

## BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Landasan Teori

Air adalah zat yang sangat dibutuhkan oleh manusia. Dengan terpenuhinya kebutuhan ini, maka seluruh proses metabolisme dalam tubuh manusia dapat berlangsung dengan lancar. Sebaliknya, jika kekurangan air, maka proses metabolisme terganggu. Akibatnya dapat terjadi dehidrasi, pada tahapan lebih lanjut bisa menimbulkan kematian. Menurut ahli gizi dan makanan dan Institut Pertanian Bogor (IPB), Nuri Andarwulan, komposisi tubuh manusia sebagian besar adalah air (cairan), yaitu sekitar 60-70%. Karena itu, air memegang peranan yang sangat penting dan tidak tergantikan. Air adalah materi esensial dan tidak bisa disintesis. Air dapat diperoleh dari luar tubuh. Begitu pentingnya kebutuhan air, tubuh harus memperoleh dosis yang cukup setiap hari. Jumlah ideal yang harus dikonsumsi adalah 2 liter/hari yang merupakan jumlah total cairan yang masuk ke dalam tubuh. Hal ini sering salah persepsi, yang disebut 2 liter kadang disamakan dengan delapan gelas air minum. Padahal itu adalah total cairan yang harus masuk ke dalam tubuh.

Air merupakan kebutuhan mutlak setiap makhluk hidup dalam memenuhi kelangsungan hidupnya. Tanpa air tak akan ada kehidupan, begitu pentingnya air dalam proses hidup seluruh makhluk hidup sehingga setiap perubahan air di alam ini selalu menarik perhatian untuk diteliti baik dalam perspektif kebutuhan manusia, tanaman, hewan maupun lingkungan. Ketersediaan air sangat penting baik dalam hal kuantitas, kualitas, keandalan, kemudahan maupun kontinuitasnya bagi pemenuhan kebutuhan manusia pada umumnya baik untuk kebutuhan minum, kesehatan, budidaya maupun sanitasi dan lingkungannya. Kebutuhan air ini semakin meningkat seiring era modernisasi yang menerapkan budidaya pertanian, perikanan, peternakan, kegiatan rumah tangga bahkan sampai ke industri yang juga memerlukan air untuk proses industrialisasi berbagai produk. Berbagai kepentingan inilah seperti yang dilaporkan data WHO (2000), diperkirakan terdapat 2 milyar manusia per hari terdampak kekurangan air di lebih dari 40 negara di dunia. Bahkan 1,1 milyar tidak mendapatkan air yang memadai dan 2,4 milyar tidak mendapatkan sanitasi yang layak. Berdasarkan data tersebut diprediksi bahwa pada tahun 2050 akan terjadi 1 dari 4 orang akan terdampak kekurangan air bersih. Di Indonesia sendiri diperkirakan kecenderungan konsumsi air akan terus meningkat hingga 15% sampai 35% per kapita per tahun. Kebutuhan itu secara nasional baru dapat dipenuhi akses air minum perpipaan sebesar 68% (Perpamsi, 2020).

PDAM Tirta Tarum Karawang sebagai perusahaan daerah yang diberikan tugas dalam bidang air bersih dan air minum memperoleh air baku dari berbagai sumber diantaranya

adalah air permukaan, air danau, mata air dan air bawah tanah. Sebagian besar sumber air tersebut berasal dari air permukaan yang merupakan aliran dari Sungai Citarum hingga sampai ke wilayah Karawang dan diproses menjadi air bersih. Dalam kenyataannya air baku yang diperoleh dari Sungai Citarum tidaklah ideal memenuhi syarat sebagai air baku, bahkan diindikasikan telah mengalami pencemaran. Oleh karena itu diperlukan proses penjernihan air baku menjadi air bersih sebelum digunakan oleh masyarakat (PDAM Tirta Tarum, 2020).

## 1. Sungai Citarum Harum

Program Kembalikan Citarum Harum merupakan program yang dicanangkan pemerintah untuk mengatasi permasalahan yang ada di DAS Citarum. Meskipun sudah mencanakan program Kembalikan Citarum Harum, pada kenyataannya langkah yang ditempuh tidaklah mudah mengingat kompleksitas permasalahan yang dihadapi di lapangan. Masalah semakin parahnya kerusakan lingkungan, tidak tertibnya perilaku masyarakat dalam menerapkan fungsi sungai, adanya mismanajemen dalam pengelolaan sungai serta masih rendahnya kepedulian berbagai pihak dalam mengatasi masalah DAS Citarum menjadi hambatan untuk mewujudkan program Kembalikan Citarum Harum. Peraturan ini telah dituangkan pada Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 15 Tahun 2018 Tentang Percepatan Pengendalian Pencemaran Dan Kerusakan Daerah Aliran Sungai Citarum. Dalam Peraturan Presiden ini menyangkut hal-hal berikut.

- a. Daerah Aliran Sungai yang selanjutnya disebut DAS adalah suatu wilayah daratan yang merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungainya, yang berfungsi menampung, menyimpan, dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke danau atau ke laut secara alami, yang batas di darat merupakan pemisah topografis dan batas di laut sampai dengan daerah perairan yang masih terpengaruh aktivitas daratan.
- b. Pencemaran DAS adalah masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan atau komponen lain ke dalam DAS oleh kegiatan manusia sehingga melampaui baku mutu lingkungan hidup yang telah ditetapkan.
- c. Kerusakan DAS adalah perubahan langsung dan atau tidak langsung terhadap sifat fisik, kimia, dan atau hayati lingkungan hidup yang melampaui kriteria baku kerusakan lingkungan hidup
- d. Pengendalian Pencemaran dan atau Kerusakan DAS adalah kegiatan yang dilaksanakan untuk pelestarian fungsi DAS meliputi pencegahan, penanggulangan, dan pemulihan.

- e. Pencegahan Pencemaran DAS dan atau Kerusakan DAS adalah kegiatan perencanaan terpadu dan menyeluruh dalam pola pencegahan pencemaran dan atau perusakan DAS melalui aktifitas fisik dan atau nonfisik maupun melalui penyeimbangan hulu dan hilir DAS Citarum.
- f. Penanggulangan Pencemaran DAS dan atau Kerusakan DAS adalah cara atau proses untuk mengatasi pencemaran DAS dan atau perusakan DAS.
- g. Pemulihan Fungsi DAS adalah serangkaian kegiatan penanganan lahan yang mengalami kerusakan lingkungan meliputi kegiatan perencanaan, pelaksanaan, pemantauan, dan evaluasi untuk memulihkan fungsi DAS yang disebabkan oleh pencemaran DAS dan atau perusakan DAS.

Untuk melakukan percepatan Pengendalian Pencemaran dan Kerusakan DAS Citarum secara terpadu dibentuk Tim Pengendalian Pencemaran dan Kerusakan DAS Citarum, yang selanjutnya dalam Peraturan Presiden ini disebut Tim DAS Citarum. Tim DAS Citarum bertugas mempercepat pelaksanaan dan keberlanjutan kebijakan pengendalian DAS Citarum melalui operasi pencegahan, penanggulangan pencemaran dan kerusakan, serta pemulihan DAS Citarum secara sinergis dan berkelanjutan dengan mengintegrasikan program dan kegiatan pada masing-masing kementerian/ lembaga dan pemerintah daerah termasuk optimalisasi personil dan peralatan operasi. Upaya yang dilakukan pemerintah meliputi:

- a. sosialisasi dan edukasi dengan memberikan informasi peringatan dampak pencemaran dan kerusakan DAS Citarum kepada masyarakat;
- b. penanganan limbah dan pemulihan ekosistem;
- c. mengoordinasikan relokasi masyarakat terdampak di DAS Citarum;
- d. melakukan koordinasi dalam pemutakhiran data dan informasi yang dibutuhkan sebagai upaya penanggulangan pencemaran dan kerusakan DAS Citarum dengan institusi terkait;
- e. melakukan inovasi dalam penanggulangan pencemaran dan kerusakan DAS Citarum sesuai dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi;
- f. pemberdayaan masyarakat; dan
- g. pencegahan dan penindakan hukum.

## 2. Faktor Abiotik, Biotik, Culture Sungai Citarum

Sungai Citarum memiliki potensi ekonomi, ekologi dan sosial yang sangat penting di Jawa Barat. Sungai Citarum dengan luas DAS sekitar 6.600 km<sup>2</sup> bersumber dari G. Wayang, Kecamatan Kertasari, Kabupaten Bandung mengalir sepanjang 297 km ke Laut Jawa dengan melintasi 118 kecamatan pada 7 kabupaten dan 1 kota di Jawa Barat yaitu Kabupaten Bandung, Kota Bandung, Kabupaten Sumedang, Kabupaten Cianjur, Kabupaten Purwakarta, Kabupaten Bogor, Kabupaten Karawang dan Kabupaten Bekasi (Anonim, 2004)

Potensi pemanfaatan Sungai Citarum berikut 3 (tiga) waduk besar di dalamnya yaitu waduk Saguling, Cirata, dan Jatiluhur, cukup besar meliputi antara lain ; sumber air baku PDAM (125.000 liter/detik), air baku industri (240.000 Ha), peternakan, perikanan (36.325 unit Jala Terapung), PLTA (1.800 MW) penggelontoran dan sarana rekreasi/pariwisata. Menurut Badan Pengelolaan Lingkungan Hidup Daerah (BPLHD) Provinsi Jawa Barat tahun 2001, terjadinya penurunan kualitas air tersebut yang disebabkan oleh peningkatan beban pencemaran dari berbagai sumber pencemar yang berasal dari populasi penduduk, perkembangan industri, ekstensifikasi dan intensifikasi lahan pertanian, pengembangan perikanan, populasi ternak serta eksplorasi bahan tambang/galian C. Permasalahan yang terjadi di wilayah Sungai Citarum, khususnya Sungai Citarum berada dalam kondisi yang rumit dan saling berkaitan antara satu masalah dengan masalah yang lain (Anonim, 2004).

Hal yang secara jelas dapat dilihat langsung dalam kehidupan sehari-hari adalah pencemaran terhadap Sungai Citarum. Sungai Citarum "dinobatkan" sebagai salah satu sungai terkotor di dunia "*The Dirtiest River*" (The Sun, 4 Desember 2009). Hal tersebut dengan mudah dapat terlihat melalui kotornya sungai tersebut yang diakibatkan pencemaran oleh limbah domestik yang langsung dibuang ke sungai tanpa dilakukan pengolahan terlebih dahulu (Anonim, 2004).

Kondisi baku mutu air Sungai Citarum sebagai pensuplai air Waduk Cirata sudah memburuk. Ditengarai sekitar 1.320 liter/detik/hari atau setara dengan 270 ton/hari limbah industri yang ada di DAS Citarum dibuang ke sungai (Anonim., 2004). Logam berat seperti Hg, Pb, Cd, dan Cu banyak digunakan untuk berbagai kegiatan industri seperti pertambangan, kimia, elektronik, fotografi, pestisida, tekstil, plastik, gelas, dan lain-lain (Eckenfelder, 1989).

Secara geografis bila ditarik garis dari Sungai Citarik Hilir atau di Sungai Citarum dimana Sungai Citarik bermuara sampai ke Nanjung dimana Sungai Cimahi bermuara di Sungai Citarum, maka kandungan deterjen cenderung semakin meningkat. Konsentrasi deterjen pada sungai sungai tersebut masih lebih tinggi dari konsentrasi minimal deterjen yang mengganggu kehidupan biota perairan (Issa, 1995; Hansen, 2004 dan Dubinsky,

2004). Konsentrasi deterjen tersebut tentunya akan mengganggu keberadaan biota perairan baik kelimpahan maupun keragaman jenisnya. Selanjutnya, dari hasil identifikasi invertebrata perairan terungkap, bahwa ada kecenderungan penurunan keragaman jenis invertebrata yang hidup sesil seperti siput (BPLHD Jawa Barat, 2010).

Penurunan keragaman tersebut dapat terjadi karena beberapa kemungkinan seperti tingkat pencemaran organik yang tinggi, senyawa B3 (Bahan Berbahaya Beracun) dan pestisida yang secara rutin masuk ke badan air sungai tersebut. Namun, dengan kandungan deterjen pada limbah inipun tentu mempunyai andil yang signifikan terhadap penurunan keragaman invertebrata di dasar badan Sungai Citarum Hulu di muara Sungai. Dampak negatif limbah biasanya akan lebih berbahaya bagi biota yang hidupnya menetap seperti siput dan kerang, karena sulit menghindar bilamana terjadi pencemaran baik sementara maupun dalam jangka lama. Sebaliknya jenis *crustacean* akan segera mencari daerah yang lebih baik. Oleh karena itu, pengamatan terhadap keberadaan siput atau kerang-kerangan merupakan alasan yang sangat tepat. Kerang atau siput air tawar seperti inilah yang rentan terkena dampak pencemaran (BPLHD Provinsi Jawa Barat, 2010).

Pencemaran lain yang terjadi adalah pencemaran logam berat disertai pelumpuran dan pendangkalan yang hebat dan terus berlangsung tanpa ada penanganan serius. Pencemaran dan sedimentasi terjadi mulai dari hulu sungai di Situ Cisanti di kaki Gunung Wayang, Bandung Selatan, dan mengalir sepanjang 297 kilometer hingga muara sungai di Pantai Muara Merdeka, Kecamatan Muara Gembong, Kabupaten Bekasi, Jawa Barat (BPLHD Provinsi Jawa Barat, 2010).

Hasil pemantauan kualitas air di Perusahaan Umum (Perum) Jasa Tirta II menyebutkan, air dari outlet Sungai Cisanti (Hulu Sungai Citarum) sudah mengandung  $H_2S$  (hidrogen sulfida) dan *Chemical Oxygen Demand* (COD) melebihi ambang baku mutu (Kompas, 2011). Ikan merupakan bio indikator terhadap pencemaran lingkungan, termasuk cemaran kimia. Hal ini karena ikan menunjukkan reaksi terhadap adanya cemaran di perairan dalam batas konsentrasi tertentu, seperti perubahan aktivitas, efek pada pertumbuhan yang tidak normal hingga kematian (Chahaya, 2003). Cemaran logam berat di perairan Waduk Cirata diduga berasal dari limbah domestik, industri di sepanjang Daerah Aliran Sungai (DAS) Citarum maupun beberapa anak sungai yang bermuara di Sungai Citarum. Hasil analisis kandungan logam berat pada berbagai jenis ikan yang ditangkap di perairan Waduk Cirata diantaranya kandungan logam Hg pada ikan dengan kisaran 0,25-151,6 *part per billion* (ppb), belum melebihi ambang batas yang ditetapkan oleh Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM) sebesar 500 ppb. Begitu juga dengan kandungan logam Pb, logam Cd, dan

logam Cu juga masih rendah dan belum melewati ambang batas yang diijinkan, yaitu 2.000 ppb untuk logam Pb, 1.000 ppb untuk logam Cd, dan 20.000 ppb untuk logam Cu (Anonim, 1989). Kandungan logam berat ini umumnya lebih tinggi dibandingkan dengan kandungan logam berat dalam air waduk. Hal ini diduga karena logam berat air waduk telah terakumulasi ke tubuh ikan. Selain itu faktor lain terjadinya krisis air dapat dipicu oleh sikap dan perilaku masyarakat yang cenderung boros dalam memanfaatkan air karena air sebagai milik umum (*commonproperty*) dianggap tidak terbatas dan kesadaran masyarakat serta pelaku usaha yang masih membuang limbah di sekitar perairan menyebabkan pasokan air bersih berkurang sehingga perlunya dilakukan proses pengolahan air agar kebutuhan pasokan air untuk masyarakat tercukupi.

Industri tekstil dan elektronika juga banyak ditemukan di sekitar sungai yang bermuara ke Waduk Cirata. Sedangkan cemaran pestisida kemungkinan dihasilkan dari kegiatan pertanian di daerah hulu sungai yang juga mengalir ke Waduk Cirata. Akibatnya ikan yang dibudidayakan pada perairan tersebut menjadi potensial untuk terkontaminasi logam berat pula. Apabila ikan yang sudah tercemar oleh logam berat (Hg, Pb, Cd, dan Cu) dikonsumsi, akan berpotensi menimbulkan berbagai penyakit baik jangka pendek maupun jangka panjang, tergantung konsentrasi maupun kondisi penderita. Kelainan syaraf, kelumpuhan, dan cacat bawaan pada bayi merupakan contoh penyakit penyakit yang ditimbulkan akibat terkontaminasi logam berat (Anonim, 2003a)

Hasil pengamatan kandungan logam berat dalam air Waduk Cirata Kandungan logam Hg pada bulan Mei dengan kisaran 0,10-0,19 ppb, masih di bawah ambang batas yang ditetapkan pemerintah melalui PP No. 82 Tahun 2001 bagi usaha perikanan budidaya (2 ppb). Demikian juga dengan hasil pengamatan pada bulan Agustus dan November umumnya masih di bawah ambang batas. Kandungan logam Hg tertinggi ditemukan pada stasiun 1 (*outlet* waduk) pada pengamatan bulan November yaitu sebesar 62,58 ppb dan sudah melebihi ambang batas yang ditetapkan pemerintah. Hal ini diduga terjadi akumulasi pada stasiun 1 karena berada pada lokasi terjauh dari *inlet* waduk (depan DAM) sehingga menerima beban limbah lebih banyak dibandingkan dengan stasiun-stasiun yang lain. Sumber utama cemaran logam Hg ini diduga berasal dari kegiatan limbah industri seperti industri kosmetik, batu baterai, dan lampu neon yang ada di DAS Citarum (Anonim, 2003b).

Kandungan logam Pb dalam air masih rendah berkisar 0,01–0,96 ppb, bahkan hasil pengamatan pada bulan Mei di stasiun 5 dan 6 (KJA) tidak terdeteksi. Sementara itu kandungan logam Cd bervariasi yaitu 10,11–20,43 ppb pada bulan Mei 6,48–13,42 ppb pada bulan Agustus dan 1,37–4,72 ppb pada bulan November. Kandungan logam Cd pada bulan

Mei pada seluruh stasiun telah melewati ambang batas (>10 ppb), sementara itu pada bulan Agustus hanya stasiun 5 yang melebihi ambang batas. Sedangkan ikan merupakan bioindikator terhadap pencemaran lingkungan, termasuk cemaran kimia. Hal ini karena ikan menunjukkan reaksi terhadap adanya cemaran di perairan dalam batas konsentrasi tertentu, seperti perubahan aktivitas, efek pada pertumbuhan yang tidak normal hingga kematian (Chahaya, 2003). Cemaran logam berat di perairan Waduk Cirata diduga berasal dari limbah domestik, industri di sepanjang Daerah Aliran Sungai (DAS) Citarum maupun beberapa anak sungai yang bermuara di Sungai Citarum. Hasil analisis kandungan logam berat pada berbagai jenis ikan dengan kisaran 0,25-151,6 ppb, belum melebihi ambang batas yang ditetapkan oleh Badan POM sebesar 500 ppb. Begitu juga dengan kandungan logam Pb, logam Cd, dan logam Cu juga masih rendah dan belum melewati ambang batas yang diijinkan, yaitu 2.000 ppb untuk logam Pb, 1.000 ppb untuk logam Cd, dan 20.000 ppb untuk logam Cu (Anonim, 1989). Kandungan logam berat ini umumnya lebih tinggi dibandingkan dengan kandungan logam berat dalam air waduk. Hal ini diduga karena logam berat dalam air waduk telah terakumulasi ke tubuh ikan.

### 3. PDAM Tirta Tarum Kabupaten Karawang

Perusahaan Daerah Air Minum PDAM Tirta Tarum Kabupaten Karawang mengoperasikan 20 Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM) yang terdiri atas 8 Cabang dan 12 Unit IKK (Ibu Kota Kecamatan). Jumlah penduduk yang terlayani terus meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah pelanggan. Pada tahun 2017 jumlah pelanggan yang terlayani 72.285 SL (Sambungan Langganan), pada tahun 2018 meningkat menjadi 77.002 SL, di tahun 2019 mencapai 85.173 SL dan ditahun 2020 jumlah pelanggan yang terlayani mencapai 92.793 SL. Jumlah pelanggan tersebut mencapai 26% dari wilayah teknis pelayanan dan 88% wilayah administratif yang telah dilayani air minum perpipaan (PDAM Tirta Tarum Karawang, 2020).

Kondisi pelayanan Kabupaten Karawang dalam pengembangan SPAM semakin berat. Sesuai dengan Undang-undang Nomor 23 Tahun 2014 tentang Pemerintahan Daerah dan Peraturan Pemerintah Nomor 122 Tahun 2015 tentang Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM) adalah merupakan tanggung jawab pemerintah kabupaten/kota. Dalam Peraturan Pemerintah No 122 Tahun 2015 sendiri tercantum target-target yang harus dipenuhi oleh seluruh kabupaten/kota, termasuk Kabupaten Karawang. Target yang menjadi isu utama adalah kewajiban pelayanan air dengan kualitas air minum dari SPAM yang ada, Karawang harus sudah memiliki suatu Pola Induk SPAM Terpadu. Selain target-target nasional di atas,

Pemerintah Indonesia bersama-sama dengan negara-negara lain telah menyusun *Sustainable Development Goals* (SDGs). Dalam hal SPAM, Target 17 SDGS memberikan beban lain kepada seluruh kabupaten/kota, termasuk Karawang, untuk mengurangi setengah jumlah populasi yang saat ini tidak memiliki akses yang berkelanjutan untuk mendapatkan air minum yang aman dan sarana sanitasi dasar pada tahun 2021. Target tingkat pelayanan perpipaan air minum nasional adalah sebesar 40% (perkotaan 66% dan pedesaan 30%) serta pengurangan kebocoran hingga 20%. Dalam hal pengembangan SPAM, pelayanan dengan harga yang terjangkau untuk masyarakat berpenghasilan rendah adalah merupakan prioritas. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 13/PRT/M//2013 Tahun 2013 tentang Kebijakan dan Strategi Nasional Pengembangan SPAM kembali menekankan sasaran-sasaran yang sama dengan Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN). Kabupaten Karawang juga ditantang untuk meningkatkan Indeks Pembangunan Manusia (IPM) dan investasi serta kegiatan ekonominya. Pengembangan SPAM akan mempengaruhi IPM melalui aspek kesehatan. Investasi dan kegiatan ekonomi yang berhubungan dengan pengembangan SPAM sendiri di Karawang saat ini dapat dikatakan masih minim. Tantangan-tantangan di atas yang harus dijawab oleh Kabupaten Karawang akan menambah beban kerja terutama bagi PDAM Tirta Tarum selaku penyelenggara SPAM di wilayah Kabupaten Karawang (PDAM Tirta Tarum, 2020).

#### 4. Asas Ilmu Lingkungan

Ilmu lingkungan adalah ekologi yang menerapkan berbagai asas dan konsep kepada masalah yang lebih luas, yang menyangkut pula hubungan manusia dengan lingkungannya. Ilmu lingkungan mengintegrasikan berbagai ilmu yang mempelajari hubungan timbal balik antara jasad hidup (termaksud manusia) dengan lingkungannya. Asas di dalam suatu ilmu yang sedang berkembang digunakan sebagai landasan yang kokoh dan kuat untuk mendapatkan hasil, teori dan model seperti pada ilmu lingkungan (Soeriatmadja, 1989).

Asas ilmu lingkungan terdiri dari 14 asas, antara lain sebagai berikut (Soeriatmadja, 1989).

- a. **Asas 1**      **Semua energi yang memasuki sebuah organisasi hidup populasi atau ekosistem dapat dianggap sebagai energi yang tersimpan atau terlepas.**
- b. **Asas 2**      Tak ada sistem pengubahan energi yang betul-betul efisien
- c. **Asas 3**      Materi, energi, ruang, waktu, dan keanekaragaman, semua termasuk kategori sumber alam.

- 
- d. Asas 4** Untuk semua kategori sumber alam, kalau pengadaannya sudah mencapai optimum, pengaruh unit kenaikannya sering menurun dengan penambahan sumber alam itu sampai kesuatu tingkat maksimum.
- e. Asas 5** Ada dua jenis sumber daya alam, yaitu sumber alam yang pengadaannya dapat merangsang penggunaan seterusnya, dan yang tak mempunyai daya rangsang penggunaan lebih lanjut.
- f. Asas 6** Individu dan spesies yang mempunyai lebih banyak keturunan dari pada saingannya, cenderung berhasil mengalahkan saingannya.
- g. Asas 7** Kemantapan keanekaragaman suatu komunitas lebih tinggi di alam lingkungan yang “mudah diramal”.
- h. Asas 8** Sebuah habitat dapat jenuh atau tidak oleh keanekaragaman takson, bergantung kepada nisbia dalam lingkungan hidup itu dapat memisahkan takson tersebut.
- i. Asas 9** Keanekaragaman komunitas apa saja sebanding dengan biomassa dibagi produktivitas.
- j. Asas 10** Dalam lingkungan stabil perbandingan antara biomassa dengan produktivitas dalam perjalanan waktu naik mencapai asimtot.
- k. Asas 11** Sistem yang sudah mantap (dewasa) mengeksploitasi sistem yang belum mantap (belum dewasa).
- l. Asas 12** Kesempurnaan adaptasi suatu sifat atau tabiat bergantung kepada kepentingan relatifnya di dalam keadaan suatu lingkungan.
- m. Asas 13** Lingkungan yang secara fisik mantap terjadinya penimbunan keanekaragaman biologi dalam ekosistem yang mantap, yang kemudian dapat menggalakkan kemantapan populasi lebih jauh lagi.
- n. Asas 14** Derajat pola keteraturan naik-turunnya populasi tergantung pada jumlah keturunan dalam sejarah populasi sebelumnya yang nanti akan mempengaruhi populasi itu.

Asas lingkungan yang digunakan dalam penelitian ini adalah asas ke-2, 3, 4, dan 5. Asas 2, yaitu tak ada sistem pengubahan energi yang betul-betul efisien, asas 3, yaitu Materi, energi, ruang, waktu, dan keanekaragaman, semua termasuk kategori sumber alam. Asas 4

untuk semua kategori sumber alam, kalau pengadaannya sudah mencapai optimum, pengaruh unit kenaikannya sering menurun dengan penambahan sumber alam itu sampai kesuatu tingkat maksimum, dan asas 5 ada dua jenis sumber daya alam, yaitu sumber alam yang pengadaannya dapat merangsang penggunaan seterusnya, dan yang tak mempunyai daya rangsang penggunaan lebih lanjut.

Material adsorben pasir kuarsa, zeolit, tanah andisol dan karbon aktif ini merupakan material dari proses alam yang di *treatment* secara kimia material tersebut jenis mineralnya berbeda di wilayah yang satu dengan wilayah yang lainya sangat sesuai dengan asas lingkungan ke-3, yaitu materi, energi, ruang, waktu, dan keanekaragaman, semua termasuk kategori sumber alam. Pnggunaan adsorben ini adalah penggunaan yang dapat didaur ulang atau dipakai kembali dalam penerapanya sehingga penggunaan ini tidak merusak kesetimbangan alam akibat pengolahanya sehingga sesuai pada asas lingkungan ke-5 yaitu ada dua jenis sumber daya alam, yaitu sumber alam yang pengadaannya dapat merangsang penggunaan seterusnya, dan yang tak mempunyai daya rangsang penggunaan lebih lanjut.

Penggunaan adsorben ini masih belum 100 persen efisien sehingga untuk memaksimalkan perlu dilaukan *treatment* atau penelitian pengembangan lagi agar fungsi pengembanganya luas hal ini sesuai dengan asas lingkungan ke-2 yaitu tak ada sistem pengubahan energi yang betul-betul efisien. Penggunaan adsorben ini dapat menjerap polutan secara maksimum pada konsentrasi tertentu, ada kalanya adsorben telah jenuh karena luas permukaan porinya telah penuh sehingga harus di *treatment* agar dapat digunakan kembali hal ini sesuai dengan asas lingkungan ke-4, yaitu untuk semua kategori sumber alam, kalau pengadaannya sudah mencapai optimum, pengaruh unit kenaikannya sering menurun dengan penambahan sumber alam itu sampai kesuatu tingkat maksimum..

## 5. Kebijakan Pemerintah Terkait Sumber Daya Air

Sumber daya air merupakan kebutuhan mutlak setiap individu yang harus dipenuhi untuk kelangsungan hidupnya. Apabila terjadi pengurangan kuantitas maupun kualitas sumber daya air maka akan mempengaruhi kehidupan manusia secara nyata. Untuk menjamin ketersediaan dan pengelolaan sumber daya air ini, maka pemerintah sebagai pemangku tanggung jawab kesejahteraan warga negaranya, berkewajiban menetapkan suatu kebijakan atau Undang-Undang untuk mengatur sumber daya air. Undang-undang (UU) Nomor 17 Tahun 2019 merupakan salah satu Undang-undang terbaru yang mengatur Sumberdaya Air. Sejalan dengan Undang-undang Dasar 1945 pasal 33, undang-undang ini menyatakan bahwa

sumber daya air, dimana menyangkut hajat hidup orang banyak, dikuasai oleh Negara dan dipergunakan untuk sebesar-besarnya kemakmuran rakyat (UU Nomor 17 Tahun 2019).

Oleh karenanya, Pemerintah melakukan pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM) baik di tingkat nasional, provinsi atau pemerintah daerah. Salah satu contohnya ialah Perusahaan Daerah Air Minum atau PDAM yang saat ini telah bermetamorfosa menjadi Perusahaan Umum Daerah (Perumdam) atau Perseroan Terbatas Daerah (Perseroda) yang diatur melalui Peraturan Pemerintah Nomor 54 Tahun 2017. Dalam operasionalnya pengembangan SPAM ini diserahkan kepada Pemerintah Daerah atau Pemerintah Kota untuk memilih badan hukum Perumda atau Perseroda sesuai dengan situasi dan kondisi pelaksanaan pelayanan publik di masing-masing wilayah kabupaten/kota. Penggunaan sumber daya air ditujukan untuk memanfaatkan sumber daya air secara berkelanjutan dan mengutamakan pemenuhan kebutuhan pokok kehidupan masyarakat secara adil. Namun penggunaan sumber daya air pada akhir-akhir tahun ini tidak terjadinya keseimbangan antara peningkatan kuantitas air yang diinginkan dengan realitas kualitas air yang terjadi. Berbagai pengelolaan Sumberdaya Air di Indonesia telah diatur dengan terbitnya Undang-Undang No 17 Tahun 2019 termasuk dalam hal konservasi atau perlindungan dan pelestarian sumber daya air, diantaranya sebagai berikut.

- a. Pemeliharaan kelangsungan fungsi resapan air dan daerah tangkapan air  
Pengendalian pemanfaat sumber air
- b. Pengisian air pada sumber
- c. Pengaturan prasarana dan sarana sanitasi
- d. Perlindungan sumber air dalam hubungannya dengan kegiatan pembangunan dan pemanfaatan lahan pada sumber air
- e. Pengendalian pengolahan tanah di daerah hulu
- f. Pengaturan daerah sempa dan sumber air
- g. Rehabilitasi hutan dan lahan, dan atau
- h. Pelestarian hutan lindung, kawasan suaka alam, kawasan pelestarian alam.

Demikian juga dengan pengendalian sumber daya air dilakukan secara menyeluruh meliputi upaya pencegahan, penanggulangan dan pemulihan. Perencanaan pengendalian daya rusak air disusun secara terpadu dan menyeluruh dalam pola pengelolaan sumber daya air. Pengendalian melibatkan peran serta aktif dari masyarakat dan menjadi tanggung jawab pemerintah, pemerintah daerah serta pengelola sumber daya air wilayah sungai dan masyarakat. Dengan pemberlakuan Undang-undang Nomor 17/2019 maka kesempatan bagi Negara melalui Pemerintah untuk memenuhi kebutuhan air bersih dan air minum bagi

masyarakat menjadi sangat vital dan merupakan kewajiban dasar yang tidak bisa ditawar lagi.

## 6. Gambaran Umum Krisis Air Bersih di Indonesia

Berdasarkan data WHO (2000), diperkirakan terdapat lebih 2 milyar manusia per hari terkena dampak kekurangan air di lebih dari 40 negara didunia. 1,1 milyar tidak mendapatkan air yang memadai dan 2,4 milyar tidak mendapatkan sanitasi yang layak. Sedangkan pada tahun 2050 diprediksikan bahwa 1 dari 4 orang akan terkena dampak dari kekurangan air bersih. Di Indonesia sendiri, dengan jumlah penduduk mencapai lebih 250 juta, kebutuhan air bersih menjadi semakin mendesak. Kecenderungan konsumsi air diperkirakan terus naik hingga 15-35 persen per kapita per tahun. Sedangkan ketersediaan air bersih cenderung melambat (berkurang) akibat kerusakan alam dan pencemaran.

Dari jumlah Penduduk di Indonesia Sekitar 270 juta rakyat Indonesia pada umumnya masih belum memiliki akses terhadap air bersih secara layak dan aman. Penduduk Indonesia yang bisa mengakses air bersih untuk kebutuhan sehari-hari, baru mencapai 68 persen dari total penduduk Indonesia. Itupun yang dominan adalah akses untuk perkotaan. Artinya masih ada 32 persen rakyat Indonesia terpaksa mempergunakan air yang tak layak secara kesehatan. Untuk persentase akses daerah pedesaan terhadap sumber air di Indonesia lebih rendah daripada beberapa negara tetangga seperti Malaysia. Di Malaysia, tingkat akses sumber air di pedesaan mencapai 94 persen. Di negara Indonesia yang kaya sumber daya air ini, angka akses pedesaan terhadap air bersih hanya menyentuh level 68 persen, lebih rendah dari Vietnam yang telah mencapai 72 persen (Perpamsi, 2020)

Pada akhir Pembangunan Jangka Panjang (PJP) II (2019) diperkirakan jumlah penduduk perkotaan mencapai 150,2 juta jiwa dengan konsumsi per kapita sebesar 125 liter, sehingga kebutuhan air akan mencapai 18,775 miliar liter per hari. Menurut Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI), kebutuhan air untuk industri akan melonjak sebesar 700% pada 2025. Untuk perumahan naik rata-rata 65% dan untuk produksi pangan naik 100%. Pada tahun 2000, untuk berbagai keperluan di Pulau Jawa diperlukan setidaknya 83,378 miliar meter kubik air bersih. Sedangkan potensi ketersediaan air, baik air tanah maupun air permukaan hanya 30,569 miliar meter kubik. Pada tahun 2015 krisis air di Pulau Jawa jauh lebih parah karena diperkirakan kebutuhan air akan melonjak menjadi 164,671 miliar meter kubik. Sedangkan potensi ketersediaannya cenderung menurun.

*commit to user*

## 7. Target SDGs (Sustainable Development Goals)

*Sustainable Development Goals (SDGs)* merupakan suatu rencana aksi global yang disepakati oleh para pemimpin dunia, termasuk Indonesia, guna mengakhiri kemiskinan, mengurangi kesenjangan dan melindungi lingkungan. *SDGs* berisi 17 Tujuan dan 169 Target yang diharapkan dapat dicapai pada tahun 2030. Air bersih dan sanitasi layak adalah kebutuhan dasar manusia. Salah satu poin dalam tujuan pembangunan berkelanjutan (*sustainable development goals/SDGs*) pada sektor lingkungan hidup adalah memastikan masyarakat mencapai akses universal air bersih dan sanitasi. Sekjen PBB menetapkan 27 Panel Tingkat Tinggi pada bulan Juli 2012. Panel Tingkat Tinggi merupakan kemitraan global yang bertujuan untuk memberantas kemiskinan dan mengubah perekonomian melalui pembangunan berkelanjutan. Fokus utama ada pada ketersediaan pangan, air bersih, dan energi yang merupakan dasar dari kehidupan. Perubahan yang paling penting dalam konsumsi berkelanjutan dan produksi akan didorong oleh teknologi, inovasi, desain produk, pedoman kebijakan yang terperinci, pendidikan, dan perubahan perilaku. Panel mengusulkan dua belas *Universal Goals* dan *National Target*. Target tersebut menyerukan pada negara-negara untuk “Mencapai universal akses dalam sektor air minum dan sanitasi” yang diharapkan dapat tercapai pada tahun 2030 (Bappenas, 2020)

Bank Dunia pada 2014 mengingatkan 780 juta orang tidak memiliki akses air bersih dan lebih dari 2 miliar penduduk bumi tidak memiliki akses terhadap sanitasi. Akibatnya ribuan nyawa melayang tiap hari dan kerugian materi hingga 7 persen dari PDB dunia. Sanitasi, begitu juga air bersih, secara khusus dibahas pada tujuan enam *SDGs*, walaupun tetap perlu menjadi catatan bahwa tujuan-tujuan yang ada ini sesungguhnya merupakan suatu kesatuan (Bappenas, 2020)

Jika pada *MDGs* (Millenium Development Goals) menetapkan bahwa target pelayanan akses air minum pada tahun 2019 adalah tercapainya akses air minum di wilayah perkotaan 80% dan perdesaan 60% maka dalam *SDGs* ini targetnya adalah akses air minum layak dan aman pada tahun 2030 (Bappenas, 2020).

## **8. Kebutuhan Air**

Kebutuhan air ditentukan berdasarkan perhitungan kebutuhan air untuk Sambungan Rumah/Sambungan Langganan (pelanggan PDAM) domestik, pertanian, dan industri. Kebutuhan air domestik ditentukan berdasarkan jumlah dan komposisi penduduk. Kebutuhan air industri ditentukan oleh jumlah industri, jenis industri, dan jumlah tenaga kerja. Kebutuhan air untuk pertanian ditentukan oleh luas lahan sawah, pola tanam, intensitas

tanam, dan kebutuhan air tanaman. Adapun kebutuhan air untuk domestik, industri, dan pertanian ditetapkan oleh pengelola air di wilayah bersangkutan. Sebagai contoh Perusahaan Umum (Perum) Jasa Tirta II yang bertanggung jawab mengelola dan mendistribusikan kebutuhan air waduk Jatiluhur menetapkan bahwa alokasi untuk sektor pertanian sebesar 78% dari debit total, domestik sebesar 7%, industri 5%, hidro elektrik 2%, dan sisanya masing-masing 3% untuk sektor perikanan dan penggelontoran (*flushing*) (Sosiawan, 2005). Penelitian Rejekiingrum (2011) menemukan alokasi optimum kebutuhan air untuk DAS Citarum di Jawa Barat antara tahun 2010-2030 berkisar antara 19,6%-20,4% (domestik), 6,9%-8,1% (industri non AMDK), dan 71,5% - 73,5% untuk pertanian.

Air baku adalah air yang dapat berasal dari sumber air permukaan, cekungan air tanah, mata air, dan atau air hujan yang memenuhi baku mutu tertentu sebagai air baku untuk air minum. Sedangkan air minum adalah air baku yang melalui proses pengolahan atau tanpa proses pengolahan yang memenuhi syarat kesehatan dan dapat langsung diminum. Secara umum air merupakan zat yang sangat dibutuhkan oleh manusia dalam proses hidupnya. Dengan terpenuhinya kebutuhan ini, maka seluruh proses metabolisme dalam tubuh manusia bisa berlangsung dengan lancar. Sebaliknya, jika kekurangan air, maka proses metabolisme juga akan terganggu. Akibatnya bisa terjadi dehidrasi, pada tahapan lebih lanjut bisa menimbulkan kematian. Menurut ahli gizi dan makanan dan Institut Pertanian Bogor (IPB), Nuri Andarwulan, menyatakan bahwa komposisi tubuh manusia sebagian besar adalah air (cairan), yaitu sekitar 60%-70%. Karena itu, air memegang peranan yang sangat penting dan tidak tergantikan oleh benda cair apapun. Air adalah materi esensial dan tidak bisa disintesis. Air dapat diperoleh dari luar tubuh. Begitu pentingnya kebutuhan air, tubuh harus memperoleh dosis yang cukup setiap hari. Jumlah ideal yang harus dikonsumsi adalah 2 liter/hari yang merupakan jumlah total cairan yang masuk kedalam tubuh. Hal ini sering salah mempersepsikan hal ini, yang disebut 2 liter kadang disamakan dengan delapan gelas air minum. Padahal itu adalah total cairan yang harus masuk kedalam tubuh.

Sumber air baku memegang peranan yang sangat penting dalam industri air minum. Air baku atau *raw water* merupakan awal dari suatu proses dalam penyediaan dan pengolahan air bersih. Sekarang apa yang disebut dengan air baku. Berdasar SNI 6773/2008 tentang Spesifikasi unit paket instalasi pengolahan air dan SNI 6774/2008 tentang tata cara perencanaan unit paket instalasi pengolahan air pada bagian istilah dan definisi yang disebut dengan air baku adalah air yang berasal dari sumber air permukaan, cekungan air tanah dan atau air hujan yang memenuhi ketentuan baku mutu tertentu sebagai air baku untuk air minum sumber air baku bisa berasal dari sungai, danau, sumur air dalam, mata air dan bisa

juga dibuat dengan cara membendung air buangan atau bahkan air laut. Dalam melakukan evaluasi dan pemilihan sumber air yang layak harus berdasar dari ketentuan berikut.

- a. Kualitas dan kuantitas air yang diperlukan
- b. Kondisi iklim
- c. Tingkat kesulitan pada pembangunan *intake*
- d. Tingkat keselamatan operator
- e. Ketersediaan biaya minimum operasional dan pemeliharaan untuk IPA (Instalasi Pengolahan Air)
- f. Kemungkinan terkontaminasinya sumber air pada masa yang akan datang
- g. Kemungkinan untuk memperbesar *intake* pada masa yang akan datang

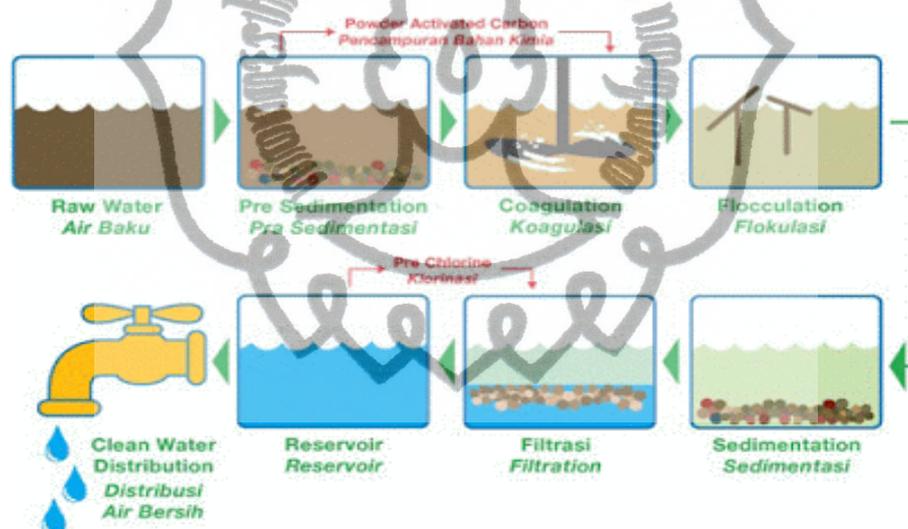
Dalam jumlah yang kecil, air bawah tanah, termasuk air yang dikumpulkan dengan cara rembesan, bisa dipertimbangkan sebagai sebuah sumber air. Kualitas air bawah tanah secara umum sangat baik bagi air permukaan dan di beberapa tempat yang memiliki musim dingin bisa memanfaatkan salju sebagai sumber air. Hal ini bisa menghemat biaya operasional dan pemeliharaan karena secara umum kualitas air bawah tanah sangat baik sebagai air baku. Khusus untuk air bawah tanah yang diambil dengan cara pengeboran tentunya melalui perijinan. Hal ini untuk mencegah terjadinya eksploitasi secara besar besaran. Akibat dari ekplotasi secara besar besaran bisa mengakibatkan kekosongan air dibawah tanah karena tidak seimbangnya antara air yang masuk dengan air yang diambil, sehingga menyebabkan pondasi bangunan yang berada di atasnya bisa turun atau *settlement* seperti yang terjadi di beberapa gedung tinggi di Jakarta, juga bisa mengakibatkan intrusi air laut yang masuk merembes menggantikan air tanah tersebut, akibatnya air menjadi asin dan tidak layak pakai seperti di wilayah utara Jakarta. Disebutkan diatas bahwa tidak semua air baku bisa diolah, oleh karena itu dibuatlah ketentuan sebagai standar kualitas air baku yang bisa diolah. Dalam SNI 6773/2008 bagian Persyaratan Teknis kualitas air baku yang bisa diolah oleh Instalasi Pengolahan Air Minum (IPA) adalah berikut.

- a. Kekeruhan, maximum 600 NTU (*Nephelometric Turbidity Unit*) atau 400 adsorpsi SiO<sub>2</sub>
- b. Kandungan warna asli (*appear entrance colour*) tidak melebihi dari 100 Pt Co dan warna sementara mengikuti kekeruhan air baku.
- c. Unsur-unsur lainnya memenuhi syarat baku air baku sesuai PP No. 82 tahun 2000 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.
- d. Air sungai daerah tertentu mempunyai kandungan warna, besi dan atau bahan organik melebihi syarat tersebut diatas tetapi kekeruhan rendah (<50 NTU) maka digunakan

Instalasi Pengolahan Air Minum IPA system DAF (*Dissolved Air Flotation*) atau sistem lainnya yang dapat dipertanggungjawabkan.

## 9. Proses Pengolahan air baku menjadi air bersih di PDAM

PDAM merupakan perusahaan milik daerah yang bergerak di bidang pengolahan dan pendistribusian air bersih/air minum bagi masyarakat di lingkup pemerintah daerah. Beberapa fasilitas yang dimiliki dalam pemrosesan air bersih secara umum terdiri dari *intake*, menara air, *clarifier*, *pulsator*, *filter*, dan *reservoir*. Semua peralatan-peralatan tadi dapat dioperasikan melalui sistem instalasi pengolahan air secara manual atau secara otomatis. Selain berbagai macam peralatan, PDAM juga menggunakan bahan kimia seperti kaporit dan tawas dalam proses pengolahan air bersih. Air yang diproduksi dipantau kualitasnya oleh laboratorium, sehingga air yang dihasilkan selalu memenuhi standar kesehatan air bersih sesuai pada **Gambar 1** (PDAM Tirta Tarum Karawang, 2020).



**Gambar 1. Proses Pengolahan Air di PDAM**

Pada Gambar 1 adalah proses lengkap pengolahan terjadi beberapa tahap proses penjernihan air baku menjadi air bersih, diantaranya adalah berikut.

### a. *Intake*

*Intake* merupakan bangunan yang berfungsi untuk menangkap air dari badan air (sungai) atau air permukaan sesuai dengan debit yang diperlukan bagi pengolahan air bersih.

### b. Menara air baku

*commit to user*

Menara air baku berfungsi mengontrol dan mengatur laju alir dan tinggi permukaan air baku agar tetap konstan, sehingga proses pengolahan berupa pembubuhan bahan kimia, koagulasi, pengendapan, dan penyaringan dapat berjalan dengan baik serta maksimal.

c. *Clarifier*

*Clarifier* sebagai tempat terjadinya koagulasi. *Clarifier* air dibersihkan dari kotoran-kotoran dengan cara mengendapkan kotoran-kotoran yang terdapat didalam air tersebut pada lamina yang berupa jaring-jaring besi pada bagian bawah *Clarifier*. Kotoran-kotoran yang mengendap akan dibuang melalui pipa saluran pembuangan (*wash out*).

d. *Rapid mixing* (bangunan pengaduk cepat)

Bangunan pengaduk cepat berfungsi sebagai tempat pencampuran koagulan dengan air baku sehingga terjadi proses koagulasi.

e. *Slow mixing* (bangunan pengaduk lambat)

Proses pengadukan lambat (*slow mixing*) terjadi pada pulsator di sini flok-flok yang lebih besar akan terbentuk dan stabil, sehingga akan lebih mudah untuk diendapkan dan disaring. Cara kerja pulsator yaitu dengan sistem ruang hampa bekerja dengan menaikkan dan menurunkan air, sehingga flok-flok yang ada dapat bercampur. Lumpur dari endapan partikel flokulan dibuang setiap 15 menit sekali. Setelah mengalami proses pada pulsator, diharapkan tingkat kekeruhan air mencapai 1 NTU yang selanjutnya akan diproses di filter.

f. Bangunan filtrasi

Bangunan filtrasi yang berfungsi sebagai tempat proses penyaringan butir-butir yang tidak ikut terendap pada bak sedimentasi dan juga berfungsi sebagai penyaring mikroorganisme atau bakteri yang ikut larut dalam air. Bangunan filtrasi biasanya menggunakan pasir silika yang berwarna hitam setebal 80 cm dan juga kerikil. Pasir ini digunakan karena lebih berat dan lebih menempel flok-floknya.

g. *Reservoir*

Bangunan reservoir merupakan bangunan tempat penampungan air bersih yang telah diolah sebelum didistribusikan ke rumah-rumah pelanggan. Bangunan *reservoir* ditunjukkan pada **Gambar 2**.



**Gambar 2. Bangunan Reservoir Air**

Proses pengolahannya, dibagi menjadi beberapa tahap yakni sebagai berikut.

1) Penyaringan dan Pengendapan

Penyaringan dan pengendapan bertujuan untuk memisahkan air baku dari zat-zat, seperti sampah, daun, rumput, pasir dan lain-lain berdasarkan berat jenis zat.

2) Koagulasi

Koagulasi adalah proses pembubuhan bahan kimia  $Al_2(SO_4)_3$  (Tawas) kedalam air agar kotoran dalam air yang berupa padatan resuspensi misalnya zat warna organik, lumpur halus, bakteri dan lain-lain dapat menggumpal dan cepat mengendap.

3) Flokulasi

Flokulasi adalah proses pembentukan flok sebagai akibat gabungan dari koloid-koloid dalam air baku (air sungai) dengan koagulan tawas. Pembentukan flok akan terjadi dengan baik jika di tambahkan koagulan kedalam air baku (air sungai) kemudian dilakukan pengadukan lambat.

4) Sedimentasi

Setelah proses koagulasi dan flokulasi, air tersebut dibiarkan sampai gumpalan kotoran yang terjadi mengendap semua. Setelah kotoran mengendap air akan tampak lebih jernih.

5) Filtrasi

Pada proses pengendapan tidak semua gumpalan kotoran dapat diendapkan semua. Butiran gumpalan kotoran dengan ukuran yang besar dan berat akan

mengendap, sedangkan yang berukuran kecil dan ringan masih melayang-layang dalam air. Untuk mendapatkan air yang betul-betul jernih harus dilakukan proses penyaringan. Penyaringan dilakukan dengan mengalirkan air yang telah diendapkan kotorannya ke bak penyaring yang terdiri dari saringan pasir silika.

#### 6) Desinfeksi

Pemberian desinfektan (gas khlorin) pada air hasil penyaringan bertujuan agar dapat mereduksi konsentrasi bakteri secara umum dan menghilangkan bakteri patogen (bakteri penyebab penyakit).

### 10. Material Adsorben Penjernihan Sungai Citarum

Adsorpsi dapat didefinisikan sebagai proses pemisahan dimana komponen tertentu dari suatu fasa fluida berpindah ke permukaan zat padat yang menjerap atau adsorben. Adsorpsi yang terjadi pada permukaan zat padat disebabkan oleh adanya gaya tarik atom atau molekul pada permukaan zat padat. Energi potensial permukaan dari molekul turun dengan mendekatnya molekul ke permukaan. Molekul teradsorpsi dapat dianggap membentuk fasa dua dimensi dan biasanya terkonsentrasi pada permukaan atau antar muka (Santosa *et al.*, 2014). Material adsorben dalam penelitian ini terdiri dari pasir kuarsa, zeolit, tanah andisol dan karbon aktif.

#### a. Pasir Kuarsa

Indonesia memiliki potensial sumber daya alam bahan baku pembuatan silika murni yaitu pasir kuarsa yang melimpah dan tersebar di Indonesia. Pasir kuarsa yang ada di Indonesia tersebar merata dengan kualitas dan ciri khas yang berbeda tergantung kondisi daerah tersebut. Salah satu jenis pasir kuarsa yaitu pasir kuarsa silika dengan kadar  $\text{SiO}_2$  diatas 97% dengan pengotor alumina dan besi yang rendah. Pasir kuarsa jenis ini sangat cocok untuk dikembangkan sebagai bahan baku gelas, presipitat dan pembuatan silikon (Sulistiyono, 2004). Pasir kuarsa yang juga dikenal dengan nama pasir putih merupakan hasil pelapukan batuan yang mengandung mineral utama, seperti kuarsa dan feldspar. Hasil pelapukan kemudian tercuci dan terbawa oleh air atau angin yang diendapkan di tepi-tepi sungai, danau atau laut. Silika tidak reaktif terhadap hidrogen, khlorin, bromin, kebanyakan asam dan senyawa-senyawa besi pada temperatur kamar. Silika direduksi oleh karbon dan sejumlah logam yang bereaksi dengan oksida dasar, karbonat dan sebagainya pada temperatur tinggi untuk menghasilkan silika. Pada umumnya, senyawa pengotor tersebut terdiri atas oksida besi, oksida kalsium, oksida alkali, oksida magnesium, lempung dan zat organik hasil pelapukan sisa-sisa hewan serta tumbuhan (Fairus *et al.*, 2009). Silika amorf non-kristalin

dihasilkan dengan cara pendinginan lelehan silika atau pemanasan silika sampai titik pelunakannya di bawah temperatur fusi sedangkan kristal silika, terutama kuarsa dibuat dengan metode kristalisasi larutan silika dalam natrium silikat atau natrium karbonat pada temperatur yang lebih tinggi untuk menghasilkan kristal kuarsa. Secara alami silika berbentuk amorf dan akan tetap bentuknya apabila dibakar pada suhu 500-600 °C. Di atas suhu 600-720 °C silika berbentuk kristal dan bila terbakar pada suhu 800-900 °C akan berbentuk kuarsa. (Fairus *et al.*, 2009).

Sifat kimia dari pasir kuarsa ( $\text{SiO}_2$ ) dapat diketahui menggunakan XRD dapat menentukan struktur dan pengenalan bahan berhablur seperti pasir kuarsa (Iriansyah, 2011) Pasir kuarsa digunakan sebagai adsorben terutama untuk mengikat logam-logam berat terutama mengatasi masalah pencemaran lingkungan. Pada penelitian ini dikaji studi adsorpsi vanadium dan nikel yang merupakan logam-logam transisi melalui interaksi dengan pasir kuarsa sebagai adsorben.

Pasir kuarsa merupakan hasil alam yang melimpah di Indonesia. Data dari berbagai sumber, menjelaskan bahwa pasir kuarsa memiliki kandungan silika sekitar 55,3-99,7% (Fairus *et al.*, 2009). Oleh karena itu silika dari pasir kuarsa dapat dimanfaatkan sebagai sumber utama bahan pembuat silika aktivasi, yang selanjutnya diaplikasikan untuk menurunkan kadar air yang mengandung logam dalam air. Kemampuan media saring pasir silika dan karbon aktif untuk menurunkan kadar BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) dan COD (*Chemical Oxygen Demand*) yaitu penurunan kadar BOD menggunakan saringan pasir silika dan karbon aktif terjadi penurunan kadar BOD dari rata-rata 43,10 adsorpsi menjadi 25, dengan persentase penurunan yaitu 39,97%. Penurunan kadar COD menggunakan saringan pasir silika dan karbon aktif terjadi penurunan kadar COD dari rata-rata 66,30 adsorpsi menjadi 38,99 adsorpsi (Ronny, *et al.*, 2018).

## b. Zeolit

Zeolit berasal dari kata zein yang berarti mendidih dan lithos yang berarti batuan. Mineral Zeolit ini mempunyai sifat mendidih atau mengembang jika dipanaskan. Zeolit merupakan mineral alam yang terjadi secara kimiawi yang termasuk golongan mineral silika dan dinyatakan dengan alumina silika terhidrasi, berbentuk halus, dan merupakan hasil produk sekunder yang stabil pada kondisi permukaan karena berasal dari proses sedimentasi, pelapukan maupun proses aktivitas hidrotermal (Sutarti, 1994).

Zeolit adalah mineral kristal alumina silika tetrahedral  $[\text{SiO}_4]^{4-}$  dan  $[\text{AlO}_4]^{5-}$  yang saling terhubung oleh atom-atom oksigen sedemikian rupa, sehingga membentuk kerangka tiga

dimensi terbuka yang mengandung kanal-kanal dan rongga-rongga. Kanal-kanal dan rongga rongga tersebut terisi oleh ion-ion logam, biasanya adalah logam-logam alkali atau alkali tanah dan molekul air yang dapat bergerak bebas. Bentuk kristal zeolit yang teratur dengan rongga yang saling berhubungan ke segala arah menyebabkan permukaan zeolit menjadi sangat luas sehingga baik bila digunakan sebagai adsorben (Arneli *et al.*, 1999).

Menurut penelitian Hadinta Sisyanreswari dkk. (2013) dengan judul penelitian penurunan TSS, COD dan fosfat pada limbah laundry menggunakan koagulasi tawas dan media zeolit, diperoleh hasil cukup efektif dengan persentase penurunan COD 85,51%.

Struktur zeolit sendiri memiliki rumus umum  $M_{x/n} [Al_xSi_yO_{2(x+y)}] \cdot pH_2O$ , dimana  $M$  merupakan kation alkali atau alkali tanah,  $n$  adalah jumlah valensi kation,  $p$  merupakan banyak molekul air per satuan unit sel,  $x$  dan  $y$  adalah angka total tetrahedral per satuan unit sel, dan nisbah  $y/x$  umumnya bernilai 1 sampai 6. Bentuk kerangka zeolit merupakan tetrahedron yang pusat atomnya ditempati oleh silikon atau aluminium, dengan empat atom oksigen yang mengelilingi kerangka tersebut. Kerangka zeolit yang berongga dapat diisi oleh kation pada molekul air (Wang *et al.*, 2010). Beberapa fungsi zeolit dan sifatnya diantaranya sebagai berikut (Smart, 2005).

#### 1). Dehidrasi

Dehidrasi adalah proses yang bertujuan melepaskan molekul-molekul air dari kisi kristal sehingga terbentuk rongga dengan permukaan yang besar dan tidak terlindungi oleh sesuatu yang berpengaruh terhadap proses adsorpsi. Proses dehidrasi mempunyai fungsi utama melepas molekul air dari kerangka zeolit sehingga dapat meningkatkan keefektifan zeolit.

#### 2). Adsorpsi

Pada keadaan normal, ruang hampa kristal zeolit masih terisi air bebas yang berada di sekitar kation. Bila zeolit dipanaskan pada suhu 300°-400°C air tersebut akan keluar pada pori-pori zeolit sehingga zeolit dapat berfungsi sebagai penyerap gas atau cairan. Dehidrasi menyebabkan zeolit mempunyai luas permukaan internal yang luas dan struktur pori yang terbuka sehingga mampu mengadsorpsi sejumlah besar substansi selain air, Zeolit mampu memisahkan molekul zat berdasarkan ukuran molekul dan kepolarannya.

#### 3). Penukar Ion

Penukar ion di dalam zeolit adalah proses dimana ion asli dalam intra kristalin diganti oleh kation lain dalam larutan. Zeolit memiliki struktur tiga dimensi yang terdiri atas tetrahedral  $SiO_2$  dan  $AlO_2^-$ . Trivalen ion  $Al^{3+}$  dalam posisi tetrahedralnya membuat

adanya penambahan muatan listrik, biasanya menggunakan ion  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ , atau  $\text{Ca}^{2+}$ . Dalam struktur rangka zeolit. Kation-kation tersebut tidak terlihat pada posisi yang tepat, tapi dapat bergerak bebas dalam rangka zeolit dan bertindak sebagai “*Counter ion*” yang dapat dipertukarkan dengan kation-kation lain.

#### 4). Katalisator

Zeolit merupakan katalisator yang baik karena pada pori pori zeolit memiliki permukaan yang luas dan besar dan juga memiliki sisi aktif. Dengan adanya rongga intrakristalin. Zeolit dapat digunakan sebagai katalis. Reaksi katalis dipengaruhi ukuran mulut rongga dan sistem alur. Karena reaksi ini tergantung pada difusi pereaksi dan hasil reaksi.

#### c. Tanah Andisol

Andisol adalah tanah yang berkembang bahan vulkanik seperti abu vulkanik, batu apung, silinder, larva dan sebagainya, dan atau bahan *volcaniclastic* yang friksi koloidnya didominasi oleh mineral “*short range order*” (alofan, imogolit, ferihidrit) atau kompleks Al-humus. Dalam keadaan lingkungan tertentu, pelapukan alumino silikat primer dalam bahan induk non vulkanik dapat menghasilkan “*short range order*” (Harjowigeno, 1993) Andisol cenderung menjadi tanah yang cukup produktif, terutama diberi masukan amelioran (seperti pupuk anorganik).

Andisol di pulau jawa terdapat di daerah lereng pada ketinggian 700- 1.500 meter diatas permukaan laut, dengan kondisi agak dingin dan lebih basah dari pada di dataran rendah. Pada tempat yang tinggi, keadaan iklim kurang cocok untuk terjadinya kristalisasi mineral, oleh karena itu andisol banyak di jumpai tanah andisol dan bahan-bahan amorf. Curah hujan tahunan bervariasi dari 2000-7000 mm, temperatur tahunan bervariasi antara  $18^{\circ}\text{C}$ - $21^{\circ}\text{C}$  (Munir, 1996).

Proses pembentukan tanah yang utama pada tanah andisol adalah proses pelapukan dan transformasi (perubahan bentuk). Proses pemindahan bahan (translokasi) dan penimbunan bahan-bahan tersebut didalam solum sangat sedikit. Akumulasi bahan organik dan terjadinya kompleks bahan organik dengan Al merupakan sifat khas pada beberapa Andisol (Harjowigeno, 1993).

Tanah andisol merupakan tanah abu vulkanik yang banyak dijumpai pada daerah dengan ketinggian sekitar 700-1500 m di atas permukaan laut dan bekas gunung berapi

(Widjonarko *et al.*, 2003). Tanah andisol mempunyai sifat-sifat yang khas dan diasumsikan bahwa sifat-sifat tersebut berkaitan erat dengan tingginya kandungan tanah andisol. Tanah andisol tidak hanya memiliki sifat kandungan bahan organik tinggi, berat jenis rendah, daya menahan air tinggi, total porositas yang tinggi, tanah ini bersifat gembur konsistensinya, kurang plastis dan tidak lengket (Tan, 1984). Apabila basah, tanah ini bersifat menyemir (*smearly*) dan mengeluarkan air apabila dipilin di antara jari-jari tangan. Sifat fisika tanah andisol berubah dengan adanya perubahan kandungan airnya. Apabila kering, tanah andisol akan sulit untuk menyerap air kembali dan akan menghasilkan gumpalan-gumpalan hitam sehingga kurang terdispersi dalam air (Druif, 1939 dalam Tan, 1984). Beberapa penelitian menunjukkan bahwa tanah andisol mempunyai luas permukaan tinggi dengan gugus-gugus fungsional aktif yang bersifat amfoter sehingga mampu menyerap adsorbat baik kation maupun anion (Siewe *et al.*, 2015). Tanah andisol Gunung Lawu yang mengandung tanah andisol mampu menyerap logam Fe sebesar 0,56 mg/g dan logam Cd sebesar 0,30 mg/g (Kusumastuti, 2014).

Identifikasi awal tanah andisol untuk mengetahui adanya mineral alofan yaitu melalui pengukuran pH dengan larutan NaF. Berdasarkan buku *Soil Taxonomy* (1990) dalam Widjonarko *et al.* (2003) menyebutkan jika nilai pH tanah lebih besar dari 9,4 menunjukkan bahwa terdapat kandungan alofan yang cukup tinggi dalam tanah. Uji NaF digunakan untuk pengujian kandungan alofan dalam tanah karena anion  $F^-$  paling kuat menyerap alofan dibandingkan anion yang lain sehingga dapat merusak alofan. Larutan NaF dapat memberikan reaksi yang cepat ketika ditambahkan ke dalam alofan, ion  $F^-$  dapat bereaksi dengan Al dan memecah struktur sehingga ion  $OH^-$  terlepas sehingga akan diperoleh pH basa (Parfit and Henmi, 1980).

Adsorben Tanah Andisol ini efektif dalam menurunkan angka MPN *Coliform* yang ditunjukkan dari hasil uji *paired samples t-test* masing-masing dengan nilai  $p=0,000$  (Rois *et al.* 2018). Mekanisme alofan untuk dapat mengadsorpsi dan menghambat pertumbuhan bakteri *Coliform* antara lain karena *Coliform* merupakan bakteri gram negatif dengan bentuk koloni berupa *basillus* (batang), berukuran  $2,4\mu \times 0,4$  sampai  $0,7\mu$  (Jawetz *et al.*, 1986).

Tanah Andisol mempunyai diameter ruang kosong atau pori-pori sebesar 5 nm dengan lubang/pori ukuran 0,5 nm. Pada pH rendah (4-5) lubang/pori bermuatan positif ( $\geq Al-OH_2^+$ ), sebaliknya pada pH tinggi (6-9) alofan bermuatan negatif ( $\geq Al-O^-$ ) pada lubang dinding bola berongga dan ( $Si-O^-$ ) pada permukaan (Tan, 1991 dan Sutanto,

2005). Muatan negatif alofan akan bertambah seiring meningkatnya pH. Kondisi alofan dengan pH mencapai 11,73 (Pranoto, 2013) merupakan kondisi yang tidak baik bagi bakteri *Coliform*. Selain bakteri *Coliform*, alofan akan menjerap logam berat yang terkandung dalam limbah cair domestik (Lora dkk., 2015 dan Pujiyanti dkk., 2017). Adanya proses pengolahan dengan metode RBC di IPAL dusun Sukunan membantu proses adsorpsi bakteri *Coliform*.

Darmawijaya (1990) menerangkan sifat umum tanah andisol sebagai berikut.

1. Ciri morfologi/horizon A1 yang tebal berwarna kelam, coklat sampai hitam, sangat porous, sangat gembur, tidak liat (*non-plastic*) tidak lekat (*non-sticky*), struktur remah atau granular, terasa berminyak (*smearly*) karena mengandung bahan organik antara 8%-30% dengan pH 4,5-6,0 beralih tegas ke Horizon B2 berwarna kuning sampai coklat, tekstur sedang struktur gumpal dengan granulasi yang tidak pulih (*irreversible granulation*), mengandung bahan organik antara 2%-8% dengan kapasitas pengikatan air tinggi, terasa seperti sabun (*soapy*) jika diremas, atau beralih tegas langsung ke Horizon C berbentuk batang gipsit dari oksida Al atau Fe dengan *amorf* terdiri atas plasma atau *porous* isotropik.
2. Sifat minerologi/fraksi debu dan pasir berupa gas vulkanik, dengan mineral fitomagnesium, dan fraksi lempung sebagian besar tanah andisol berkembang mengandung juga *halysit*.
3. Sifat kimia/kejenuhan basa rendah, dengan kapasitas penukaran anion tinggi mengandung C dan N tinggi tetapi nisbah C/N (C/N ratio) rendah, kadar P rendah karena terfiksasi kuat, sukar mengalami peptisasi, berat jenis kurang dari 0,85 dan pada kapasitas lapang kelengasan tanah lebih lebih dari 15%.

Penelitian pemanfaatan tanah andisol sebelumnya telah dilakukan oleh Pranoto, *et al.*, (2018) yaitu menggunakan lempung dan tanah andisol aktif untuk menjerap logam Cu(II) untuk limbah cair kerajinan logam. Hasil menunjukkan kondisi terbaik adsorpsi ion logam Cu(II) terjadi pada pH larutan tembaga 6, komposisi kombinasi lempung Bekonang dan tanah andisol aktif 25/75 (b/b), suhu kalsinasi 400°C, dan waktu kontak 30 menit dengan kapasitas adsorpsi sebesar 0,37mg/g. Isotherm adsorpsinya mengikuti isotherm Langmuir dan Freundlich. Kapasitas adsorpsi adsorben dalam limbah cair kerajinan logam yaitu adalah 17,38 mg/g. Kombinasi serat aren dan tanah andisol juga diteliti. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi serat aren dan tanah andisol optimum pada pH 5 dengan suhu 100 °C dan waktu kontak optimum 45 menit. Komposisi serat aren dan tanah andisol optimum

pada perbandingan 3/1, jenis isotherm adsorpsi yang terjadi antara komposisi serat aren dan tanah andisol merupakan isotherm Freundlich (Pranoto., *et al.*, 2018). Penelitian tentang kombinasi tanah andisol dan zeolit untuk adsorpsi ion logam Cr(VI) telah dilakukan oleh (Pranoto, *et al.*, 2018) dan hasil penelitian tersebut menunjukkan variasi kombinasi yang optimum antara tanah andisol dan zeolit pada perbandingan 50/50 dengan presentase teradsorpsi ion logam Cr(VI) 76,10%, pH 4 merupakan pH optimum dan suhu kalsinasi optimum sebesar 100°C.

#### d. Karbon Aktif

Karbon aktif adalah sejenis adsorben (penjerap). Berwarna hitam, berbentuk granular, bulat, pelet atau bubuk. Karbon aktif dipakai dalam proses *recovery* suatu logam dari biji logamnya, dan juga dipakai sebagai *support* katalis. Selain itu, karbon aktif juga dipakai dalam *safety mask* dan respirator, seragam militer, *adsorbent foams*, industri nuklir, *electroplating solutions*/ deklorinasi, penjerap rasa dan bau dari air, aquarium, *cigarette filter*, serta penghilangan senyawa-senyawa organik dalam air. Karbon aktif memiliki kemampuan menjerap (adsorpsi) zat-zat yang terkandung dalam air dan udara. Dengan demikian, arang aktif ini sangat efektif dalam menjerap zat terlarut dalam air, baik organik maupun anorganik. Oleh karena itu, karbon aktif sangat efektif digunakan untuk media pengolahan air minum (Kusnaedi, 2002).

Karbon aktif (bubuk atau butiran) memiliki efektivitas adsorpsi sangat baik karena Luas permukaan karbon aktif berkisar 3000-3500 mg/g dan ini berhubungan dengan struktur pori internal yang menyebabkan arang aktif dapat menjerap gas-gas dan dapat mengurangi zat-zat dari liquida (Kirkand Othmer, 1992). Semakin luas permukaan pori-pori maka semakin tinggi daya jerapnya. Daya jerap arang aktif sangat besar yaitu 25-100% terhadap berat arang aktif (Sembiring dan Sinaga, 2003).

Karbon aktif dapat dibuat dari tempurung kelapa (Suhartana, 2006, Budiono dkk., 2009, Verlina *et al.*, 2015), kulit biji kopi (Purnomo, 2010), tongkol jagung (Suhendra dan Gunawan, 2010), ampas penggilingan tebu (Suhendarwati *et al.*, 2013), sekam padi (Rahman dkk., 2012/ Dargo *et al.*, 2014), serbuk gergaji (Pari *et al.*, 2000), kayu keras (Sudrajat, 1993), batu bara (Saragih, 2008), dan tempurung kemiri (Suhadak, 2005).

Karbon aktif memiliki peran dalam menurunkan TSS, BOD dan COD (Pranoto. *et al.*, 2018). Tatra (2014), Wardhani, *et al.* (2011), Kurniasari *et al.* (2012), Devi *et al.* (2012), Ayub dan Khorasgani (2014) dan Itodo *et al.* (2018) melakukan penelitian mengenai pengolahan air limbah penyamakan kulit menggunakan karbon aktif. Pada

penelitian Wardhani *et al.* (2011), karbon aktif memiliki efisiensi 77% untuk menurunkan TSS, 94,06%, untuk menurunkan BOD dan 98% untuk menurunkan COD. Jika dibandingkan dengan penelitian lainnya, sistem kolom dengan ijuk dan karbon aktif selama 48 jam memiliki efektivitas yang lebih rendah yaitu 72,13% untuk TSS, 76,58% untuk BOD dan 76,49% untuk COD. Perbedaan efektivitas disebabkan oleh perbedaan beban pencemaran air limbah yang diolah dalam penelitian.

Karbon aktif biasanya dibuat dari *petroleum coke*, serbuk gergaji, lignit, batu bara, *peat*, kayu, tempurung kelapa, dan bijih buah-buahan. Bahan Tersebut ada kalanya dapat langsung diproses sebagai karbon aktif dan ada pula yang melalui proses aktivasi. Ada dua tahap utama proses pembuatan karbon aktif yakni proses karbonasi dan proses aktivasi. Secara umum proses karbonisasi sempurna adalah pemanasan bahan baku tanpa adanya udara sampai temperatur yang cukup tinggi untuk mengeringkan dan menguapkan senyawa dalam karbon. Pada proses ini terjadi dekomposisi termal dari bahan yang mengandung karbon, dan menghilangkan spesies non karbonnya.

Proses aktivasi bertujuan untuk meningkatkan volume dan ukuran diameter pori setelah mengalami proses karbonisasi serta meningkatkan penjerapan. Pada umumnya karbon aktif dapat di aktivasi dengan tiga cara, yaitu dengan cara aktivasi kimia, fisika dan dehidrasi. Aktivasi kimia, arang hasil karbonisasi direndam dalam larutan aktivasi sebelum dipanaskan. Waktu perendaman selama 24 jam, lalu ditiriskan dan dipanaskan pada suhu 600-900<sup>0</sup>C selama 1-2 jam. Bahan-bahan kimia yang digunakan seperti hidroksida logam alkali garam-garam karbonat, klorida, sulfat, fosfat dari logam alkali tanah dan asam-asam anorganik seperti larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dan H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>. Aktivasi fisika, prosesnya menggunakan gas aktivasi misalnya uap air atau gas CO<sub>2</sub> yang dialirkan pada arang hasil karbonisasi. Proses ini biasanya berlangsung pada temperatur 800<sup>0</sup>-1100<sup>0</sup>C (Kusnaedi, 2002).

Metode filtrasi dan adsorpsi dapat diterapkan pada pengolahan limbah cair laboratorium kimia, ditandai dengan persentase penurunan kadar BOD, COD, dan TSS yaitu kadar BOD 67,41% , COD 85% , dan TSS 94,99%. Efisiensi alat pengolahan limbah cair dengan metode filtrasi dan adsorpsi pada kecepatan alir 90 L m<sup>2</sup> hari<sup>-1</sup> dapat menurunkan kadar BOD, COD, dan TSS limbah cair laboratorium kimia berturut-turut adalah 64,12%, 80,78%, 85,35%. Penelitian Sulianto, *et al.* (2019) dengan susunan media filter kedua yaitu ijuk, pasir, kerikil, arang dan zeolit memiliki hasil sebesar 15,75% untuk BOD, TSS sebesar 39,64%, COD sebesar 15,44% Fosfat sebesar 31,04% dan kekeruhan sebesar 41,67%.

e. **Alofan**

Alofan adalah mineral aluminosilikat seperti lempung yang terdapat di dalam andisol. Aluminosilikat non-kristal dan logam oksida Fe di dalam tanah merupakan mineral penting dalam banyak reaksi tanah karena mempunyai daerah permukaan yang khas yang luas dan mempunyai banyak gugus fungsional aktif (Jara, 2005). Alofan merupakan senyawa mineral yang banyak terdapat di alam bebas, terletak di alam di wilayah datar sampai bergunung dengan ketinggian 0-3000 mdpl serta terbentuk di bawah pengaruh iklim tropika basah. Alofan banyak ditemukan pada tanah-tanah abu vulkanik dan di Indonesia banyak dijumpai di Jawa, Sumatera, Bali dan Nusa Tenggara Barat (Pranoto dkk., 2013). Namun alofan alam perlu diaktivasi dahulu agar dapat dimanfaatkan secara optimal. Peningkatan efektivitas penyerapan pada adsorben dapat dilakukan dengan aktivasi. Aktivasi dilakukan dengan tujuan untuk meningkatkan luas permukaan spesifik pori dan situs aktifnya (Widihati, 2008). Widjonarko (2003) telah melakukan aktivasi kimia pada alofan dengan aktivator asam  $H_2SO_4$  dan basa NaOH yang digunakan sebagai adsorben ion logam Cu dalam limbah cair industri kerajinan tembaga di Cepogo. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa aktivasi secara kimia terhadap alofan dengan menggunakan NaOH lebih efektif dibandingkan dengan menggunakan  $H_2SO_4$ . Adanya aktivasi pada alofan menyebabkan terjadinya peningkatan keasaman dan luas permukaan, karena terjadi pelarutan senyawa pengotor yang menyumbat permukaan atau pori-pori pada alofan sehingga dapat meningkatkan kemampuan adsorpsi logam berat hasil industri.

Sifat alofan lainnya adalah mempunyai porositas dan permeabilitas tinggi, memiliki daya serap dan kapasitas pertukaran kation yang tinggi, yaitu antara 20-50 meq per 100 gr. Berdasarkan sifat fisika kimianya, alofan tersusun dari atom Si dan Al serta mengandung logam Na, K, Ca, Fe dan mineral-mineral lainnya sehingga memungkinkan terjadinya pertukaran ion logam dan penyerapan terhadap ion logam. Ukuran partikel alofan yang berbeda-beda berpengaruh terhadap kemampuan adsorpsinya. Sifat alofan yang stabil dalam pemanasan pada suhu tinggi menguntungkan dalam penggunaannya. Oleh karena itu alofan dapat digunakan sebagai salah satu alternatif sebagai adsorben dalam penurunan kadar logam dalam air sungai (Kitagawa, 1971 dalam Munir, 1991 ; Tan, 1991). Untuk meningkatkan daya serap alofan telah dilakukan aktivasi dengan perlakuan asam dan basa, yaitu dengan perendaman dengan  $H_2SO_4$  atau NaOH. Widjonarko dkk.(2003) dan Pranoto dkk.(2013) telah membuktikan bahwa tanah andisol

yang diaktivasi dengan NaOH secara fisika lebih mampu mengadsorpsi logam Cr, Fe, Pb, Mn, Cd dan Cu dibanding aktivasi dengan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Proses adsorpsi berlangsung melalui pertukaran ion dan adsorpsi serta terjadinya persaingan antara ion logam oleh alofan.

## 11. Adsorpsi

Adsorpsi adalah akumulasi suatu zat pada antar muka (*interface*) diantara dua fase. Secara umum juga didefinisikan sebagai akumulasi sejumlah molekul, ion, atau atom yang terjadi pada batas antara dua fase, jadi adsorpsi ini merupakan fenomena yang dapat terjadi karena gaya-gaya yang tidak seimbang pada batas antara permukaan dua fase yang menyebabkan perubahan konsentrasi molekul, ion, atau atom pada antarfase tersebut (Santosa *et al.*, 2014).

Zat yang dijerap disebut *adsorbat/solute* dan zat yang menjerap disebut adsorben. Banyak zat dipakai sebagai adsorben untuk menjerap zat pengotor dalam cairan. Adsorben yang umum dipakai secara komersial misalnya, silika gel, alumina, molekul-molekul penyaring dan karbon aktif. Adsorben adalah bahan-bahan yang sangat berpori, dan adsorpsi berlangsung terutama pada dinding pori atau pada letak-letak tertentu di dalam partikel itu. Pemisahan terjadi karena perbedaan bobot molekul atau karena perbedaan polaritas yang menyebabkan sebagian molekul melekat pada permukaan itu menjadi lebih erat daripada molekul-molekul lainnya. Efektivitas adsorpsi sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain konsentrasi awal larutan, luas permukaan adsorben, temperatur, ukuran partikel, pH, dan waktu kontak (Cheremisinof, 2000).

Menurut Asmadi dan Suharno (2012), jenis adsorpsi adalah adsorpsi kimia (*kemisorpsi*) dan adsorpsi fisika (*fisorpsi*), yaitu sebagai berikut.

### a. Adsorpsi kimia (*kemisorpsi*)

Adsorpsi kimia terjadi karena adanya gaya-gaya kimia dan diikuti oleh reaksi kimia. Pada adsorpsi kimia hanya satu lapisan gaya yang terjadi. Besarnya energi adsorpsi kimia  $\pm 100$  kJ/mol. Adsorpsi jenis ini menyebabkan terbentuknya ikatan kimia sehingga diikuti dengan reaksi kimia, maka adsorpsi jenis ini akan menghasilkan produksi reaksi berupa senyawa yang baru. Ikatan kimia yang terjadi

pada kemisorpsi sangat kuat mengikat molekul gas atau cairan dengan permukaan padatan sehingga sangat sulit untuk dilepaskan kembali (*irreversibel*). Dengan demikian dapat diartikan bahwa pelepasan kembali molekul yang terikat di adsorben pada kemisorpsi sangat kecil (Alberty and Daniel, 1997).

b. Adsorpsi fisika (*fisisorpsi*)

Adsorpsi fisika terjadi karena adanya gaya-gaya fisika. Pada jenis adsorpsi fisika ini, terjadi beberapa lapisan gas. Besarnya energi adsorpsi fisika  $\pm 10$  kJ/mol. Molekul-molekul yang diadsorpsi secara fisika tidak terikat kuat pada permukaan, dan biasanya terjadi proses balik cepat (*reversibel*), sehingga mudah untuk diganti dengan molekul yang lain. Adsorpsi fisika didasarkan pada gaya *Van Der Waals*, dan dapat terjadi pada permukaan yang polar dan non polar. Adsorpsi juga mungkin terjadi dengan mekanisme pertukaran ion. Permukaan padatan dapat mengadsorpsi ion-ion dari larutan dengan mekanisme pertukaran ion. Oleh karena itu, ion pada gugus senyawa permukaan padatan adsorbennya dapat bertukar tempat dengan ion-ion adsorbat. Mekanisme pertukaran ini merupakan penggabungan dari mekanisme kemisorpsi dan fisisorpsi, karena adsorpsi jenis ini akan mengikat ion-ion yang diadsorpsi dengan ikatan secara kimia, tetapi ikatan ini mudah dilepaskan kembali untuk dapat terjadi pertukaran ion (Atkin, 1990).

## 12. Isotherm Adsorpsi

Isotherm adsorpsi merupakan suatu keadaan kesetimbangan, yaitu tidak ada lagi perubahan konsentrasi adsorbat baik di fase terjerap maupun pada fase gas atau cair. Isotherm adsorpsi biasanya digambarkan dalam bentuk kurva berupa plot distribusi kesetimbangan adsorbat antara fase padat dengan fase gas atau cair pada suhu konstan (Kundari dan Slamet, 2008).

a. Isotherm Langmuir

Model isotherm Langmuir diterapkan dengan asumsi bahwa seluruh permukaan penjerap mempunyai afinitas yang relatif sama atau perbedaannya tidak signifikan terhadap logam. Proses jerapan berlangsung secara kemisorpsi satu lapisan.

Pada setiap situs aktif hanya ada satu molekul yang dapat dijerap, sehingga sekali molekul terjerap menempati tempat tidak ada lagi penjerapan yang terjadi pada tempat tersebut.

Isotherm Langmuir menggambarkan bahwa pada permukaan adsorben terdapat sejumlah tertentu situs aktif yang sebanding dengan luas permukaan. Pada setiap situs aktif hanya ada satu molekul yang dapat diadsorpsi, sehingga sekali molekul adsorbat menempati tempat tidak ada lagi penyerapan yang terjadi pada tempat tersebut. Oleh karena itu, model Langmuir *valid* untuk adsorpsi monolayer pada permukaan dengan jumlah terbatas. Isotherm Langmuir biasanya digunakan untuk menggambarkan proses kemisorpsi.

Persamaan adsorpsi isotherm Langmuir dapat dituliskan sebagai berikut (Tan, 1991).

$$\frac{c}{m} = \frac{1}{bK} + \frac{c}{b} \quad \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan

C = konsentrasi ion logam dalam larutan (adsorpsi)

m = mol ion logam terjerap per 1 g adsorben

K = konstanta keseimbangan

b = ion logam maksimum terjerap oleh adsorben

#### b. Isotherm Freundlich

Isotherm Freundlich merupakan isotherm yang umumnya digunakan untuk menggambarkan karakteristik adsorpsi padatan terhadap suatu limbah. Isotherm Freundlich menyatakan bahwa penjerapan senyawa organik oleh permukaan adsorben dalam kondisi tertentu yang meliputi waktu kontak dan konsentrasi terjadi karena adanya penjerapan secara fisika. Persamaan Freundlich dapat ditulis sebagai berikut (Tan, 1991)

$$\frac{X_e}{m} = k \cdot C_e^{1/n} \quad \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan

X<sub>e</sub> = jumlah teradsorp (adsorpsi)

m = massa adsorben (gram)

$C_e$  = konsentrasi larutan pada keadaan setimbang (adsorpsi)

$k$  dan  $n$  = konstanta

### 13. Analisis Parameter Laboratorium

Adapun parameter yang terkandung pada air baku Sungai Citarum Kabupaten Karawang adalah sebagai berikut.

#### a. *Biological Oxygen Demand (BOD)*

Adalah suatu analisis empiris yang mencoba mendekati secara global proses mikrobiologis yang benar-benar terjadi dalam air. Pemeriksaan BOD diperlukan untuk menentukan beban pencemaran akibat air buangan dan untuk mendesain sistem pengolahan secara biologis. BOD sebagai ukuran jumlah oksigen terlarut yang digunakan oleh mikroorganisme untuk mengurai bahan organik yang terkandung dalam perairan (Paramita dkk., 2012). BOD menunjukkan jumlah oksigen dalam satuan ppm yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk memecahkan bahan-bahan organik yang terdapat di dalam air. Pemeriksaan BOD diperlukan untuk menentukan beban pencemaran akibat air buangan penduduk dan industri.

Penguraian zat organik adalah peristiwa alamiah, apabila suatu badan air dicemari oleh zat organik, bakteri dapat menghabiskan oksigen terlarut dalam air selama proses oksidasi tersebut yang bisa mengakibatkan kematian ikan-ikan dalam air dan dapat menimbulkan bau busuk pada air tersebut. Beberapa zat organik maupun anorganik dapat bersifat racun misalnya sianida, tembaga, dan sebagainya, sehingga harus dikurangi sampai batas yang diinginkan. Berkurangnya oksigen selama biooksidasi ini selain digunakan untuk oksidasi bahan organik, juga digunakan dalam proses sintesis sel serta oksidasi sel dari mikroorganisme. Oleh karena itu uji BOD ini tidak dapat digunakan untuk mengukur jumlah bahan-bahan organik yang sebenarnya terdapat di dalam air, tetapi hanya mengukur secara relatif jumlah konsumsi oksigen yang digunakan untuk mengoksidasi bahan organik tersebut. Semakin banyak oksigen yang dikonsumsi, maka semakin banyak pula kandungan bahan-bahan organik di dalamnya.

Gas oksigen yang dikonsumsi dalam uji BOD ini dapat diketahui dengan menginkubasikan contoh air pada suhu 20 °C selama lima hari. Untuk memecahkan bahan-bahan organik tersebut secara sempurna pada suhu 20°C sebenarnya

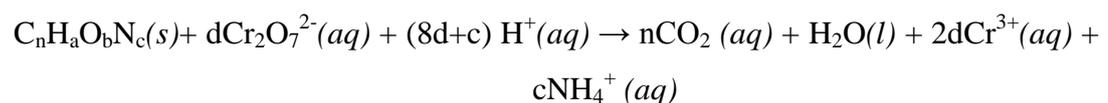
dibutuhkan waktu lebih dari 20 hari, tetapi untuk praktisnya diambil waktu 5 hari sebagai standar. Inkubasi selama lima hari tersebut hanya dapat mengukur kira-kira 68% dari total BOD (Sasongko, 1990).

Terdapat pembatasan BOD yang penting sebagai petunjuk dari pencemaran organik. Apabila ion logam yang beracun terdapat dalam sampel maka aktivitas bakteri akan terhambat sehingga nilai BOD menjadi lebih rendah dari yang semestinya (Mahida, 1984).

#### b. *Chemical Oxygen Demand (COD)*

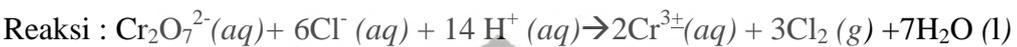
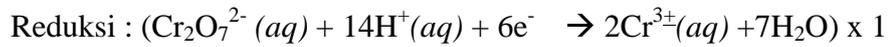
COD adalah jumlah oksigen yang diperlukan untuk mengurai seluruh bahan organik yang terkandung dalam air. Hal ini karena bahan organik yang ada sengaja diurai secara kimia dengan menggunakan oksidator kuat kalium dikromat pada kondisi asam dan panas dengan katalisator perak sulfat, sehingga semua bahan organik, baik yang mudah terurai maupun yang kompleks dan sulit terurai, akan teroksidasi. Jadi COD menggambarkan jumlah total bahan organik yang ada (Boyd, 1990). Yanfang Niu dan Xingyuan (2010) telah menerbitkan hasil percobaan sebagai tingkat maksimum efisiensi penyisihan COD adalah 91,6%. Makromolekul organik terdegradasi ke dalam asam organik molekul kecil oleh bakteri *acidate* pertama, kemudian asam organik molekul kecil terdegradasi menjadi gas CH<sub>4</sub> dan gas CO<sub>2</sub>.

Prinsip analisis COD menurut Mahida (1984) yaitu sebagian zat organik melalui tes COD ini dioksidasi oleh larutan K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> dalam keadaan asam yang mendidih. Bahan buangan organik akan dioksidasi oleh kalium dikromat menjadi gas CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O cair serta sejumlah larutan ion kromium (III). Larutan kalium dikromat atau K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> digunakan sebagai sumber oksigen (*oxidizing agent*). Oksidasi terhadap bahan buangan organik akan mengikuti reaksi berikut ini.



Reaksi tersebut perlu pemanasan yang dilakukan selama 2 jam pada suhu 105°C menggunakan alat COD yang berfungsi agar zat tersebut tidak keluar dan juga penambahan padatan perak sulfat (Ag<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) sebagai katalisator untuk mempercepat reaksi. Apabila dalam bahan buangan diperkirakan ada klorida yang

dapat mengganggu reaksi maka perlu ditambahkan merkuri sulfat untuk menghilangkan gangguan klorida tersebut. Garam klorida dapat mengganggu karena akan teroksidasi oleh larutan kalium dikromat sesuai dengan reaksi di bawah ini.



Warna larutan air lingkungan yang mengandung bahan buangan organik sebelum reaksi oksidasi adalah kuning. Apabila reaksi oksidasi selesai maka akan berubah menjadi hijau. Jumlah oksigen yang diperlukan untuk reaksi oksidasi terhadap bahan buangan organik sama dengan jumlah kalium dikromat yang digunakan pada reaksi tersebut. Semakin banyak kalium dikromat yang dipakai pada reaksi oksidasi, maka semakin banyak oksigen yang diperlukan. Hal ini berarti bahwa air lingkungan semakin banyak tercemar oleh bahan buangan organik (Mahida, 1984).

Penetapan COD digunakan untuk mengukur banyaknya oksigen setara dengan bahan organik yang ada di dalam sampel air, yang mudah dioksidasi oleh senyawa kimia oksidator kuat. COD merupakan banyaknya oksidator kuat yang diperlukan untuk mengoksidasi zat organik dalam air, dihitung sebagai adsorpsi  $\text{O}_2$  (Tresna, 2000).

Besarnya nilai COD menggambarkan jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh bahan oksidan, misalnya larutan kalium dikromat  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ , untuk mengoksidasi bahan-bahan organik yang terdapat dalam air. Uji COD merupakan suatu cara untuk mengetahui jumlah bahan organik yang lebih cepat daripada uji BOD, yaitu berdasarkan reaksi kimia dari suatu bahan oksidan (Fardiaz, 1987). Angka COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat-zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasi melalui proses mikrobiologi, dan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut dalam air (Alaerts dan Santika, 1984). Air dengan kadar COD yang tinggi dapat mengurangi tingkat oksigen terlarut sehingga mempengaruhi kelangsungan hidup organisme akuatik.

Penentuan kadar COD dapat dilakukan dengan menggunakan metode spektrofotometer UV-Vis. Cara uji kebutuhan oksigen kimiawi (COD) adalah senyawa organik dan anorganik, terutama organik dalam contoh uji dioksidasi oleh

larutan ion  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  dalam refluks tertutup menghasilkan larutan ion  $\text{Cr}^{3+}$ . Jumlah oksidan yang dibutuhkan dinyatakan dalam ekuivalen gas oksigen ( $\text{O}_2$  mg/L) diukur secara spektrofotometer sinar tampak pada panjang gelombang 420 nm (Hendayana *et al.*, 1994).

### c. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi BOD dan COD

Parameter yang dapat dikategorikan sebagai buangan organik adalah BOD (*Biological Oxygen Demand*), yaitu berdasarkan atas adsorpsi oksigen yang dikonsumsi oleh mikroba selama 5 hari. Parameter lain yang juga biasa digunakan yaitu COD (*Chemical Oxygen Demand*), yaitu berdasarkan pada proses oksidasi kimiawi oleh kalium kromat atau kalium permanganat. Proses eliminasi fosfat dapat dilakukan secara kimia dan biologis. Proses tersebut juga dapat dilakukan secara terpadu untuk eliminasi BOD dan nitrogen. Apabila penanganan secara biologi tidak memungkinkan maka diperlukan tambahan metoda fisika-kimia (Fauzi 1992). *Biological Oxygen Demand* (BOD) merupakan suatu pendekatan analisis empiris secara global pada proses-proses mikrobiologis yang benar-benar terjadi di dalam air. Angka BOD adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan bakteri untuk menguraikan (mengoksidasi) hampir semua zat organik terlarut dan sebagian zat-zat organik yang tersuspensi dalam air (Wibowo 2003). *Chemical Oxygen Demand* (COD) merupakan parameter yang digunakan untuk menentukan bahan-bahan organik dalam air. COD merupakan jumlah oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi bahan-bahan yang dapat teroksidasi dalam limbah cair oleh oksidator (Widayatno dan Sriyani, 2008).

Keberadaan bahan organik dan mikroorganisme dalam limbah buangan dapat mempengaruhi tinggi rendahnya nilai BOD dan COD (Purnomo dan Surodjo 2012). Penelitian Sato (2002) menunjukkan bahwa penggunaan aerasi secara terus menerus dapat mempengaruhi kinerja dari *Mean Sea Level* (MSL). Aerasi yang digunakan dapat menurunkan pH MSL, menurunkan kadar nitrogen dan fosfor, serta menekan nilai COD dan BOD. Penelitian Endahwati dan Suprihatin (2011) menunjukkan bahwa penurunan kadar COD juga dipengaruhi laju aliran limbah yang masuk. Semakin besar laju alir air limbah maka efisiensi penjerapan oleh adsorben semakin kecil dan kurang efisien. Penyisihan COD dengan MSL berkisar 50-90%, sedangkan BOD berkisar 80-90% (Elystia, 2012).

**d. *E.coli***

*Escherichia coli* merupakan bakteri komensal yang dapat bersifat patogen, bertindak sebagai penyebab utama morbiditas dan mortalitas diseluruh dunia (Tenailon, *et al.*, 2010). Berdasarkan taksonominya *E. coli* diklasifikasikan sebagai berikut.

*Kingdom* : *Bacteria*  
*Divisio* : *Proteobacteria*  
*Kelas* : *Gamma Proteobacteria*  
*Ordo* : *Enterobacteriales*  
*Famili* : *Enterobacteriaceae*  
*Genus* : *Escherichia coli*. (Todar, 2008)

*Escherichia coli* diisolasi pertama kali oleh Theodore Escherich pada tahun 1885 dari tinja seorang bayi (Merchant dan Parker, 1961). *E. coli* merupakan bakteri Gram negatif berbentuk batang pendek yang memiliki panjang sekitar 2  $\mu\text{m}$ , diameter 0,7  $\mu\text{m}$ , lebar 0,4-0,7  $\mu\text{m}$  dan bersifat anaerob fakultatif. *E. Coli* membentuk koloni yang bundar, cembung, dan halus dengan tepi yang nyata (Smith Keary, 1988; Jawetz *et al.*, 1996). Pada umumnya bakteri memerlukan kelembaban yang cukup tinggi sekitar 85% (Madigan dan Martinko, 2005). *Escherichia coli* merupakan golongan bakteri mesofilik yaitu bakteri yang suhu pertumbuhan optimumnya 15-45°C dan dapat hidup pada pH 5,5-8. *E. Coli* akan tumbuh secara optimal pada suhu 27° C. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Hawa *et al.* (2011), *E. coli* memiliki suhu maksimum pertumbuhan 40-45°C, di atas suhu tersebut bakteri akan mengalami inaktivasi. Penentuan serotipe bakteri *E. coli* berdasarkan antigen dinding sel (O), kapsular (K), dan flagela (H). Diperkirakan terdapat 173 antigen O, 80 antigen kapsular (K), 56 antigen H yang telah diisolasi (Gyles dalam Gyles dan Thoen, 1993). *Escherichia coli* biasanya berkolonisasi di saluran pencernaan dalam beberapa jam setelah masuk ke dalam tubuh dan membangun hubungan mutualistik. Namun, strain non-patogenik dari *E. coli* bisa menjadi patogen, ketika adanya gangguan di dalam pencernaan serta imunosupresi pada host (Sanz-Garcia *et al.*, 2009; Sharma *et al.*, 2011; Janny *et al.*, 2012). Penelitian yang dilakukan oleh Jawetz *et al.* (1996), menyatakan bakteri *E.coli* pada media EMBA membentuk koloni khas berwarna hijau metalik dengan pusat koloni berwarna gelap. Pada media SIM, bakteri *E. coli* bersifat motil dan menghasilkan indol. *E. coli* secara khas memberi hasil positif pada tes indol, lisin, dekarboksilase dan peragian manitol serta membentuk gas dari glukosa.

## B. Kerangka Berpikir

Air merupakan zat yang sangat esensial bagi kehidupan seluruh makhluk hidup. Kebutuhan air bagi proses metabolisme tak bisa digantikan oleh zat lain apapun. Tak hanya manusia, hewan, tanaman dan organisme lainnya akan mati apabila tak bisa memenuhi kebutuhan air dalam proses hidupnya. Dalam rangka memenuhi kebutuhan air bagi proses hidup dan kehidupan di alam ini, berbagai cara digunakan oleh manusia dari memperoleh air dari alam secara langsung, menampung air bahkan memproses air dari berbagai sumber untuk diolah menjadi air bersih dan air minum.

Pemenuhan air bersih dan air minum di berbagai daerah di Indonesia dipenuhi oleh pemerintah daerah melalui PDAM (Perusahaan Daerah Air Minum) yang mengolah air baku menjadi air bersih dan air minum bagi masyarakat di daerah tersebut. Sedangkan PDAM memperoleh air baku dari berbagai sumber, diantaranya adalah air sumber/mata air, air bawah tanah, air danau/cekungan, air hujan dan air permukaan termasuk air dari sungai dan air waduk atau bendungan. Seiring dengan kepedulian terhadap kesehatan dan kelestarian lingkungan, maka penggunaan air bawah tanah semakin dibatasi penggunaannya, hal ini mengingat penggunaan air bawah tanah dapat menurunkan permukaan air tanah dan berubahnya keseimbangan air di dalam tanah, bahkan di beberapa daerah hingga menyebabkan kerusakan lingkungan bahkan bencana alam.

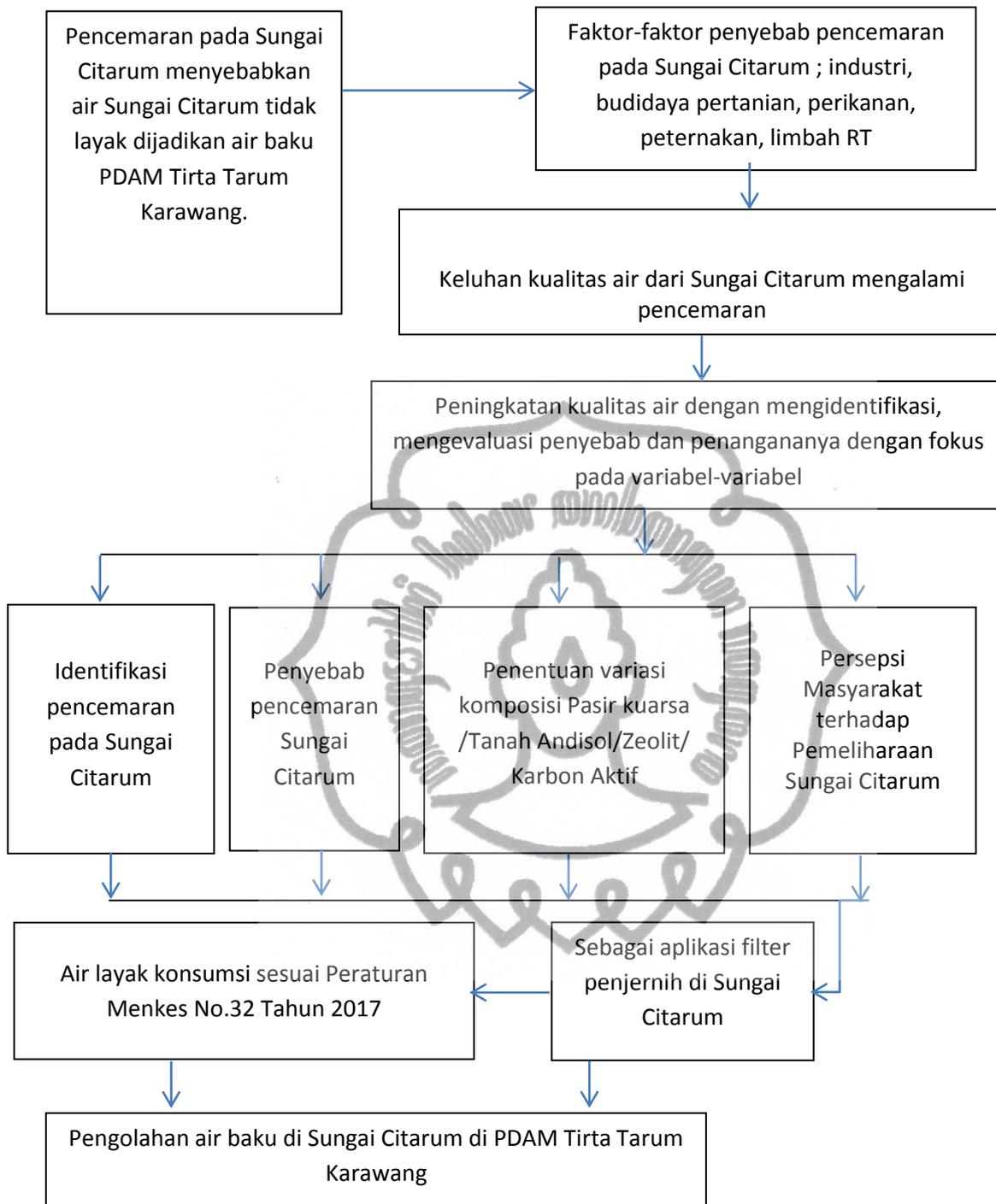
Sebagai perusahaan pelayanan publik bidang air bersih dan air minum, maka PDAM Karawang sebagian besar (lebih dari 90%) menggunakan air permukaan dari aliran waduk Jatiluhur yang juga merupakan aliran dari Sungai Citarum di Jawa Barat. Sungai Citarum dengan berbagai nilai strategis, ekonomis dan sosio-kulturalnya sangat diperlukan bagi berbagai kepentingan baik sebagai pembangkit listrik (PLTA), irigasi, perikanan, peternakan, rumah tangga sampai kebutuhan industri. Indikasi terjadinya pencemaran di Sungai Citarum telah menjadi permasalahan kualitas air baku di PDAM Tirta Tarum Karawang dalam proses produksi air bersih dan air minum bagi masyarakatnya. Banyak keluhan dan fakta-fakta menunjukkan bahwa pencemaran air di di Sungai Citarum ini sangat meresahkan masyarakat dan pencinta lingkungan bahkan hingga dikeluarkan Peraturan Presiden Nomor 15 Tahun 2018 tentang Percepatan Pengendalian Pencemaran dan Kerusakan Daerah Aliran Sungai Citarum dengan target 7 tahun Sungai Citarum akan bersih dan terjaga kelestariannya.

Berbagai macam proses penjernihan air baku telah dijalankan oleh PDAM di berbagai wilayah termasuk di Karawang dengan proses penjernihan secara konvensional. Proses tersebut diantaranya adalah presedimentasi, koagulasi, flokulasi, sedimentasi,

filtrasi dan disinfeksi sebelum dialirkan kepada masyarakat sebagai air bersih. Dalam proses tersebut filtrasi merupakan proses yang cukup penting dan menentukan kualitas air bersih yang dihasilkan. Berbagai bahan filter air yang digunakan diantaranya pasir kuarsa dan antrasit saat ini masih digunakan sebagai media filter tunggal.

Seiring dengan perkembangan ilmu dan teknologi maka penggunaan media filter secara komposit dari bahan pasir kuarsa/zeolit/tanah andisol/karbon aktif diharapkan bisa menjadi alternative untuk meningkatkan kualitas air baku yang akan diproses menjadi air bersih sesuai dengan standar kesehatan. Dengan demikian maka kerangka berpikir dari penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.





**Gambar 3. Kerangka Berpikir Penelitian**

Kerangka berpikir di atas merupakan acuan kegiatan di lapang dan di laboratorium untuk memperoleh data-data primer dan dilengkapi dengan data sekunder yang akan dilakukan analisis secara ilmiah dalam pembahasan selanjutnya.

### C. Hipotesis

Hipotesis disusun sebagai jawaban sementara terhadap masalah penelitian adalah sebagai berikut.

1. Terjadi pencemaran di Sungai Citarum.
2. Kegiatan industri, budidaya pertanian, perikanan, peternakan dan rumah tangga menimbulkan pencemaran di Sungai Citarum .
3. Persepsi masyarakat disekitar Sungai Citarum mendukung upaya pelestarian dan pengendalian pencemaran Sungai Citarum.
4. Dengan metode adsorpsi variasi media pasir kuarsa/tanah andisol/zeolit/ karbon aktif dapat meningkatkan kualitas air baku menjadi air bersih.

