

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

A. Deskripsi teoritik

1. Karakteristik air

Air menutupi 70% permukaan bumi dengan jumlah sekitar 1.368 juta Km³ air terdapat dalam berbagai bentuk, misalnya uap air, es, cairan dan salju. Air tawar terutama terdapat di sungai, danau, air tanah, (*ground water*), dan gunung es (*glacier*). Semua badan air didaratan dihubungkan dengan laut dan atmosfer melalui siklus hidrologi yang berlangsung secara kontinyu. Air memiliki karakteristik yang khas yang tidak dimiliki oleh senyawa kimia yang lain yakni, memiliki kisaran suhu yang sesuai bagi kehidupan, yaitu 0° (32° F)- 100° C, air berwujud cair. Suhu 0°C merupakan titik beku (*freezing point*) dan suhu 100°C merupakan titik didih (*boiling point*) air. Tanpa sifat tersebut, air yang terdapat di dalam jaringan tubuh makhluk hidup maupun air yang terdapat di laut, sungai, danau dan badan air yang lain akan berada dalam bentuk gas atau padatan, sehingga tidak akan ada kehidupan di muka bumi ini, karena sekitar 60% - 90% bagian sel makhluk hidup adalah air.¹

Perubahan suhu air yang berlangsung lambat memiliki sifat sebagai penyimpan panas yang sangat baik. Air memerlukan panas yang tinggi dalam proses penguapan. Penguapan (evaporasi) adalah proses perubahan air menjadi uap air. Proses ini memerlukan energi panas dalam jumlah besar. Sebaliknya, proses perubahan uap air menjadi cairan (kondensasi) melepaskan energi panas yang besar. Proses inilah yang merupakan salah satu penyebab mengapa pada saat berkeringatsua sejuk dan merupakan penyebab terjadinya

¹Hefni Effendi.2003, *Telaah Kualitas Air*. Yogyakarta: PT Kanisius.h. 22.

penyebaran panas yang bagus di bumi. Selain itu air juga merupakan suatu pelarut yang baik, air mampu melarutkan berbagai jenis senyawa kimia. Air memiliki tegangan permukaan yang tinggi, suatu cairan dikatakan memiliki permukaan tegangan yang tinggi jika tekanan antar-molekul cairan tersebut tinggi. Tegangan permukaan yang tinggi menyebabkan air memiliki sifat membasahi suatu bahan secara baik (*higher wetting ability*).²

Kepadatan (*density*) air, seperti halnya wujud juga tergantung dari temperatur dan tekanan barometris (P). Pada umumnya densitas meningkat dengan menurunnya temperatur, sampai tercapai maksimum pada 4⁰C. Sekalipun demikian, temperatur ini akan mudah berubah, hal ini tampak pada *specific heat* air, yakni angka yang menunjukkan jumlah kalori yang diperlukan untuk menaikkan suhu satu gram air satu derajat celsius. *Specific heat* bagian air adalah 1/gram/⁰C, suatu angka yang sangat tinggi dibandingkan dengan *specific heat* lain-lain elemen di alam. Dengan demikian, transfer panas dari dan ke air tidak banyak menimbulkan perubahan temperatur. Kapasitas panas yang besar ini menyebabkan efek stabilisasi badan air terhadap keadaan udara sekitarnya, hal ini sangat penting untuk melindungi kehidupan akuatik yang sangat sensitif terhadap gejolak suhu.³

Tegangan permukaan yang tinggi juga memungkinkan terjadinya sistem kapiler, yaitu kemampuan untuk bergerak dalam pipa kapiler (pipa dengan lubang yang kecil). Adanya sistem kapiler dan sifat sebagai pelarut yang baik, air dapat membawa nutrient dari dalam tanah ke jaringan tumbuhan (akar, batang dan daun). Air juga merupakan satu-satunya senyawa yang merenggang ketika membeku. Pada saat membeku, air merenggang sehingga es memiliki

²*Ibid.* h.23

³ Juli Soemirat Slamet. 2009. *Kesehatan Lingkungan*. Jakarta: Gadjah Mada University Press. h.83

nilaidensitas (massa/volume) yang lebih rendah daripada air. Dengan demikian es akan mengapung di atas air.⁴

Air tawar yang tersedia selalu mengalami siklus hidrologi. Pergantian total (*replacement*) air sungai berlangsung sekitar 18-20 tahun, sedangkan pergantian uap air yang terdapat di atmosfer berlangsung sekitar dua belas hari dan pergantian air tanah dalam (*deep groundwater*) membutuhkan waktu ratusan tahun. Air tawar yang dapat dikonsumsi tersebar secara tidak merata karena adanya perbedaan curah hujan (presipitasi) tahunan. Siklus hidrologi air tergantung pada proses evaporasi dan presipitasi. Air yang terdapat di permukaan bumi berubah menjadi uap air dilapisan atmosfer melalui proses evaporasi air sungai, danau dan laut. Proses eva-transpirasi atau penguapan oleh tanaman dan akan membentuk awan kemudian oleh faktor angin awan akan berakumulasi dan akan mengalami sublimasi, sehingga terbentuk butiran-butiran air hujan.⁵

2. Karakteristik badan air

Badan air dicirikan oleh tiga komponen utama, yaitu komponen hidrologi, komponen fisika-kimia, dan komponen biologi. Penilaian kualitas suatu badan air harus mencakup ketiga komponen tersebut.⁶ Siklus hidrologis ini dapat pula dilihat adanya berbagai sumber air tawar yang dapat pula diperkirakan kualitas dan kuantitasnya secara sepintas. Sumber-sumber air tersebut antara lain adalah:

- a) Air permukaan yang merupakan air sungai dan danau.
- b) Air tanah yang tergantung kedalamannya bisa disebut air tanah dangkal atau air tanah dalam.

⁴Hefni Effendi. 2003, *Telaah Kualitas Air*. Yogyakarta: PT Kanisius. h. 24

⁵*Ibid* h.26

⁶*Ibid*. 30

c) Air angkasa, yaitu air yang berasal dari atmosfer, seperti hujan dan salju.⁷

- **Air permukaan (*surface water*)**

Air permukaan adalah air yang berada di sungai, danau, waduk, rawa dan badan air lain, yang tidak mengalami infiltrasi ke bawah tanah. Areal tanah yang mengalirkan air ke suatu badan air disebut *watersheds* atau *drainage basins*. Air yang mengalir dari daratan menuju suatu badan air disebut limpasan permukaan (*surface run off*), dan air yang mengalir di sungai menuju laut disebut aliran air sungai (*river run off*). Sekitar 69 % air yang masuk ke sungai berasal dari hujan, pencairan es/salju dan sisanya berasal dari air tanah. Wilayah disekitar daerah aliran sungai yang menjadi tangkapan air disebut *catchment basin*.⁸

Air hujan yang jatuh ke bumi dan menjadi air permukaan memiliki kadar bahan-bahan terlarut atau unsur hara yang sangat sedikit, bersifat asam, dengan pH 4. Hal ini disebabkan air hujan melarutkan gas-gas yang terdapat di atmosfer, misalnya gas karbondioksida (CO₂), Sulfur (S) dan Nitrogen Oksida (NO₂) yang dapat membentuk asam lemah. Setelah jatuh ke permukaan bumi, air hujan mengalami kontak dengan tanah dan melarutkan bahan-bahan yang terkandung di dalam tanah. Perairan permukaan diklasifikasikan menjadi dua kelompok utama, yaitu badan air tergenang (*standing water* atau lentik) meliputi: danau, kolam, waduk (*reservoir*), rawa (*wetland*) dan badan air mengalir (*flowing water* atau lotik), salah satu contoh perairan mengalir adalah sungai, sungai dicirikan oleh arus yang searah dan relatif kencang dengan kecepatan berkisar antara 0,1- 1,0 m/detik serta sangat dipengaruhi oleh waktu, iklim dan pola drainase.⁹

- **Air tanah (*groundwater*)**

⁷Juli Soemirat Slamet. 2009. *Kesehatan Lingkungan*. Jakarta; Gadjah Mada University Press. h.82

⁸Hefni Effendi. 2003, *Telaah Kualitas Air*. Yogyakarta: PT Kanisius. h. 30

⁹*Ibid* .h.31-42

Air tanah merupakan air yang berada di bawah permukaan tanah. Air tanah ditemukan pada akifer. Pergerakannya sangat lambat, kecepatan arus berkisar $10^{-10} - 10^{-3}$ m/detik dan dipengaruhi oleh porositas permeabilitas dari lapisan tanah dan pengisian kembali air (*recharge*). Karakteristik utama yang membedakan air tanah dari air permukaan adalah pergerakan yang sangat lambat dan waktu tinggal (*residence time*) yang sangat lama, dapat mencapai puluhan bahkan ratusan tahun. Karena pergerakan yang sangat lambat dan waktu tinggal yang lama tersebut, air tanah akan sulit untuk pulih kembali jika mengalami pencemaran.¹⁰

Air dalam tanah dapat dibedakan atas empat golongan diantaranya: air mengalir, air kapiler air senyawa dan mata air. Air mengalir, terdapat di tanah setelah turun hujan atau genangan dari selokan atau sungai. Air ini kemudian akan turun ke lapisan bawah oleh gaya gravitasi sampai pada lapisan batuan yang tak tembus air. Aliran air ini akan dipercepat jika tanah longgar, berpasir atau di lereng. Air kapiler, melekat ke butiran tanah dan inilah yang dipergunakan tanaman. Air mengandung terlarut atau berupa koloid berbagai bahan anorganik dan organik. Air senyawa, ialah air yang berada dalam senyawa mineral, air jenis ini tak dapat dipergunakan langsung oleh tanaman.¹¹ Mata air adalah air tanah yang keluar dengan sendirinya ke permukaan tanah. Mata air yang berasal dari air tanah dalam hampir tidak terpengaruh oleh musim dan kualitas maupun kuantitasnya sama dengan keadaan air dalam. Sedangkan menurut kegunaannya, air pada sumber air dibedakan menjadi empat golongan yaitu:

1. Golongan A, yaitu air yang dapat digunakan sebagai air minum secara langsung tanpa harus diolah terlebih dahulu.

¹⁰ *Ibid.* h. 44

¹¹ Wildan Yatim. 1987. *Biologi Modern*. Bandung. Tarsito. h. 194

2. Golongan B, yaitu air yang dapat digunakan sebagai air baku untuk diolah sebagai air minum dan keperluan rumah tangga.
3. Golongan C, yaitu air yang dapat digunakan untuk keperluan perikanan dan peternakan.
4. Golongan D, yaitu air yang dapat digunakan untuk keperluan pertanian dan dapat dimanfaatkan untuk usaha perkotaan, industri dan listrik tenaga air.¹²

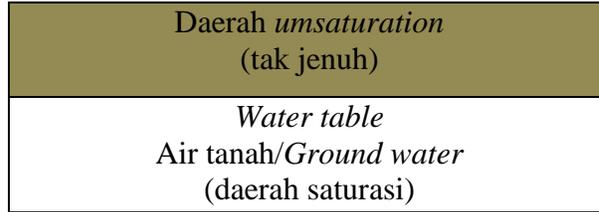
Air tanah dangkal dan air permukaan dapat berkualitas baik andaikata tanah sekitarnya tidak tercemar, Oleh karenanya air permukaan dan air tanah dangkal sangat bervariasi kualitasnya. Air permukaan dapat mengandung banyak zat organik yang mudah terurai yang merupakan makanan bagi bakteri. Kesemuanya ini sangat mempengaruhi kualitas air tersebut. Air tanah dalam pada umumnya tergolong bersih dilihat dari segi mikrobiologis karena sewaktu proses pengalirannya mengalami penyaringan alamiah dan dengan demikian kebanyakan mikroba sudah tidak lagi terdapat didalamnya. Namun demikian, kadar kimia air tanah dalam ataupun yang artesis tergantung sekali dari formasi litosfer yang dilaluinya. Pada proses ini mineral-mineral yang dilaluinya dapat larut dan terbawa, sehingga mengubah kualitas air tersebut.¹³

Daerah saturasi (*zone of saturation*) yang berada di bawah tanah dan terisi oleh air, yang setiap pori tanah dan batuan terisi oleh air, yang merupakan air tanah. Batas atas daerah saturasi disebut *water tabel*, yang merupakan peralihan antara daerah saturasi yang banyak mengandung air dan daerah belum saturasi/jenuh (*unsaturated/vadose zone*) yang belum mampu menyerap air. Jadi, air tanah berada di bagian bawah *unsaturation vadose zone*, seperti terlihat pada Gambar 2.1 berikut ini:

¹²Saibun Sitorus. 2009. *Analisis Kualitas Air Melalui Proses Ozonisasi, Ultraviolet dan Reserved Osmosis*. Jurnal kimia Mulawarman Volume 5. No2, ISSN 1693-5616 (isjd.pdii.lipi.go.id/admin/jurnal/62093032, pdf diakses pada 07-feb 2012) h. 8

¹³Juli Soemirat Slamet. 2009. *Kesehatan Lingkungan*. Jakarta; Gadjah Mada University Press. h.82

Permukaan tanah



Gambar 2.1. Penampang melintang tanah dan posisi air tanah (*groundwater*) di dalam tanah (Modifikasi Miller, 1992)¹⁴

Kemampuan tanah dan batuan dalam menahan air tergantung pada sifat porositas dan permeabilitas tanah. Adapun karakteristik sifat tanah ditunjukkan dalam Tabel 2.2 berikut ini:

Tabel 2.2 Karakteristik fisika dan kimia tanah dengan tekstur yang berbeda

Tekstur tanah	Kapasitas Penahanan Nutrien	Ifiltrasi air	Kapasitas penahanan air	Aerasi
1. Tanahliat/ pekat (<i>clay</i>)	Baik	Jelek	Baik	Jelek
2. Lumpur (<i>slit</i>)	Sedang	Sedang	Sedang	Sedang
3. Pasir (<i>sand</i>)	Jelek	Baik	Jelak	Baik
4. Tanah liat/ gemuk(<i>loam</i>)	Sedang	sedang	sedang	sedang

Lapisan tanah yang bersifat *porous* (mampu menahan air) dan permeabel (mampu melakukan atau memindahkan air) disebut akifer. Pada dasarnya, air tanah dapat berasal dari air hujan (presipitasi), baik melalui proses infiltrasi secara langsung ataupun secara tak langsung dari air sungai, danau, rawa dan genangan air lainnya. Dinamika pergerakan air tanah pada hakekatnya terdiri atas pergerakan horizontal air tanah, infiltrasi air hujan, sungai, danau dan rawa ke lapisan akifer dan menghilangnya atau keluarnya air tanah melalui spring (sumur),

¹⁴Hefni Effendi, *Telaah Kualitas Air*, Yogyakarta: PT Kanisius, 2003, h.45

¹⁵Hefni Effendi. 2003, *Telaah Kualitas Air*. Yogyakarta: PT Kanisius.h. 46

pancaran air tanah serta aliran air tanah memasuki sungai dan tempat-tempat lain yang merupakan tempat keluarnya air tanah.¹⁶

Air tanah biasanya memiliki kandungan besi relatif tinggi. Jika air tanah mengalami kontak dengan udara dan mengalami oksigenasi, ion feri pada feri hidroksida [Fe(OH)₃] yang banyak terdapat dalam air tanah akan teroksidasi menjadi ion ferrodan segera mengalami presipitasi (pengendapan) serta membentuk warna kemerahan pada air. Oleh karena itu, sebelum digunakan untuk berbagai peruntukan, sebaiknya air tanah yang baru disedot didiamkan terlebih dahulu selama beberapa saat untuk mengendapkan besi. Selain itu, perlakuan ini juga bertujuan untuk menurunkan kadar karbondioksida dan menaikkan kadar oksigen terlarut.¹⁷

3. Peranan air

Air adalah nutrisi paling penting dalam kehidupan, komposisi air dalam tubuh manusia mencapai 80%, setiap sel dalam tubuh manusia membutuhkan air untuk hidup sehat, manusia kehilangan sekitar 3 liter air setiap harinya lewat pembuangan urine, keringat dan uap air. Kebutuhan air bervariasi setiap individu, tergantung pada kondisi subjek yang bersangkutan, jumlah latihan fisik, serta pada suhu lingkungan dan kelembaban. Air sangat penting untuk pertumbuhan dan pemeliharaan tubuh karena terlibat dalam sejumlah proses biologis.¹⁸

Berbagai elemen penting yang terdapat dalam air minum diantaranya berperan dalam proses metabolisme seperti natrium, kalium dan klorida adalah bahan kimia yang umum ditemukan dalam jumlah kecil di perairan, dan unsur-unsur tersebut memainkan peran dalam

¹⁶*Ibid.* h. 46

¹⁷*Ibid.* h. 49

¹⁸Meta Fauziah.2011..*Sehat Dengan Air Putih*.Surabaya; Stomata. h. 14

proses metabolisme tubuh. Untuk mempertahankan tingkat air dalam tubuh manusia memiliki dua sistem regulasi, yaitu rasa haus, yang berahir dengan masukan yang lebih besar dari air, serta ginjal. Ginjal dapat mengirimkan air dalam jumlah besar atau hanya setengah liter perhari, tergantung pada asupan minuman. Untuk mengetahui apakah asupan air cukup, dapat diketahui dengan memperhatikan warna urin. Bila didapatkan urin berwarna kuning gelap kecoklatan menunjukkan asupan air yang tidak kuat, sedangkan asupan air yang cukup akan dicirikan dengan urin yang berwarna kuning jernih.¹⁹

Air berpartisipasi langsung dalam dua hal pokok, yaitu sebagai pelaku dalam reaksi-reaksi hidrolisis dan kedua sebagai donor elektron dalam reaksi oksidasi reduksi, perubahan polimer menjadi monomer atau sebaliknya yaitu sintesis polimer dari monomer pun selaluakan melibatkan air. Donor elektron dapat ditunjukkan dengan jelas pada saat reaksi terang fotosintesis. Pada saat klorofil menyerap cahaya maka klorofil akan melepaskan elektronnya. Elektron yang lepas itu harus diganti, oleh karena itu pada waktu yang bersamaan juga terjadi fotolisis terhadap molekul air. Hasilnya adalah ion H^+ dan ion OH^- . Ion OH^- selanjutnya akan diubah menjadi O_2 dengan adanya kofaktor Mn^{2+} dan Cl^- dengan membebaskan elektron yang selanjutnya digunakan untuk mengganti elektron yang terlepas pada waktu klorofil menyerap cahaya tadi. Selanjutnya air juga memiliki peranan memelihara struktur membran sel. Molekul amfifatik yang dimiliki oleh fosfolipid akan berinteraksi membentuk struktur dilapis dan hal tersebut dapat terjadi apabila ada air, sehingga kebutuhan akan air sangatlah mutlak dibutuhkan oleh sel, baik sebagai lingkungan internal maupun eksternal.²⁰

4. Standarisasi kualitas air minum

¹⁹*Ibid.* h. 16

²⁰Sumadi dan Marianti Aditya. 2007. *Biologi Sel*. Yogyakarta. Graha ilmu. h.21-22

Kualitas air adalah karakteristik mutu yang dibutuhkan untuk pemanfaatan tertentu dari sumber-sumber air. Kriteria mutu air merupakan satu dasar baku mutu air, disamping faktor-faktor lain. Baku mutu air adalah persyaratan mutu air yang disiapkan oleh suatu negara atau daerah yang bersangkutan. Air minum yang ideal seharusnya jernih, tidak berwarna, tidak berasa dan berbau. Selain itu air minum seharusnya tidak mengandung kuman patogen dan segala makhluk yang membahayakan kesehatan manusia, tidak mengandung zat kimia yang dapat mengubah fungsi tubuh, dapat diterima secara estetis, serta tidak dapat merugikan secara ekonomis, air itu seharusnya tidak korosif, tidak meninggalkan endapan pada seluruh jaringan distribusinya. Pada hakekatnya tujuan ini dibuat untuk mencegah penyakit bawaan air.²¹

a. Parameter alami

Di bidang mikrobiologi air, beberapa jasad tertentu khususnya bakteri dan mikroalga, kehadirannya dapat digunakan jasad parameter/indikator alami terhadap kehadiran pencemar organik, misalnya, bakteri *Spaerotilus*, kehadirannya dapat menjadi petunjuk terhadap kandungan senyawa organik tinggi di dalam badan air, juga mikroalga *Anabaena* dan *Microcystis* dapat menjadi petunjuk untuk kehadiran senyawa fosfat tinggi di dalam badan air, sedang mikroalga kersik (Diatom) lebih cenderung menjadi petunjuk terhadap kehadiran senyawa kimia yang bersifat toksik yang terdapat di dalam badan air. Kehadiran materi fekal (dari tinja) di dalam air dapat diketahui dengan adanya kelompok bakteri coli.²²

Kehadiran materi fekal di dalam air minum misalnya, sangat tidak di harapkan, baik ditinjau dari segi estetika, sanitasi, maupun terjadinya infeksi yang berbahaya. Jika didalam 100

²¹ Iin Wahyuni Latif. 2012. *Studi Kualitas Air Minum Isi Ulang di Tinjau dari Proses Ozonisasi, Ultra Violet dan Reversed Osmosis di Kecamatan Kota Tengah dan Kecamatan Kota Selatan Kota Gorontalo*. Jurnal Ilmu-Ilmu Kesehatan Gorontalo Volume 5 Nomor 2, ISSN. 1692-6515 (dalam bentuk pdf diakses pada 14-11-2012)

²² Unus Suriawiria. 2008. *Mikrobiologi Air dan Dasar-Dasar Pengolahan Buangan Secara Biologis*. Bandung: Alumni. h.86

ml contoh air didapatkan 500 sel bakteri coli kemungkinan terjadinya *gastroenteritis* yang segera diikuti oleh demam tifus. *Escherichia coli* sebagai salah satu contoh jenis coli, pada keadaan tertentu dapat mengalahkan mekanisme pertahanan tubuh, sehingga dapat tinggal di dalam bladder (*cystitis*) dan pelvis (*pyelitis*) ginjal dan hati, dan sangat mengkhawatirkan. Juga bakteri tersebut dapat menyebabkan diare, *septicemia*, *peritonitis*, *meningitis* dan infeksi-infeksi lainnya.²³

Sejumlah tinja yang setiap hari dihasilkan oleh manusia antara 100-150 gram, ternyata didalamnya terkandung sekitar 3×10^{11} (atau 300 milyar) sel bakteri coli, sehingga kehadiran bakteri coli di dalam badan air diparearelkan dengan telah terjadinya kontaminasi fekal, yaitu lebih tinggi kandungan bakteri coli, lebih kotor dan tidak memenuhi syarat keadaan air tersebut untuk kepentingan manusia, khususnya air minum.²⁴

b. Parameter fisik

Syarat air minum dilihat dari segi fisik dapat ditinjau dari beberapa segi meliputi warna, rasa dan aroma/bau, air minum yang berbau selain tidak estetik juga tidak akan disukai oleh masyarakat. Bau air dapat memberi petunjuk akan kualitas air. Misalnya, bau amis dapat disebabkan oleh *algae* serta oleh adanya gas seperti H_2S yang terbentuk dalam kondisi anaerobik dan oleh adanya senyawa-senyawa organik tertentu. Berdasarkan segi estetika, air yang berbau dan mempunyai rasa sangat tidak menyenangkan untuk diminum. Bau dan rasa dalam air juga dapat menunjukkan kemungkinan adanya organisme penghasil bau dan rasa yang tidak enak serta adanya senyawa-senyawa asing yang mengganggu kesehatan²⁵

Kekeruhan dalam air dihubungkan dengan kemungkinan pencemaran oleh air buangan. Air yang mengandung kekeruhan tinggi akan sukar disaring dan mengakibatkan biaya

²³*ibid*

²⁴*Ibid.* h. 87.

²⁵Juli Soemirat Slamet. 2009. *Kesehatan Lingkungan*. Jakarta; Gadjah Mada University Press. h.111

pengolahan menjadi lebih tinggi. Air minum biasanya tidak memberi rasa atau tawar. Air yang tidak tawar dapat menunjukkan adanya kandungan berbagai zat yang dapat membahayakan kesehatan. Suhu air sebaiknya sejuk atau tidak panas, terutama agar tidak terjadi pelarutan zat-zat kimia. Selain itu, kekeruhan air menyebabkan hambatan bagi proses desinfeksi. Oleh karena itu kekeruhan air harus dihilangkan dari air yang akan dipergunakan untuk minum.²⁶

Pemantauan kualitas air selain ditinjau dari aspek aroma/bau, sebaiknya tidak berwarna/jernih untuk alasan estetis dan untuk mencegah keracunan dari berbagai zat kimia maupun organisme yang berwarna. Warna dapat disebabkan adanya tannin dan asam humat yang terdapat secara alamiah di air rawa, berwarna kuning muda menyerupai urin. Selain itu, zat organik ini bila terkena klor dapat membentuk senyawa-senyawa khloroform yang beracun. Warna dapat berasal dari buangan industri.²⁷

Warna perairan biasanya dikelompokkan menjadi dua yaitu: warna sesungguhnya (*true color*) dan warna tampak (*apparent color*). Warna sesungguhnya adalah warna yang hanya disebabkan oleh bahan-bahan kimia terlarut. Warna tampak adalah warna yang tidak hanya disebabkan oleh bahan terlarut, tetapi juga oleh bahan tersuspensi. Warna perairan ditimbulkan oleh adanya bahan organik dan bahan anorganik karena keberadaan plankton, humus dan ion-ion logam (misalnya besi dan mangan), adanya oksida besi menyebabkan air berwarna kemerahan, sedangkan oksida mangan menyebabkan air berwarna kecoklatan atau kehitaman. Warna dapat diamati secara visual (langsung) ataupun diukur berdasarkan skala platinum kobalt (dinyatakan dengan satuan PtCo), dengan membandingkan warna air sampel dan warna standar.²⁸

²⁶Unus Suriawiria. 2008. *Mikrobiologi air dan Dasar-Dasar Pengolahan Buangan Secara Biologis*. Bandung: Alumni. h.90

²⁷Juli Soemirat Slamet. 2009. *Kesehatan Lingkungan*. Jakarta; Gadjah Mada University Press. h.112

²⁸Hefni Effendi. 2003, *Telaah Kualitas Air*. Yogyakarta: PT Kanisius. h. 62

c. Parameter kimia

Persyaratan kimia untuk air minum memiliki parameter yang paling banyak jika dibandingkan dengan parameter lainnya, kelayakan konsumsi air pada parameter kimia adalah bahwa air yang tidak mengandung senyawa anorganik maupun tidak adanya kandungan senyawa logam berat yang terkandung didalamnya. Standar kualitas air memberikan batas konsentrasi maksimum yang dianjurkan dan diperkenankan bagi berbagai parameter kimia, karena pada konsentrasi yang berlebihan kehadiran unsur-unsur tersebut di dalam air akan memberikan pengaruh-pengaruh negatif baik bagi kesehatan maupun dari segi pemakaian lainnya.²⁹

Kualitas air secara kimia meliputi nilai pH, kandungan senyawa kimia di dalam air, kandungan residu atau sisa, misalnya residu pestisida, deterjen, kandungan senyawa toksik/racun. Pembatasan pH dilakukan karena akan mempengaruhi rasa, korosivitas air dan efisiensi klorinasi. Pengaruh yang menyangkut aspek kesehatan daripada penyimpangan standar kualitas air minum dalam hal pH dapat menyebabkan beberapa senyawa kimia berubah menjadi racun yang sangat mengganggu kesehatan.³⁰ Pengaturan nilai pH diperkenankan sampai batas yang tidak merugikan karena efeknya terhadap rasa, korosivitas dan efisiensi klorinasi. Beberapa senyawa asam dan basa yang bersifat toksik dalam bentuk molekuler, tempat disosiasinya senyawa-senyawa tersebut dengan zat lain, dipengaruhi oleh nilai pH. Misalnya logam berat dalam suasana asam akan lebih toksik/beracun kalau dibandingkan pada suasana basa.³¹

Pada dasarnya, asiditas (keasaman) tidak sama dengan pH. Asiditas melibatkan dua komponen, yaitu jumlah asam baik asam kuat maupun asam lemah (misalnya asam karbonat dan

²⁹*Ibid* h. 92

³⁰Unus Suriawiria. 2008. *Mikrobiologi Air dan Dasar-Dasar Pengolahan Buangan Secara Biologis*. Bandung: Alumni. h.92

³¹Unus Suriawiria. 2005. *Air Dalam Kehidupan dan Lingkungan Yang Sehat*. Bandung: Alumni. H. 85

asam asetat) dan konsentrasi ion hidrogen. Pada dasarnya asiditas menggambarkan kapasitas kuantitatif air untuk menetralkan basa hingga pH tertentu yang dikenal dengan sebutan *base neutralizing capacity* (BNC), sedangkan pH hanya menggambarkan konsentrasi ion hidrogen. Selain itu pH juga berkaitan erat dengan karbondioksida dan alkalinitas. Pada $\text{pH} < 5$, alkalinitas dapat mencapai nol. Semakin tinggi nilai pH, semakin tinggi pula nilai alkalinitas dan semakin rendah kadar karbondioksida bebas. Larutan yang bersifat asam (pH rendah) bersifat korosif.³²

Nilai pH pada air juga mempengaruhi toksisitas suatu senyawa kimia. Senyawa amonium yang dapat terionisasi banyak ditemukan pada perairan yang memiliki pH rendah. Ammonium bersifat tidak toksik (*innocuous*). Namun, pada suasana alkalis (pH tinggi) lebih banyak ditemukan ammonia yang tak terionisasi (*unionized*) dan bersifat toksik. Ammonia tak terionisasi ini lebih mudah terserap ke dalam tubuh organisme akuatik dibandingkan dengan amonium. Sebagian besar biota akuatik sensitif terhadap perubahan pH dan menyukai nilai pH sekitar 7- 8,5. Nilai pH sangat mempengaruhi proses biokimiawi perairan, misalnya proses nitrifikasi akan berahir jika pH rendah. Toksisitas logam memperlihatkan peningkatan pada pH rendah.³³

Alkalinitas adalah gambaran kapasitas air untuk menetralkan asam atau dikenal dengan sebutan *Acid Neutralizing Capacity* (ANC) atau kuantitas anion di dalam air yang dapat menetralkan kation hidrogen. Alkalinitas juga diartikan sebagai kapasitas penyangga (*buffer capacity*) terhadap perubahan pH perairan. Penyusun alkalinitas perairan adalah anion bikarbonat (HCO_3^-), karbonat (CO_3^{2-}) dan hidroksida (OH^-).³⁴

³²Hefni Effendi. 2003, *Telaah Kualitas Air*. Yogyakarta: PT Kanisius.h. 73

³³ *ibid*

³⁴ *Ibid* h.94

d. Parameter mikrobiologi

Kualitas air secara mikrobiologi, ditentukan oleh banyak parameter, yaitu, mikroba pencemar, patogen dan penghasil toksin. Misalnya kehadiran mikroba, khususnya bakteri pencemar tinja (*Escherichia coli*) di dalam air, sangat tidak diharapkan apalagi kalau air tersebut untuk kepentingan hidup manusia (rumah tangga).³⁵ Seperti untuk keperluan air minum misalnya: Pemerintah telah mengatur dalam keputusan Menteri Kesehatan Nomor:492/KEPMENKES/SK/IV/2002 bahwa untuk parameter mikrobiologi adalah negatif/100 ml atau nol dalam 100 ml dan total bakteri koliform juga nol dalam 100 ml air.³⁶

• **Bakteri Coliform**

Bakteri *Coliform* berdasarkan asal dan sifatnya dibagi menjadi dua golongan yaitu: *Coliform fecal*, seperti *Escherichia coli* yang betul-betul berasal dari tinja manusia. *Coliform nonfecal*, seperti *Aerobacter* dan *Klebsiella* yang bukan berasal dari tinja manusia tetapi biasanya berasal dari hewan atau tanaman yang telah mati.³⁷ Sifat-sifat “*Coliform Bacteria*” yang penting adalah sebagai berikut :

- Mampu tumbuh baik pada beberapa jenis substrat dan dapat menggunakan berbagai jenis karbohidrat dan komponen organik lain sebagai sumber energi dan beberapa komponen nitrogen sederhana sebagai sumber nitrogen.
- Mempunyai sifat dapat mensintesa vitamin.
- Mempunyai interval suhu pertumbuhan antara 10-46,500⁰C.
- Mampu menghasilkan asam dan gas gula.

³⁵Unus Suriawiria. 2005. *Air Dalam Kehidupan dan Lingkungan Yang Sehat*. Bandung: Alumni. H. 86

³⁶KEPMENKES 2002

³⁷Imam Supardi dan Sukanto.1999.*Mikrobiologi Dalam Pengolahan dan Keamanan Pangan*. Bandung: Alumni. h. 66

- Dapat menghilangkan rasa pada bahan pangan. *Pseudomonas aerogenes* dapat menyebabkan pelendiran.³⁸

- **Bakteri *Escherichia coli***

Golongan bakteri *coli*, merupakan jasad indikator di dalam substrat air, bahan makanan dan sebagainya untuk kehadiran jasad berbahaya yang mempunyai persamaan sifat: gram negatif berbentuk batang, tidak membentuk spora dan mampu memfermentasikan kaldu laktosa pada temperatur 37 C⁰ dengan membentuk asam dan gas di dalam 48 jam³⁹.

Bakteri *Escherichia coli* adalah kuman oportunistis yang banyak ditemukan di dalam usus besar manusia sebagai flora normal. Sifatnya unik karena dapat menyebabkan infeksi primer pada usus, misalnya diare pada anak, seperti juga kemampuannya menimbulkan infeksi pada jaringan tubuh lain di luar usus. Jenis *Escherichia coli* terdiri dari 2 species yaitu: *Escherichia coli* dan *Escherichia hermanis*. *Escherichia coli* sebagai salah satu contoh terkenal mempunyai beberapa spesies hidup di dalam saluran pencernaan makanan manusia dan hewan berdarah panas. *Escherichia coli* mula-mula diisolasi oleh *Escherich* (1885) dari tinja bayi. Sejak diketahui bahwa jasad tersebut tersebar pada semua individu, maka analisis bakteriologi air minum ditunjukkan pada semua individu, maka analisis bakteriologi air minum ditujukan kepada kehadiran jasad tersebut⁴⁰.



Berdasarkan sifat patogenik dan produksi toksinnya, strain enteropatogenik *E.coli* (EPEK) dapat dibedakan menjadi dua grup. Grup satu terdiri dari strain yang bersifat patogenik, tetapi tidak dapat memproduksi toksin. Sedangkan grup dua terdiri dari strain yang memproduksi enterotoksin, dan menyebabkan gejala enterotoksigenik, menyerupai gejala penyakit kolera yang disebabkan oleh *vibrio cholerae*. Strain yang termasuk grup dua ini disebut *E.coli* enterotoksigenik (ETEC atau ETEK) dan merupakan bakteri penyebab diare yang banyak menyerang bayi (anak-anak di bawah dua tahun).⁴¹

Namun pada perkembangannya sejauh ini ada empat kelas *Escherichia coli* yang bersifat enterovirulen, yaitu enteropatogenik (EPEC), *Escherichia coli* enterotoksigenik (ETEC), *Escherichia coli* enteroinvasif (EIEC), dan *Escherichia coli* enterohemoragik (EHEC). EPEC menyebabkan diare yang parah pada bayi, ETEC menghasilkan dua jenis toksin yang bersifat stabil dan agak labil terhadap panas dan menyebabkan diare pada anak serta bayi, yaitu penyakit yang mirip dengan kolera dan diare petualang (ditularkan lewat air dan makanan). EIEC menginfeksi dan berproliferasi di dalam sel epitel mukosa, sehingga tidak jarang menimbulkan *colonic epithelial cell death*. *Escherichia coli* enterohemoragik (EHEC) mampu mengeluarkan *shiga-like toxins*, yang menyebabkan dua macam sindrom, yaitu *hemoragik colitis* dan HUS. Toksin ini pula yang bertanggung jawab terhadap gejala sisa sistemik akibat penyakit ini.⁴²

⁴¹Imam Supardi dan Sukamto. 1999. *Mikrobiologi Dalam Pengolahan dan Keamanan Pangan*. Bandung: Alumni. Hlm. 187

⁴²Arisman. 2002. *Keracunan Makanan*. Buku Kedokteran: EGC. h. 95

Salah satu faktor yang mempengaruhi sifat patogenik *E.coli* adalah kemampuan untuk melakukan adesi pada sel-sel hewan dan manusia. Kemampuan adesi ini diduga disebabkan oleh adanya fibria atau pili yang dapat menyebabkan adesi dan kolonisasi strain ETEK pada hewan dan manusia terdiri dari beberapa tipe antigenik *E.coli* patogen menimbulkan sindroma klinik yaitu *gastroenteritis* akut yang menyerang terutama anak-anak dibawah 2 tahun. Infeksi di luar saluran pencernaan seperti infeksi saluran kemih, abses usus buntu, *peritonitis*, radang empedu dan infeksi pada luka bakar.⁴³

B. Kerangka Konseptual

Sebagian besar air yang ada di bumi digunakan oleh manusia untuk keperluan konsumsi, mandi dan mencuci. Berbagai upaya yang dilakukan oleh manusia untuk dapat memenuhi kebutuhan air bersih baik pengelolaan sumber daya air yang tersedia, pemurnian ataupun pengolahan air menjadi sumber air bersih yang layak konsumsi sampai pada pengolahan kembali air yang tercemar menjadi air yang bersih.⁴⁴

Air minum isi ulang merupakan salah satu upaya pengolahan air dengan menggunakan sumber daya alam melewati serangkaian proses purifikasi dan filtrasi, sehingga menghasilkan air bersih yang disiapkan untuk keperluan konsumsi. Sumber daya alam yang digunakan sebagai bahan baku pengolahan air minum isi ulang berasal dari beberapa sumber diantaranya sumber air tanah (sumur bor), air perbukitan dan air PDAM.

Secara alaminya air perbukitan adalah air yang mempunyai kemungkinan yang relatif lebih kecil terkontaminasi bakteri fekal maupun non fekal, daripada air tanah dan PDAM yang diperoleh dari mata air tanah dan sungai. Apalagi jika air tanah yang digunakan sebagai bahan

⁴³*Ibid.* h.189

⁴⁴Dwidjoseputro. 2005. *Dasar-Dasar Mikrobiologi*. Jakarta; Djambatan. h.187

baku AMIU tidak melawati persyaratan drainase dan konstruksi sumur mata air untuk konsumsi dan dekat dengan *septic tank*, serta dipengaruhi pula faktor sifat tanah gambut. Demikian pula dengan air dari sumber PDAM yang menggunakan air sungai Kahayan sebagai sumber mata airnya yang notabene sudah tercemar akibat dijadikan sebagai lokasi pertambangan liar dan sarana MCK warga setempat.

Keberadaan materi fekal maupun non fekal dalam sumber air akan menyebabkan sumber tercemar. Apabila sumber yang dijadikan sebagai bahan baku pembuatan air minum isi ulang tercemar, maka ada kemungkinan air minum yang dihasilkan juga tidak lebih baik kualitasnya. Air minum yang mempunyai standarisasi kualitas yang layak konsumsi akan berdampak pada kesehatan. Pada beberapa kondisi tubuh tertentu dapat menyebabkan beberapa penyakit saluran pencernaan seperti diare dan infeksi saluran pencernaan lainnya.

Secara keseluruhan sampel diukur dengan memperhatikan sumber air sebagai bahan baku dalam pengolahan AMIU. Untuk mengetahui perbedaan kualitas air minum isi ulang yang berasal dari air tanah, perbukitan dan PDAM, maka diperlukan pengujian berdasarkan tiga parameter, yaitu kualitas fisik air dilihat berdasarkan tingkat warna, rasa, aroma/bau, sedangkan kualitas kimia berdasarkan nilai pH. Kualitas mikrobiologi berdasarkan nilai MPN *Coliform*, *Coliform fecal* dan total koloni bakteri *Escherichia coli*. Oleh karena penelitian ini bersifat eksploratif, maka implikasi dari penelitian ini diharapkan dapat menambah khasanah keilmuan yang bermanfaat bagi masyarakat dan khususnya mahasiswa dapat dijadikan sebagai penelitian lanjutan untuk memperkaya dan memperluas obyek penelitian dan metodenya yang lebih beragam.