki suhu lebur yang lebih tinggi daripada logam. Di industri ini, pasir silika berperan sebagai bahan cetak. Dalam menggunakan pasir silika menjadi bahan cetak, ada beberapa ciri yang harus diperhatikan. Contohnya, pasir harus memiliki butiran yang halus, bentuk yang baik, tahan terhadap tekanan dan geseran, serta mampu meloloskan cairan dengan baik. Selain itu, kepadatan, kandungan lempung dan *tempering water* juga merupakan faktor-faktor penting. Bagian penting dari industri bata tahan api adalah pasir silika yang digunakan sebagai komponen utama.

Penggunaan pasir silika pada sektor industri lain sebagai material pengikat dalam proses pengolahan karet, sebagai material tambahan dalam produksi cat, sebagai media penggosok pada industri gerinda, sebagai material anti karat dalam industri logam, sebagai medium penyaring dalam proses penjernihan air dan sebagai bahan dasar dalam produksi *ferro silicon carbide*.

Dengan adanya perkembangan teknologi, berbagai sektor industri banyak menggunakan pasir silika, penggunaan pasir silika dengan ukuran partikel kecil hingga skala mikron dan nanosilika. Pasir silika yang dikurangi ukurannya akan memperoleh sifat yang berbeda serta variasi mutu yang berbeda juga jika dibandingkan dengan ukurannya yang normal.

Pasir silika yang telah dikecilkan ukurannya seringkali dimanfaatkan sebagai salah satu bahan tambahan konstruksi beton. Sebagai contoh, pasir silika dengan ukuran lebih kecil dari nanosilika umumnya digunakan dalam berbagai industri, seperti industri elektronik, ban, keramik, dan karet. Penambahan partikel silika berukuran nanosilika pada industri ban guna menciptakan ban dengan daya cengkram lebih kuat, terutama saat melintasi jalanan bersalju. Selain itu,

penambahan nanosilika juga berguna untuk mengurangi polusi suara yang dihasilkan oleh ban dan meningkatkan ketahanan ban jangka panjang. Ban yang telah diperkaya dengan nanosilika akan memiliki performa yang jauh lebih baik daripada ban konvensional.

Pasir silika atau juga dikenal sebagai pasir kuarsa (SiO_2) dipergunakan dalam industri pengolahan dan penjernihan air agar dapat menghapus senyawa pengendapan lainnya yang terdapat dalam air minum, air tanah, air PDAM dan air pegunungan (Akbar, 2019). Adapun sifat fisik dari pasir silika dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2. Sifat Fisik Pasir Silika

No.	Sifat Fisik	Keterangan
1	Warna	Putih atau warna lain tergantung pada senyawa pengotornya, misal warna kekuningan untuk pasir silika yang mengandung kadar besi (Fe)
2	Kekerasan	7 (Skala Mols)
3	Berat Jenis	2,65
4	Titik Lebur	1715°C
5	Bentuk Kristal	Hexagonal
6	Panas Spesifik	0,185
7	Panas Konduktifitas	12-100°C

(Sumber : Januarty M dan Yuniarti Y, 2015)

2.5. Zeolit

Zeolit adalah suatu jenis senyawa yang memiliki struktur berupa total pori-pori dan permukaan yang luas. Pori-pori ini terbentuk dari silikat dan diisi dengan senyawa kation seperti natrium, kalsium dan juga molekul air (H_2O). Zeolit memiliki kemampuan untuk menyerap dan membebaskan air tanpa mengganggu strukturnya. Zeolit dapat menyerap air saat berada pada suhu ruangan dan melepaskannya saat suhu meningkat. Zeolit memiliki kemampuan sebagai bahan adsorben yang dapat meningkatkan kualitas air baik dari segi fisik maupun kimia, serta menghilangkan zat-zat pengotor (Sentosa, 2018).



Gambar 2.3. Zeolit

Zeolit adalah sebuah mineral dengan massa jenis berkisar dari 0,02 hingga 0,24 kg/m³. Air dalam bentuk kristal pada zeolit dapat dilepaskan dengan menggunakan pemanasan, dan jika terkena udara, akan dengan cepat menyerap air dan kembali ke keadaan semula. Penyederhanaan pertukaran ion-ion elemen lain menjadi lebih mudah. Penggunaan zeolit telah meningkat karena memiliki kemampuan menyerap, mempengaruhi kecepatan reaksi tanpa mengubah sifat kimia serta menukar molekul bermuatan dalam larutan. Pengembangan aplikasi zeolit dalam pengolahan air dan limbah telah banyak dilakukan dan masih memiliki potensi untuk dikembangkan lagi pada pengolahan lingkungan. Zeolit berasal dari alam disebut zeolit alam dan buatan manusia disebut zeolit buatan.

1. Zeolit alam

Tekstur zeolit alam dihasilkan melalui sedimentasi yang terjadi karena transformasi partikel vulkanik oleh air. Sebenarnya, pengendapan zeolit terjadi secara terus-menerus di dasar laut. Pada penelitian mengenai kelautan, disimpulkan bahwa mineral yang paling melimpah yaitu tipe philipsit.

2. Zeolit buatan

Disusun melalui metode emulasi pembentukan mineral zeolit alami. Zeolit buatan dihasilkan melalui gel alumino silikat yang terdiri dari campuran larutan natrium aluminal, natrium silikat dan natrium hidroksida. Susunan gel dibentuk melalui pembentukan polimer dari anion-aluminat dan silikat.

Selisih dalam tata susunan kimiawi dan penyaluran bobot molekul di dalam lautan menghasilkan variasi pada bentuk zeolit. terdapat sekitar 30 variasi yang telah dikembangkan, dikarenakan berbagai faktor seperti suhu, proses kristalisasi dan komposisi awal bahan.

Indonesia sebagai wilayah vulkanis memiliki banyak produk gunung berapi, berupa mineral zeolit. Menurut informasi dari Direktorat Sumber Daya Mineral, terdapat minimal 6 tempat penemuan zeolit yang telah diketahui dan sekitar 40 tempat penemuan endapan yang diperkirakan masih menghasilkan zeolit (Marsidi, 2001).

2.6. Filtrasi

Filtrasi adalah suatu metode pemurnian air melalui media penyaring guna menghilangkan padatan terlarut dalam air. Sebuah penelitian telah dilakukan menggunakan karbon aktif yang berasal dari tempurung buah nipah sebagai media filter. Metode filtrasi tersebut menghasilkan air bersih yang dapat digunakan dengan kelayakan. Air yang mengandung partikel padat atau koloid dapat disaring dengan menggunakan media penyaring yang memiliki pori-pori lebih kecil dari ukuran partikel tersebut. Di samping mengurangi zat padat, filtrasi juga mampu mengurangi jumlah bakteri, menghilangkan pigmen, rasa dan aroma besi.

Saat difiltrasi padatan terlarut disaring dengan memanfaatkan media berpori sehingga partikel tersebut dapat ditahan, sementara cairan yang bebas partikel dapat melewati media dan menjadi jernih. Partikel yang berukuran lebih kecil akan melewati pori-pori medium bersama dengan cairan, sementara partikel yang terlalu besar akan tertahan dan terakumulasi sebagai sisa di atas medium penyaring. Cairan akan melanjutkan alirannya melewati medium penyaring tersebut. Media filter disebut juga sebagai medium berpori. Partikel padat bisa memiliki ukuran yang sangat kecil atau lebih besar dan memiliki beragam bentuk, bisa berbentuk bulat atau tidak beraturan (Parahita, 2018).

Menurut penelitian Millatisilmi dkk (2020), tahap penyaringan dipengaruhi beberapa faktor, yaitu :

1. Debit Filtrasi

Mengacu pada kecepatan aliran cairan melalui media penyaring dalam suatu wadah dengan volume dan waktu yang spesifik. Debit ini diukur dalam satuan volume per waktu (m^3/s). Filtrasi akan terhambat secara signifikan ketika debit dan kecepatan aliran meningkat karena terjadi kejenuhan dengan cepat. Untuk meningkatkan efektivitas penyaringan, diperlukan penggunaan aliran dan kecepatan yang rendah.

2. Ketebalan Media Filter

Banyaknya lapisan penyaring yang digunakan menentukan tebalnya penyaring. Tingkat ketebalan media filter memiliki dampak yang signifikan terhadap durasi kontak air dengan lapisan penyaring. Meningkatnya jumlah lapisan penyaring berbanding lurus dengan lamanya air berkontaminasi dengan lapisan penyaring untuk meningkatkan mutu air.

3. Lama Pemakaian Media Penyaringan

Kualitas penyaringan (filtrasi) akan menurun apabila media filter terus menerus digunakan, karena media filter akan mengalami penyumbatan atau jenuh. Maka dari itu harus dilakukan pembersihan media filter sebelum menggunakan untuk selanjutnya pada tahap penyaringan.

4. Waktu Kontak

Lama kontak merujuk pada durasi interaksi antara air dan filter saat proses penyaringan berlangsung. Kualitas penyaringan akan semakin tinggi karena semakin lama air terhubung dengan media filter, karena kemampuan media filter untuk menyerap akan semakin besar.

2.7. Parameter Pengujian Air

Proses pengukuran kualitas air secara relatif yang digunakan untuk membantu dalam menentukan atau mengklasifikasikan kualitas air di lokasi penelitian. Untuk menentukan mutu air pada pengujian ini menggunakan parameter fisika dan parameter kimia.

2.7.1. Parameter Fisika

Adapun parameter fisika yang akan diuji yaitu :

1. Suhu

Penurunan suhu air dapat mencegah larutnya zat kimia berbahaya, menghambat reaksi biokimia, dan mencegah pertumbuhan mikroorganisme patogen. Biasanya, air mengalami peningkatan suhu akibat tindakan manusia dalam menebang vegetasi di daerah asalnya air, mengakibatkan peningkatan pancaran cahaya matahari ke dalam air.

2. *Total Dissolve Solid (TDS)*

TDS atau zat padat terlarut adalah residu penguapan pada suhu 103°C hingga 105°C. Zat padat terlarut selalu ada dalam air, jika jumlahnya meningkat maka mutu air mengalami penyimpangan, air akan terasa tidak enak di lidah dan dapat menyebabkan mual. Banyaknya zat padat berdasarkan kualitas air yang baik adalah kurang dari 300 mg/l.

3. Kekeruhan

Padatan organik dan anorganik yang tersuspensi menyebabkan air keruh. Bahan organik berasal dari flora atau fauna, sementara bahan anorganik berasal dari batuan dan logam yang telah mengalami pelapukan. Air limbah industri juga dapat menyebabkan kekeruhan.

4. Warna

Pada umumnya air bersih tidak berwarna atau bening. Adanya zat kimia atau mikroorganisme berwarna yang terlarut menyebabkan warna pada air, hal ini dapat menimbulkan keracunan. Warna tersebut dihasilkan melalui pembusukan material organik, pelapukan metalik, buangan industri dan tanaman air.

5. Bau

Air dengan kualitas yang baik tidak memiliki aroma yang tidak sedap. Kehadiran aroma pada air karena terjadinya dekomposisi mikroorganisme dan juga karena efek polusi alam, khususnya sistem sanitasi.

2.7.2. Parameter Kimia

Adapun parameter kimia yang akan diuji yaitu :

1. Derajat Keasaman (pH)

Keasaman air umumnya berasal dari larutnya gas oksida dalam air, terutama CO₂. Penyimpangan tingkat keasaman yang tidak sesuai dengan ketentuan yang berlaku, dengan nilai di bawah 6,5 atau di atas 8,5, dapat berdampak negatif pada kesehatan. Hal ini menyebabkan materi kimia tertentu dapat mengganggu kesehatan karena adanya penyimpangan mutu air menjadi racun.

2. Nitrat dan Nitrit

Nitrat dan nitrit yang mencemari air berasal dari tumbuhan dan lapisan tanah. Nitrat dapat terbentuk baik melalui NO_2 yang ada di atmosfer maupun dari pupuk yang digunakan, serta oleh aksi bakteri *Nitrobacter* yang mengoksidasi NO_2 . Kadar nitrat yang tinggi di dalam saluran pencernaan cenderung berubah menjadi nitrit, yang dapat bereaksi dengan hemoglobin dalam darah dan membentuk methemoglobin. Konsekuensinya dapat menghambat peredaran oksigen di dalam tubuh (Sipato, 2017).

3. Kromium Valensi 6 (Cr^{6+})

Kromium memiliki kemampuan untuk memasuki ekosistem perairan melalui dua mekanisme, yaitu melalui proses alami dan nonalami. Cr yang secara alami masuk ke lingkungan dapat terjadi melalui erosi atau pengikisan pada batuan dan partikel debu atau kotoran Cr yang tersebar di udara akan mengendap saat hujan. Keberadaan Cr secara tidak alami lebih terkait dengan tindakan manusia seperti membuang limbah industri dan domestik ke dalam sungai atau badan air. Logam berat memiliki karakteristik beracun bagi makhluk hidup melalui udara, air, dan makanan yang tercemar oleh logam berat. Logam ini bisa terserap dalam tubuh manusia dan sebagian akan menumpuk (Andini, 2017).

4. Besi (Fe)

Kandungan besi yang tinggi akan menyebabkan warna kuning pada air dan dapat menyebabkan rasa logam besi di dalamnya. Selain itu, air ini juga dapat merusak bahan-bahan yang terbuat dari logam melalui proses korosi. Di lautan yang biasa kita temui, unsur besi umumnya berasal dari batuan yang telah tererosi.

5. Mangan (Mn)

Mangan (Mn) adalah sebuah logam berwarna putih keabu-abuan, merupakan sejenis unsur yang dapat bereaksi dengan mudah dengan senyawa dalam air dan udara. Di planet ini, Mangan ditemukan dalam berbagai mineral kimia yang memiliki karakteristik fisik yang berbeda, namun tidak pernah ditemukan dalam bentuk logam murni secara alami. *Pyrolusite* menjadi mineral yang sangat penting karena merupakan sumber utama mangan dalam bentuk bijih.

Mangan hadir bersama dengan besi yang berasal dari batuan. Mangan terdapat dalam larutan air dalam bentuk senyawa mangan bikarbonat $Mn(HCO_3)_2$, mangan klorida ($MnCl_2$), serta mangan sulfat ($MnSO_4$).

Mangan sangat diperlukan dalam tubuh, karena memiliki peran penting dalam pembentukan struktur tulang, regulasi metabolisme tulang, dan juga membantu dalam produksi enzim. Mangan dapat mengalami korosi ketika melewati ambang batasnya, sehingga menyebabkan rentan terkena penyakit pada tubuh. Di lingkungan air yang memiliki kondisi tanpa oksigen karena adanya pembusukan bahan organik yang tinggi, menyebabkan senyawa MnO_2 tereduksi dari Mn^{4+} menjadi Mn^{2+} yang bisa larut. Ion Mn^{2+} bisa membentuk ikatan dengan nitrat, sulfat dan klorida yang dapat larut dalam air (Awliahasanah, 2021).

2.8. Penelitian Yang Relevan

Beberapa hasil penelitian terdahulu yang pernah dilakukan mengenai filtrasi air dengan menggunakan karbon aktif sebagai berikut :

Ermawan dkk (2017), telah melakukan penelitian berjudul “*Studi efektifitas filter penjernih air tanah menggunakan media zeolit, karbon aktif, pasir silika dan kerikil untuk mengurangi kadar pada parameter air minum*”. Penelitian tersebut bertujuan untuk mengidentifikasi mutu air di wilayah penelitian, laju aliran air pada sistem penyaringan, sistem penyaringan yang optimum antara sistem filter 1 dan sistem filter 2, serta efisiensi sistem penyaringan untuk mengurangi besar nilai parameter uji, yaitu parameter kimia dan biologi yang belum memenuhi syarat mutu, terdiri dari mangan (Mn), besi (Fe) dan mikroorganisme. Sistem penyaringan menunjukkan laju aliran sistem filter 1 sebesar 277,8 l/h dan sistem filter 2 sebesar 258,6 l/h. Pemanfaatan media filtrasi efisien dalam mengurangi tingkat kekeruhan, DHL, kesadahan, besi, nitrit, nitrat dan mangan. Namun, sistem penyaringan tidak memiliki efek yang signifikan dalam menurunkan tingkat parameter pH, amonia dan bakteri. Berdasarkan peningkatan persentase parameter uji, bahwa sistem filter 2 dengan komposisi media karbon aktif, pasir silika, zeolit dan kerikil, merupakan variasi yang paling optimal. Air yang mengalir melalui sistem filter 2 memiliki cara penyaringan yang berbeda dan proses filtrasi dengan waktu kontak yang lebih lama daripada sistem filter 1.

Safariyanti dkk (2018), telah melakukan penelitian berjudul “*sintesis dan karakterisasi karbon aktif dari tempurung buah nipah (nypa fruticans) menggunakan aktivator asam klorida*”. Penelitian tersebut bertujuan untuk mengetahui sifat karbon aktif tempurung buah nipah sebagai bahan penyerap dalam proses penyaringan air dengan variasi konsentrasi asam klorida yaitu 2 M, 4 M dan 6 M yang digunakan dalam sintesis karbon aktif. Uji sifat fisis melalui parameter kadar air, kadar abu, penyerapan iodin, serta karakterisasi melalui teknik *Fourier Transform InfraRed* (FTIR) dan *Gas Sorption Analyzer* (GSA). Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) 06-3730-1995, karbon aktif memiliki karakteristik berikut: kadar air maksimal 15%, kadar abu maksimal 10%, dan penyerapan iod minimal 750 mg/g. Berdasarkan penelitian yang dilakukan, ditemukan bahwa karbon aktif 2 M mendekati nilai standar tersebut. Analisis menunjukkan kadar air sebesar 1,0015%, kadar abu sebesar 1,0012%, dan penyerapan iod sebesar 708,69 mg/g. Hasil analisis FTIR menunjukkan bahwa karbon aktif mengandung karbon dan analisis GSA menunjukkan bahwa setelah aktivasi, terjadi peningkatan volume dan ukuran pori (0,014 cc/g; 287.923 Å) jika dibandingkan dengan karbon sebelum aktivasi (0,008 cc/g; 31.410 Å).

Hamidah dkk (2018), telah melakukan penelitian berjudul “*Pemanfaatan zeolit dan karbon aktif dalam menurunkan jumlah bakteri pada filter pengolah air payau*”. Penelitian tersebut bertujuan untuk mengukur seberapa efektif kinerja filter pengolah air payau dalam menurunkan berbagai parameter kualitas air seperti *total dissolve solid* (TDS), salinitas, pH dan jumlah bakteri/ *total plate count* (CFU/mL). Ada dua variasi dari reaktor filtrasi yang telah dibuat, variasi 1 terdiri dari susunan media arang aktif 20 cm, zeolit 15 cm, pasir silika 15 cm dan kerikil 10 cm. Variasi 2 terdiri dari susunan media arang aktif 20 cm, pasir silika 15 cm, zeolit 15 cm dan kerikil 10 cm. Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa filter reaktor mampu mengurangi pH dan jumlah bakteri pada air baku hingga 97%, namun kurang efektif dalam mengurangi tingkat salinitas. Kedua jenis reaktor memiliki performa yang hampir sama dalam mengolah air baku, tetapi secara keseluruhan, reaktor pada variasi 2 (arang aktif: pasir silika: zeolit: kerikil) menunjukkan kinerja yang lebih unggul.

2.9. Hipotesis Penelitian

Karbon aktif berbahan dasar tempurung buah nipah yang diaktivasi dengan larutan HCl 2 M, pasir silika dan zeolit dapat dimanfaatkan untuk filtrasi air dengan karakteristik yang memenuhi standar Permenkes RI Nomor 2 Tahun 2023 tentang persyaratan kualitas air bersih.

