

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Tentang Air Minum

2.1.1 Pengertian Air Minum

Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/MENKES/PER/IV/2010 tentang persyaratan kualitas air minum, antara lain disebutkan bahwa air minum adalah air yang melalui proses pengolahan atau tanpa proses pengolahan yang memenuhi syarat kesehatan dan dapat langsung diminum.

Pengertian air minum dapat dilihat juga dalam Keputusan Menteri Perindustrian dan Perdagangan Republik Indonesia Nomor: 651/MPP/Kep/10/2004 yaitu tentang persyaratan teknis depot air minum dan perdagangannya. Dalam keputusan tersebut dinyatakan bahwa air minum adalah air baku yang telah diproses dan aman untuk diminum. Air baku adalah air yang belum diproses atau sudah diproses menjadi air bersih yang memenuhi persyaratan mutu sesuai Peraturan Kesehatan untuk diolah menjadi produk air minum.

2.1.2 Sumber Air Minum

Sumber air minum merupakan salah satu faktor yang menentukan air minum tersebut layak atau tidak untuk dikonsumsi. Sumber air utama bagi penyediaan air minum dibagi menjadi tiga berdasarkan letak sumbernya, (Chandra, 2012):

a. Air Angkasa (air hujan)

Air angkasa atau air hujan merupakan sumber utama air di bumi. Walaupun aslinya merupakan air yang paling bersih, air tersebut cenderung mengalami pencemaran ketika berada di atmosfer. Pencemaran yang berlangsung di atmosfer itu dapat disebabkan oleh partikel debu, mikroorganisme dan gas seperti karbondioksida dan amonia. Gas-gas pencemaran biasanya dari asap kendaraan bermotor dan asap dari pabrik.

b. Air Permukaan

Yang dimaksud dengan air permukaan adalah air yang berada di permukaan tanah dan dapat ditemui dengan mudah. Sebagian besar berasal dari air hujan yang jatuh ke permukaan bumi. Air hujan tersebut kemudian akan mengalami pencemaran baik oleh tanah, sampah, maupun lainnya. Contoh air permukaan adalah air sungai, air danau, air waduk, air genangan, air rawa, air terjun.

c. Air Tanah

Air tanah yang dimaksud adalah air yang terletak ditempat yang lebih dalam dan untuk mendapatkannya harus dilakukan pengeboran terlebih dahulu. Air tanah (*groundwater*) berasal dari air hujan yang jatuh ke permukaan bumi yang kemudian mengalami perkolasi atau mengalami penyerapan ke dalam tanah dan mengalami proses filtrasi secara alamiah. Proses-proses yang telah dialami air hujan tersebut, di dalam perjalanannya ke bawah tanah, membuat air tanah menjadi lebih baik dan lebih murni dibandingkan air permukaan. Akses terhadap air tanah biasanya terbatas dalam volume air dan

apabila habis maka sumber air tidak digantikan. Contoh air tanah adalah sumber mata air, air sumur dangkal dan air sumur dalam.

2.1.3 Jenis Air Minum

Jenis air minum menurut Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor : 907/MENKES/SK/VII/2002 tentang syarat-syarat dan Pengawasan Kualitas air minum adalah :

- a. Air yang didistribusikan melalui pipa untuk keperluan rumah tangga.
- b. Air yang didistribusikan melalui tangki air.
- c. Air kemasan.
- d. Air yang digunakan untuk produksi bahan makanan dan minuman yang disajikan kepada masyarakat.

2.1.4 Manfaat Air Minum

Peran air sangatlah penting bagi kehidupan. Sekitar 65-70% berat total tubuh manusia terdiri dari atas air dan merupakan media tempat berlangsungnya hampir setiap proses tubuh. Kehilangan 1-2% air dapat menyebabkan rasa haus, apabila kehilangan 5% air dapat menyebabkan halusinasi, dan apabila kita kehilangan 10-15% air dalam tubuh dapat menyebabkan fatal. Meskipun manusia dapat hidup beberapa hari tanpa makanan, bertahan dibawah teriknya panas, ataupun dalam kondisi kering, namun manusia mampu bertahan hidup hanya dalam satu atau dua hari tanpa air. Kekurangan air dalam tubuh dapat menyebabkan kematian (Moeller, 2005).

Air merupakan pelarut universal dan bertanggung jawab terhadap pergerakan makanan dari mulut menuju perut. Air membantu memindahkan hasil pencemaran menuju organ tertentu yang akan dituju. Sebagai contoh, darah mengandung 90% air membawa O₂ dan CO₂ menuju ataupun kembali dari paru-paru, nutrisi ke berbagai sel, dan garam-garaman menuju ke ginjal. Urin mengandung 97% air yang membawa sisa metabolisme yang tidak diperlukan oleh tubuh. Air sangat diperlukan sebagai media untuk merubah berbagai proses kimia yang terjadi didalam tubuh seperti, pemecahan gula atau lemak menjadi bentuk yang lebih sederhana. Air juga berfungsi sebagai pelumas dan mencegah pergeseran antar sendi ketika sendi bergerak. Temperature tubuh juga diatur melalui penguapan air melalui kulit dan paru-paru (Mudambi, 2006).

2.1.5 Persyaratan Air Minum

Air minum yang ideal seharusnya jernih, tidak berwarna, tidak berasa dan tidak berbau. Selain itu juga tidak mengandung kuman pathogen dan segala makhluk yang membahayakan kesehatan manusia, tidak mengandung zat kimia yang dapat mengganggu fungsi tubuh, dapat diterima secara estetis dan tidak merugikan secara ekonomis (Sumantri, 2013).

Atas dasar pemikiran tersebut perlu dibuat standar air minum, yaitu suatu peraturan yang memberi petunjuk tentang kontaminasi berbagai parameter yang sebaiknya diperbolehkan ada dalam air minum. Penetapan standar ini berbeda antara satu negara dengan negara yang lain. Standar suatu negara seharusnya layak bagi keadaan sosial ekonomi dan budaya setempat. Untuk negara berkembang seperti Indonesia, perlu didapat cara-cara

pengolahan air yang relatif murah sehingga kualitas air yang dikonsumsi masyarakat dapat dikatakan baik dan memenuhi syarat.

Di Indonesia, standar persyaratan kualitas air minum ditetapkan oleh Departemen Kesehatan mulai tahun 1975 kemudian direvisi tahun 1990, tahun 2002 dan yang terakhir tahun 2010. Persyaratan kualitas air minum layak konsumsi dalam Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/MENKES/PER/IV/2010 adalah memenuhi parameter fisika, mikrobiologis, kimiawi dan radioaktif yang dimuat dalam parameter wajib dan parameter tambahan.

a. Parameter mikrobiologis

parameter mikrobiologis berhubungan dengan kehadiran mikroba patogen (penyebab penyakit, terutama penyakit perut), pencemar (terutama bakteri *coli*) dan penghasil *toksin* (Widiyanti dan Ristianti, 2004: 64).

b. Parameter kimiawi

Parameter kimiawi meliputi segala yang berhubungan dengan ion-ion senyawa ataupun logam yang membahayakan, di samping residu dari senyawa lainnya yang bersifat racun, seperti antara lain residu pestisida. Dengan adanya senyawa-senyawa ini kemungkinan besar bau, rasa dan warna air akan berubah, seperti yang umum disebabkan oleh adanya perubahan pH air. Pada saat ini kelompok logam berat seperti Hg, Ag, Pb, Cu, Zn, tidak diharapkan kehadirannya di dalam air (Widiyanti dan Ristianti, 2004: 64).

c. Parameter fisika

Parameter fisika meliputi kekeruhan, temperatur, warna, bau dan rasa. Kekeruhan air dapat ditimbulkan oleh adanya bahan-bahan organik

dan anorganik yang terkandung di dalam air seperti lumpur dan bahan-bahan yang berasal dari buangan. Dari segi estetika, kekeruhan di dalam air dihubungkan dengan kemungkinan pencemaran oleh air buangan (Widiyanti dan Ristianti, 2004: 64).

2.1.6 Penyakit yang Disebabkan oleh Air Minum

Penyakit yang menyerang manusia dapat ditularkan dan menyebar secara langsung maupun tidak langsung melalui air. Penyakit yang ditularkan melalui air disebut sebagai waterborne disease atau waterrelated disease. Terjadinya suatu penyakit tentunya memerlukan adanya agen dan terkadang vektor. Berikut beberapa penyakit yang dapat ditularkan lewat air berdasarkan tipe agen penyebabnya (Sumantri, 2013):

- a) Penyakit viral, misalnya, Hepatitis Viral, Poliomielitis.
- b) Penyakit bakterial, misalnya, Kolera, Disentri, Diare.
- c) Penyakit protozoa, misalnya, Amebiasis, Giardiasis.
- d) Penyakit helmintik, misalnya, Askariasis, Whip worm, Hydatid disease.

Kira-kira terdapat 20 sampai 30 macam penyakit infeksi yang dapat dipengaruhi oleh perubahan penyediaan air. Biasanya penyakit-penyakit itu diklasifikasikan menurut mikroba penyebab yaitu : virus, bakteri, protozoa, dan cacing. Akan tetapi, cara ini tidak banyak menolong dalam memahami efek perbaikan penyediaan air. Sementara penyakit-penyakit yang berhubungan dengan air dalam dibagi dalam kelompok-kelompok berdasarkan cara penularannya (Sumantri, 2013).

Sementara itu penyakit-penyakit yang berhubungan dengan air dalam dibagi dalam kelompok-kelompok berdasarkan cara penularannya. Mekanisme penularan penyakit sendiri terbagi menjadi 4 yaitu (Sumantri, 2013):

a. *Water-borne disease*

Penyakit yang dihantarkan oleh air yaitu penyakit yang disebabkan karena mengkonsumsi air yang terkontaminasi oleh feses manusia/hewan, atau urine yang mengandung pathogen penyebab infeksi saluran pencernaan sehingga bias menyebabkan penyakit diare, demam, tifoid, hepatitis, polio, legionella, leptospirosis.

b. *Water-washed disease*

Penyakit yang dibilas dengan air yaitu penyakit yang disebabkan karena kekurangan penggunaan air untuk memenuhi kegiatan rumah tangga dan higiene perorangan sehingga dapat menyebabkan diare, infeksi yang ditransmisikan oleh cacing, penyakit kulit dan mata (*ring worm*), serta kutu.

c. *Water-based disease*

Penyakit berbasis air yaitu penyakit yang disebabkan karena pathogen parasite ditemukan pada host yang tinggal didalam air dan menyebabkan penyakit seperti *schistosomiasis* dan *dracunculiasis*.

d. *Water-related insect vectore-borne disease*

Infeksi yang ditularkan oleh serangga yang bergantung pada air yaitu penyakit yang disebabkan karena vector penyakit berupa serangga yang menggigit dan berkembangbiak di air seperti nyamuk yang menyebabkan demam berdarah dan malaria.

2.2 Tinjauan Tentang Air Minum Isi Ulang

2.2.1 Definisi AMIU

Air Minum Isi Ulang (AMIU) adalah proses pengolahan air menjadi air siap minum dengan menggunakan peralatan tertentu yang dilakukan oleh suatu produsen, dimana konsumen dapat melihat langsung proses tersebut dan langsung membeli di tempat di mana air tersebut diolah. Air Minum Isi Ulang (AMIU) biasanya tidak habis dalam sekali pakai melainkan dalam beberapa hari. Semakin lama penyimpanan memungkinkan adanya pertumbuhan mikroorganisme yang akan berkembang menjadi bakteri patogen dan menyebabkan kadar zat organik menjadi meningkat. Kualitas air minum harus sesuai dengan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/MENKES/PER/IV/2010, yaitu secara fisik harus jernih, tidak berasa, tidak bewarna, dan tidak berbau. Secara mikrobiologi, tidak boleh mengandung bakteri patogen, dan secara kimia antara lain kadar zat organik sebagai angka permanganat maksimal 10 mg/l.

2.2.2 Batasan kandungan mikrobiologi AMIU

Air minum tidak boleh mengandung kuman pathogen dan parasitic seperti kuman typhus, kolera, disentri, gastroenteritis dan telur cacing. Secara teknis ada tidaknya kuman pathogen atau parasit dalam air menggunakan indikator *Perkiraan Terdekat Jumlah (PTJ) Koliform* per 100 ml contoh air. PTJ koliform tinja dan Total Koliform dalam air minum harus menunjukkan bahwa air telah mengalami pencemaran terutama oleh kotoran manusia atau hewan berdarah panas.

Ada beberapa alasan mengapa bakteri bentuk koli ini dipilih menjadi indikator pencemaran biologik. Bakteri koli ini banyak dijumpai pada air kotor, kotoran manusia atau binatang berdarah panas. Bakteri tersebut juga dikeluarkan dalam jumlah yang besar bersama-sama feses, relative lebih mudah identifikasinya dan tidak memerlukan waktu lama (Sarudji, 2006).

Tabel 2.1 Parameter kandungan mikrobiologi pada air minum

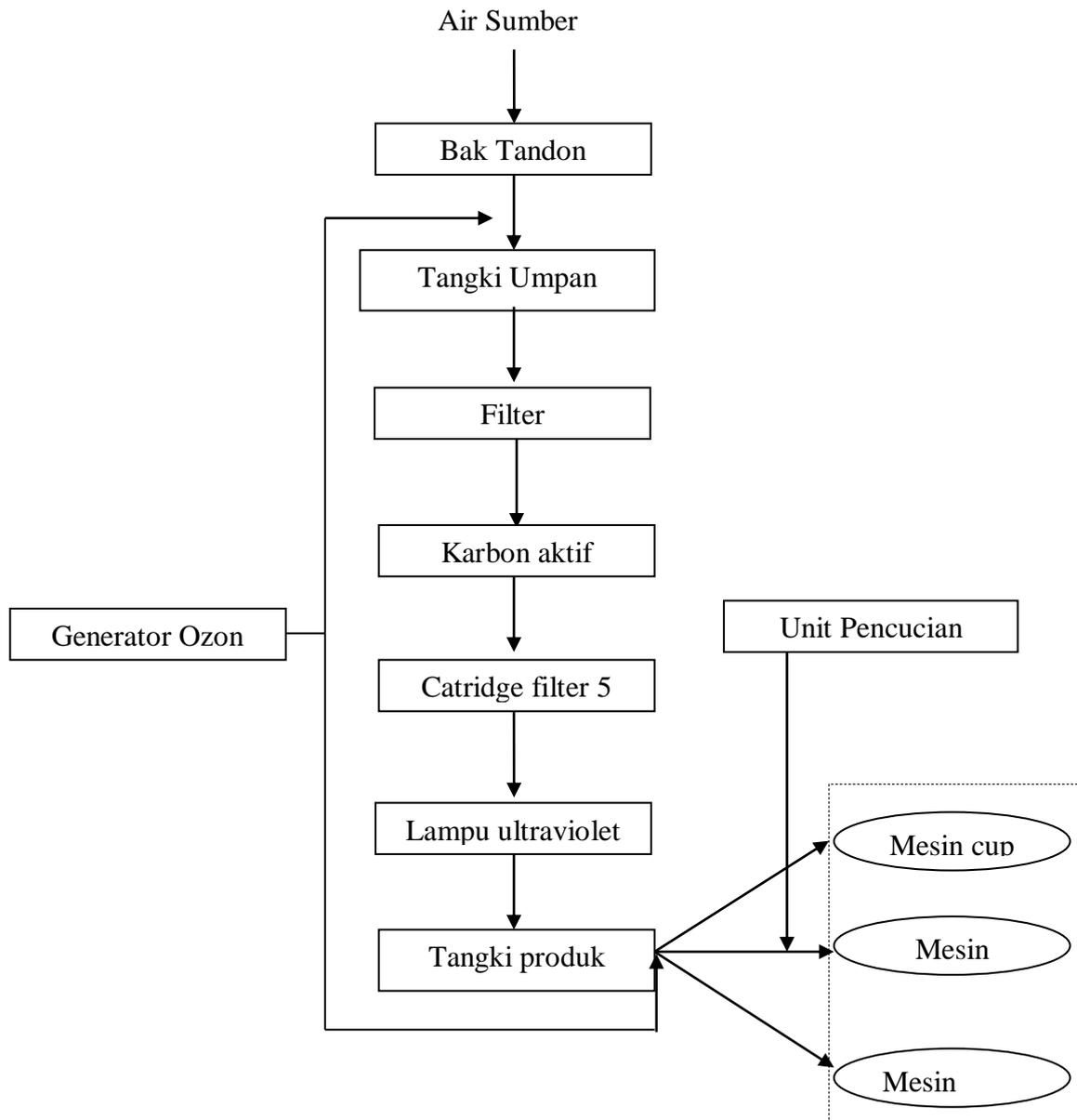
No.	Jenis Parameter	Satuan	Kadar maksimum yang diperbolehkan
1	parameter yang berhubungan langsung dengan kesehatan		
	a. Parameter Mikrobiologi		
	1) E. Coli	Jumlah per 100 ml sample	0
	2) Total Koliform	Jumlah per 100 ml sample	0

Sumber: Permenkes No. 492/MENKES/PER/IV/2010

2.2.3 Pengolahan Air Minum Isi Ulang

Untuk mendapatkan air minum dengan kualitas tinggi perlu dilakukan pengolahan dan pemurnian untuk mencapai kualitas yang diinginkan. Proses pengolahan air minum tergantung dari kualitas air baku, dan peralatan yang digunakan. Pada prinsipnya pengolahan air minum isi ulang pada setiap produsen adalah sama yaitu untuk menghilangkan bau, warna, rasa, bahan kimia berbahaya serta menghilangkan mikroorganisme. Pada dasarnya pengolahan air minum dalam kemasan diproses melalui 4 tahap, yaitu penampungan, penyaringan, desinfeksi dan pengisian. Penyaringan dimaksudkan untuk menghilangkan kotoran dan bau, desinfeksi bertujuan untuk menghilangkan sebagian besar mikroorganisme dan membunuh bakteri

patogen dalam air, sedangkan pengisian adalah tahap akhir pengemasan air yang telah diproses (Kepemenderidag,2004). Mesin atau peralatan yang berkontak langsung dengan air baku harus terbuat dari bahan yang *food grade*. Di bawah ini bagan alir pengolahan AMIU dari penampungan air baku sampai air siap untuk dikemas (Budiyono, 2013).



Sumber: (Budiyono dan Sumardiono. 2013)

Gambar 2.1 Diagram alir pengolahan air sumber menjadi Air Minum Dalam Kemasan (AMDK) di industri tertentu

2.2.4 Pengemasan AMIU

Air Minum dalam kemasan yang telah diolah, ditampung di dalam tangki untuk selanjutnya dikemas. Sebelum air minum hasil olahan dikemas, terlebih dahulu kemasan dicuci dan disterilkan dengan menggunakan air ozon atau air panas. Tahap-tahap dalam pengemasan AMIU adalah (Tjokrokusumo, 1995):

1. Pencucian kemasan

- a. Kemasan pakai ulang

Botol kaca dan botol yang terbuat dari Poly Carbona yang dapat dipakai ulang harus dicuci sebelum dipakai kembali dan disterilisasi. Botol atau kemasan yang telah digunakan harus dibersihkan dan disterilkan sebelum digunakan kembali. Pencucian kembali ini dapat dilakukan dengan merendam atau mengalirkan larutan caustic soda, dan selanjutnya dibersihkan pada bagian luar dengan seksama

Proses pencucian dapat menggunakan tenaga manual atau menggunakan tenaga mesin pembersih. Penggunaan mesin pembersih dapat menghindari kontak antara produk dengan penjamah atau pekerja. Proses pencucian kemasan ini dalam garis besarnya adalah sebagai berikut:

- 1) Mencampurkan air bersih dengan bahan desinfektan yang aman untuk makanan dalam wadah, kemudian memasukkan larutan tersebut ke dalam galon atau jerigen dan selanjutnya dikocok.
- 2) Berikutnya mencuci bagian luar galon atau jerigen dan disemprot pada bagian dalam dengan air bersih. Penyemprotan dapat dilakukan dengan menggunakan air panas dengan suhu 60–85⁰C.

Setelah dibersihkan kemudian galon dan jerigen disemprot dengan larutan penyeteril misalnya air ozon atau air panas.

b. Kemasan sekali pakai

Kemasan sekali pakai tidak harus dicuci dan atau dibilas, tetapi jika hal tersebut dilakukan harus secara saniter.

c. Tutup kemasan

Tutup kemasan yang digunakan harus didesinfeksi sebelum digunakan dan harus menggunakan bahan sesuai untuk makanan dan tidak berbahaya bagi kesehatan.

2. Pengisian dan Penutupan Botol dan Gelas

Pengisian dan penutupan kemasan botol dan gelas dilakukan dengan mesin dalam ruang pengisian yang bersih dan saniter. Suhu ruang pengisian maksimal 25⁰C. Seluruh sistem harus selalu dapat mempertahankan keutuhan produk dan harus dihindari kontaminasi dengan udara luar.

3. Pengisian Kemasan Galon

Kemasan galon yang telah diisi dengan air diberi tutup kemudian dilakukan pengepresan sehingga tutup pada kemasan galon. Selanjutnya tutup kemasan diberi segel pengaman dan dilewatkan pada pemanas untuk merekatkan segel. Kemasan galon menggunakan tutup sekali pakai dalam arti tutup tidak dipakai ulang.

4. Pengisian Kemasan Jerigen

Pengisian kemasan jerigen hampir sama dengan kemasan galon. Jerigen setelah dibersihkan, diisi dengan air minum yang telah

diolah dan ditutup menggunakan tutup yang berulir pada bagian dalam.

Penutupan ini dilakukan secara manual oleh tenaga manusia.

2.3 Tinjauan Tentang Depot Air Minum

2.3.1 Pengertian Depot Air Minum

Sesuai dengan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 43 Tahun 2014 tentang Higiene Sanitasi Depot Air Minum, disebutkan bahwa depot air minum adalah usaha industri yang melakukan proses pengolahan air baku menjadi air minum dan menjual langsung kepada konsumen. Air baku adalah air yang belum diproses atau sudah diproses menjadi air bersih yang memenuhi persyaratan mutu sesuai Peraturan Kesehatan untuk diolah menjadi produk air minum.

2.3.2 Regulasi Kesehatan Depot Air Minum

Regulasi kesehatan DAM menurut persyaratan kualitas air minum layak konsumsi dalam Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/MENKES/PER/IV/2010 adalah memenuhi parameter fisika, mikrobiologis, kimiawi dan radioaktif yang dimuat dalam parameter wajib dan parameter tambahan harus dipatuhi.

Berdasarkan Keputusan Menteri Perindustrian dan Perdagangan Republik Indonesia Nomor: 651/MPP/Kep/10/2004 tentang persyaratan teknis depot air minum dan perdagangannya, depot air minum harus melakukan pengawasan secara periodik terhadap mutu air baku yang harus dilakukan di laboratorium pengujian kualitas air yang ditunjuk oleh Pemerintah Kabupaten/Kota atau yang terakreditasi. Pengujian mutu air baku dilakukan

minimal satu kali dalam tiga bulan untuk analisa koliform dan dua kali dalam satu tahun untuk analisa kimia dan fisika secara lengkap.

2.3.3 Bahan Baku dan Peralatan Produksi Depot Air Minum

A. Bahan baku

Bahan baku utama yang digunakan adalah air yang diambil dari sumber yang terjamin kualitasnya, untuk itu beberapa hal yang harus dilakukan untuk menjamin mutu air baku meliputi (Kepemenderidag,2004):

- a. Sumber air baku harus terlindung dari cemaran kimia dan mikrobiologi yang bersifat merusak/mengganggu kesehatan.
- b. Air baku diperiksa secara berkala terhadap pemeriksaan organoleptic (bau, rasa, warna), fisika, kimia dan mikrobiologi.

B. Mesin dan peralatan

Mesin dan peralatan produksi yang digunakan dalam depot air minum yaitu (Kepemenderidag, 2004):

a. Bahan mesin dan peralatan

Seluruh mesin dan peralatan yang kontak langsung dengan air harus terbuat dari bahan tara pangan (*food grade*), tahan korosi dan tidak bereaksi dengan bahan kimia.

b. Jenis mesin dan peralatan

Mesin dan peralatan dalam proses produksi di depot air minum sekurang-kurangnya teridiri dari : bak atau tangki penampung air baku serta unit pengolahan air (water treatment) yang terdiri dari : sand filter, carbon filter, mikrofilter, alat desinfektan (ozonasi dan atau UV).

c. Alat pengisian

Alat pengisian berupa kran outlet untuk memasukkan air minum kedalam tempat (wadah) yang disediakan depot air minum atau tempat (wadah) yang dibawa pembeli.

2.3.4 Proses Produksi Depot Air Minum

Urutan proses produksi pada depot air minum menurut Keputusan Menteri Perindustrian dan Perdagangan Republik Indonesia Nomor: 651/MPP/Kep/10/2004 tentang persyaratan teknis Depot air minum dan perdagangannya meliputi :

1. Penampungan air baku dan syarat bak penampung

Air baku yang diambil dari sumbernyadiangkut dengan menggunakan tangki dan selanjutnya ditampung dalam bak atautangki penampung (reservoir). Bak penampung harus dibuat dari bahan tara pangan (*food grade*), harus bebas dari bahan-bahan yang dapat mencemari air.

Tangki pengangkutan mempunyai persyaratan yang terdiri atas :

- a. Khusus digunakan untuk air minum.
- b. Mudah dibersihkan serta di desinfektan dan diberi pengaman.
- c. Harus mempunyai manhole.
- d. Pengisian dan pengeluaran air harus melalui kran.
- e. Selang dan pompa yang dipakai untuk bongkar muat air baku harus diberi penutup yang baik, disimpan dengan aman dan dilindungi dari kemungkinan kontaminasi.

Tangki, galang, pompa dan sambungan harus terbuat dari bahan tara pangan (*food grade*), tahan korosi dan bahan kimia yang dapat mencemari

air. Tangki pengangkutan harus dibersihkan, disanitasi dan di desinfeksi bagian luar dan dalam minimal 3 bulan sekali. Air baku harus diambil sampelnya, yang jumlahnya cukup mewakili untuk diperiksa terhadap standar mutu yang telah ditetapkan oleh Menteri Kesehatan.

2. Penyaringan/filtrasi bertahap terdiri dari:

- a. Saringan berasal dari pasir atau saringan lain yang efektif dengan fungsi yang sama. Fungsi saringan pasir adalah menyaring partikel-partikel yang kasar. Bahan yang dipakai adalah butir-butir silica (SiO_2) minimal 80%. Ukuran butir-butir yang dipakai ditentukan dari mutu kejernihan air yang dinyatakan dalam NTU.
- b. Saringan karbon aktif yang berasal dari batubara atau batok kelapa berfungsi sebagai penyerap bau, rasa, warna, sisa klor dan bahan organik. Daya serap terhadap Iodine (I_2) minimal 75%
- c. Saringan/filter lainnya yang berfungsi sebagai saringan halus berukuran maksimal 10 mikron.

3. Desinfeksi

Proses desinfeksi dimaksudkan untuk membunuh kuman patogen. Proses desinfeksi biasanya menggunakan UV dan ozon. Proses desinfeksi dengan menggunakan ozon (O_3) berlangsung dalam tangki atau alat pencampur ozon lainnya dengan konsentrasi ozon minimal 0,1 ppm dan residu ozon sesaat setelah pengisian berkisar antara 0,06-0,1 ppm. Tindakan desinfeksi selain menggunakan ozon, dapat dilakukan dengan cara penyinaran Ultraviolet (UV) dengan panjang gelombang 254 nm atau kekuatan 2537^0A dengan intensitas minimum 10.000 mw detik per cm^2 .

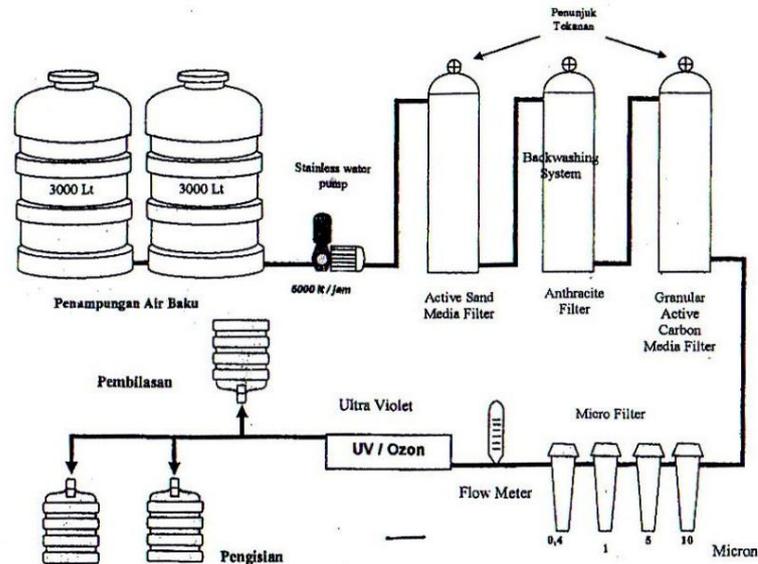
4. Pembilasan, Pencucian dan Sterilisasi Wadah. Wadah yang dapat digunakan adalah wadah yang terbuat dari bahan tara pangan (*food grade*) dan bersih. Depot air minum wajib memeriksa wadah yang dibawa konsumen dan menolak wadah yang dianggap tidak layak untuk digunakan sebagai tempat air minum. Wadah yang akan diisi harus di sanitasi dengan menggunakan ozon (O³) atau air ozon (air yang mengandung ozon). Bilamana dilakukan pencucian maka harus dilakukan dengan menggunakan berbagai jenis deterjen tara pangan (*food grade*) dan air bersih dengan suhu berkisar 60-85⁰C, kemudian dibilas dengan air minum/air produk secukupnya untuk menghilangkan sisa-sisa deterjen yang dipergunakan untuk mencuci.

5. Pengisian

Pengisian tempat air (wadah) dilakukan dengan menggunakan alat serta dilakukan dalam tempat pengisian yang higienis.

6. Penutupan

Penutupan tempat air (wadah) dapat dilakukan dengan tutup yang dibawa konsumen dan atau yang disediakan oleh depot air minum.



Sumber: (Depkes, 2010)

Gambar 2.2 Skema instalasi depot air minum

2.3.5 Higiene Sanitasi Depo Air Minum

A. Definisi higiene sanitasi DAM

Higiene Sanitasi adalah usaha yang dilakukan untuk mengendalikan faktor-faktor air minum, penjamah, tempat dan perlengkapan yang dapat atau mungkin dapat menimbulkan penyakit atau gangguan kesehatan lainnya (Permenkes, 2014). Faktor tersebut adalah cemaran fisik seperti benda mati baik halus maupun kasar, kondisi alam seperti suhu cuaca, getaran, benturan dan sejenisnya yang dapat mencemari kualitas air minum. Faktor lain adalah cemaran kimia seperti bahan organik dan non

organik yang lewat dalam air minum pada waktu pengolahan, penyimpanan dan pembagian air minum. Sedangkan faktor biologis dapat berupa jasad renik pathologis seperti bakteri, virus, kapag dan jamur yang dapat menimbulkan penyakit atau keracunan.

B. Uji laik higiene sanitasi DAM

Uji laik higiene adalah suatu peneliaian terhadap upaya depot air minum untuk mengendalikan faktor makanan atau minuman, orang, tempat dan perlengkapannya yang dapat atau mungkin dapat menimbulkan penyakit atau gangguan kesehatan, serta ketentuan-ketentuan teknis kesehatan yang ditetapkan terhadap produk air minum, personel dan perlengkapannya yang meliputi persyaratan biologis, kimia dan fisik. Uji laik higiene sanitasi dilakukan oleh dinas kesehatan Kota/Kabupaten ke DAM yang berada di wilayah kerja masing-masing. DAM dikatakan laik higiene sanitasi minimal 70% termasuk hasil. Sertifikat Laik Higiene Sanitasi adalah bukti tertulis yang dikeluarkan oleh Dinas Kesehatan Kabupaten/kota atau Kantor Kesehatan Pelabuhan yang menerangkan bahwa DAM telah memenuhi standar baku mutu atau persyaratan kualitas air minum dan persyaratan Higiene Sanitasi (Permenkes, 2014)

C. Pedoman dan persyaratan higiene sanitasi DAM

Persyaratan ataupun pedoman dalam Higiene dan Sanitasi adalah (Depkes, 2010)

1. Lokasi

Bangunan yang digunakan untuk depot air minum isi ulang harus berada di lokasi yang bebas dari pencemaran, yaitu jauh dari daerah pencemaran seperti daerah tergenang air dan rawa, tempat pembuangan kotoran dan sampah, penumpukkan barang bekas atau bahan berbahaya dan beracun (B3) dan daerah lain yang diduga dapat menimbulkan pencemaran terhadap air minum, perusahaan lain yang menimbulkan pencemaran seperti bengkel cat, las, kapur, asbes dan sejenisnya dan tempat pembuangan kotoran (tinja) umum, terminal bus, atau daerah padat pencemaran lainnya.

2. Bangunan

Konstruksi dari bangunan sendiri harus memenuhi persyaratan fisik bangunan harus kuat, aman dan mudah dibersihkan serta mudah pemeliharanya.

Tata ruang usaha depot air minum isi ulang minimal terdiri dari: ruangan proses pengolahan, ruangan tempat penyimpanan, ruangan tempat pembagian/penyediaan, ruang tunggu pengunjung.

Lantai depot harus memenuhi syarat sebagai berikut: bahan kedap air, permukaan rata, halus tetapi tidak licin, tidak menyerap debu dan mudah dibersihkan, selalu dalam keadaan bersih dan tidak berdebu.

Dinding bangunan depot harus memenuhi syarat: bahan kedap air, permukaan rata, halus, tidak menyerap debu dan mudah dibersihkan. Warna dinding terang dan cerah, selalu dalam keadaan bersih, tidak berdebu dan bebas dari pakaian tergantung. Khusus dinding yang

berhubungan dengan semprotan air harus rapat air setinggi minimal 2 meter dari lantai.

Untuk atap dan langit-langit dipersyaratkan: atap bangunan harus menutup sempurna seluruh bangunan, bahan atap tahan terhadap air dan tidak bocor, konstruksi atap dan langit-langit dibuat anti tikus (*rodent proof*), langit-langit harus menutup sempurna seluruh ruangan, bahan langit-langit harus kuat, tahan lama dan mudah dibersihkan, dan tidak menyerap debu. Permukaan langit-langit harus rata dan berwarna terang, dalam keadaan bersih dan tidak berdebu, tinggi minimal 3 meter dari lantai.

Syarat yang harus dipenuhi untuk pintu adalah; bahan pintu harus kuat, tahan lama dan tidak melepaskan zat beracun, permukaan rata, halus, berwarna terang, mudah dibersihkan, pemasangannya rapih sehingga dapat menutup dengan baik, membuka kedua arah, selalu dalam keadaan bersih dan tidak berdebu.

Syarat yang harus dipenuhi untuk jendela adalah: jendela depot harus dibuat dari bahan tembus pandang sehingga proses pengolahan dapat terlihat jelas. Dibuat dari bahan yang tahan lama, Permukaan rata, halus, berwarna terang dan mudah dibersihkan. Tinggi sekurang-kurangnya 1 meter diatas lantai. Luasnya disesuaikan dengan kegunaannya.

Permukaan tempat kerja dan ruangan pengolahan dan penyimpanan mendapat penyinaran cahaya, baik alam maupun buatan dengan minimal 10 – 20 foot candle atau 100 – 200 lux.

Untuk kenyamanan, depot harus diatur ventilasi yang dapat menjaga suhu yang nyaman dengan cara: menjamin terjadi peredaran udara dengan baik, tidak mencemari proses pengolahan dan atau air minum, menjaga suhu tetap nyaman dan sesuai kebutuhan.

Setiap sekat pemisah bangunan depot untuk pencucian, pengisian dan pengolah harus dari bahan yang kuat, tidak melarutkan zat beracun serta mudah dibersihkan. Konstruksi sekat pemisah harus menjamin tidak dapat dimasuki serangga dan tikus (*insect and rodent proof*).

Setiap proses yang memungkinkan terjadinya dampak radiasi harus dilakukan perlindungan yang dibutuhkan. Untuk mengukur dampak radiasi, harus dilakukan pengujian secara berkala sesuai kebutuhan.

3. Akses terhadap fasilitas sanitasi

Higiene sanitasi adalah usaha yang dilakukan untuk mengendalikan faktor – faktor air minum, penjamah, tempat dan perlengkapannya yang dapat atau mungkin dapat menimbulkan penyakit atau gangguan kesehatan lainnya. Untuk itu membutuhkan fasilitas sanitasi untuk mewujudkan higiene sanitasi.

Depot sedikitnya harus menyediakan sedikitnya fasilitas sanitasi adalah: tempat cuci tangan yang dilengkapi dengan sabun pembersih dan saluran limbah, tempat sampah yang sesuai persyaratan, menyediakan satu unit dispenser dan contoh sample air minum isi ulang.

4. Sarana pengolahan air minum

Alat dan perlengkapan yang dipergunakan untuk pengolahan air minum harus menggunakan peralatan yang sesuai pemakaiannya oleh Departemen Kesehatan. Alat dan perlengkapan yang dimaksud meliputi:

kran pengisian air baku, pipa pengisian air baku, tandon air baku, pompa penghisap dan penyedot, filter, mikro filter, kran pengisian air minum curah, kran pencucian botol, tangki pembawa air, kran penghubung (hose), peralatan sterilisasi. Bahan sarana tidak boleh terbuat dari bahan yang mengandung unsur yang dapat larut dalam air, seperti Timah Hitam (Pb), Tembaga (Cu), Seng (Zn), Cadmium (Cd). Alat dan perlengkapan yang dipergunakan seperti mikro filter dan alat sterilisasi masih dalam masa pakai (tidak kadaluarsa).

5. Air baku

Air baku adalah yang memenuhi persyaratan air bersih, sesuai dengan Permenkes No. 43 tahun 2014 tentang higiene sanitasi depo air minum. Jika menggunakan air baku lain harus dilakukan uji mutu sesuai dengan kemampuan proses pengolahan yang dapat menghasilkan air minum. Untuk menjamin kualitas air baku wajib dilakukan pengambilan sampel secara periodik.

6. Pelayanan konsumen

Setiap produk air minum secara berkala dilakukan pengujian kualitas air minum, apakah telah memenuhi persyaratan kesehatan. Setiap wadah yang akan diisi air minum harus dalam keadaan bersih. Proses pencucian dan desinfeksi botol dapat disediakan oleh pengusaha depot. Setiap wadah yang telah diisi ditutup dengan penutup wadah yang steril. Setiap air minum yang telah diisi harus langsung diberikan kepada pelanggan, dan tidak boleh disimpan di depot.

7. Pekarangan

Lokasi depot harus mempunyai halaman ataupun perkarangan dengan persyaratan cukup luas untuk parkir kendaraan, permukaan rapat air dan cukup miring sehingga tidak terjadi genangan, lokasi tinggi sehingga terbebas dari banjir, selaludi jaga kebersihannya setiap saat, bebas dari kegiatan lain atau sumber pencemaran lainnya.

8. Pemeliharaan

Pengelola dan karyawan wajib memelihara sarana dan prasarana depot air minum yang menjadi tanggung jawabnya. Menyediakan tempat sampah yang tertutup dan membuang sampah secara rutin setiap hari. Tidak membolehkan sembarangan orang masuk ke dalam ruang pengolahan atau ruangan pengisian air minum. Hanya orang yang terlatih saja yang boleh kontak dengan air minum. Melakukan pencatatan dan pemantauan meliputi: tugas dan kewajiban penjamah, hasil pengujian laboratorium baik intern ataupun ekstern, data alamat pelanggan.

9. Karyawan

Karyawan yang berhubungan dengan bagian produksi harus dalam keadaan sehat, bebas dari luka, penyakit kulit atau hal lain yang dapat menyebabkan pencemaran terhadap kualitas air minum. Karyawan bagian produksi harus menggunakan pakaian kerja, tutup kepala dan sepatu yang sesuai. Karyawan harus mencuci tangan sebelum memulai pekerjaan terutama pada saat penanganan dan pengisian wadah. Karyawan dilarang makan, merokok, meludah atau melakukan kegiatan

lain selama proses produksi yang dapat menyebabkan pencemaran terhadap air minum.

Pekerja yang tidak mengikuti praktek saniter akan mengontaminasi air minum dengan mikroorganisme patogenik yang berasal dari cara kerja dan bagian lingkungan lain. Tangan, rambut, hidung dan mulut mengandung mikroorganisme yang dapat dipindahkan kedalam produk selama pemrosesan, pengepakan, persiapan dan pelayanan lewat sentuhan, pernafasan, batuk atau bersin. Mikroorganisme mudah berkembang didalam tubuh manusia terlebih lagi apabila tidak dilakukan praktek higene perorangan.

2.3.6 Pengawasan Depot Air Minum

1. Pengawasan berkala

Adalah pengawasan yang dilakukan oleh pemilik/penanggung jawab/operator DAM terhadap kualitas bakteriologis atau kimiawi air minum ataupun air baku. Pengawasan ini berupa (Depkes, 2010):

- a. Pemeriksaan bakteriologis air minum setiap kali pengisian air baku (metode H₂S)
- b. Pemeriksaan kualitas bakteriologis air baku setiap 3 bulan sekali dan atau setiap pergantian air sumber baku (total koliform/MNP 50 per 100ml)
- c. Pemeriksaan kualitas kimiawi air baku minimal 1 sample setiap 3 bulan sekali.
- d. Jika diperlukan pemeriksaan kualitas air baku dan air minum dapat juga dilakukan sewaktu-waktu.

2. Uji petik

Uji petik adalah pengawasan yang dilaksanakan untuk menilai kondisi fisik bangunan, fasilitas dan lingkungan Depot Air Minum, tingkat cemaran air bersih dan air minum secara insidental yang dilakukan oleh Petugas Dinas Kesehatan Kota/Kabupaten untuk diperiksa di laboratorium. Uji petik dilaksanakan dalam rangka pemantapan pelaksanaan pengawasan oleh asosiasi dan untuk tujuan pembinaan dan pengembangan pengawasan Depot yang lebih profesional (Depkes, 2010).

3. Pengawasan berkala oleh asosiasi

Asosiasi Depot Air Minum melakukan pengawasan terhadap kualitas fisik bangunan dan instalasi depot air minum secara berkala setiap 6 bulan sekali dan melaporkan hasilnya kepada Kepala Dinas Kesehatan Kabupaten/Kota/KKP (Depkes, 2010).

4. Pembinaan

Hasil pemeriksaan berkala terhadap Depot Air Minum dilaporkan oleh organisasi atau lembaga kepada Kepala Dinas Kesehatan Kabupaten/Kota dan atau Kantor Kesehatan Pelabuhan untuk selanjutnya dibuat laporan pengawasan dan pemeriksaan Depot Air Minum kepada Walikota/Bupati dengan umpan balik kepada organisasi, lembaga yang bersangkutan (Purwana, 2003).

5. Bak sample air minum

Dalam upaya memantau kualitas air minum, diwajibkan kepada pengusaha untuk menyimpan sedikitnya 1 unit contoh air minum sebanyak 1 liter dalam keadaan botol tersegel, untuk setiap proses produksi atau pengiriman air bersih. Contoh ini disimpan di lemari es pada suhu dibawah

4⁰C selama paling sedikit 1 kali 24 jam. Hasil pengujian reguler dengan peralatan sederhana yang dilakukan wajib dicatat dalam buku pemantauan kualitas yang sewaktu-waktu dapat diperiksa oleh petugas Dinas Kesehatan. Setiap botol contoh air minum dilengkapi dengan label yang memberikan keterangan tentang tanggal produksi, waktu pengambilan, nama penjamah yang mengambil sampel (tenaga telah terlatih), tempat pengambilan (sebutkan pada titik pengisian mana). Botol air terlebih dahulu harus dilakukan desinfeksi dengan cara dicuci dengan air bersih, air panas, air ozon, sinar ultraviolet atau RO (Purwana, 2003).

6. Pengujian air minum

Semua air bersih yang masuk dalam proses pengolahan diperiksa mutunya secara fisik dan laboratorium. Sampel diambil oleh petugas pengambil sampel, sanitarian atau petugas laboratorium yang ditunjuk oleh pemerintah daerah. Suhu penyimpanan, suhu pengolahan dan suhu pencucian diperiksa dengan alat pengukur suhu yang tepat (termometer). Suhu yang ideal adalah berkisar antara $\pm 3^0\text{C}$ dari suhu lingkungan, atau diperkirakan antara 25–31⁰C. Air minum produksi depot harus sesuai dengan pengantar resmi dengan Kepmenkes. Pemeriksaan dilakukan secara periodik dan rutin sesuai ketentuan peraturan perundang-undangan yang berlaku di daerah. Konsumen dapat melakukan pengujian biologis di depot air minum untuk menambah keyakinan akan kualitas air minumnya (Purwana, 2003).

7. Pemeriksaan karyawan

Karyawan harus memakai pakaian kerja yang bersih, berseragam, memakai tutup rambut dan khusus dipakai pada waktu bertugas, serta

memakai tanda pengenal sehingga hanya petugas resmi yang bekerja. Karyawan harus melaksanakan praktek perilaku hidup bersih dan sehat (PHBS), tidak merokok sewaktu bekerja, tidak meludah atau bersin sembarangan, cara memegang galon yang bersih dan selalu membiasakan mencuci tangan waktu melayani konsumen. Pemeriksaan kebersihan wadah/galon oleh karyawan yang akan mengisi air minum tidak hanya bagian dalam yang dicuci, tetapi bagian luar juga dicuci dan dibersihkan sebelum diisi air minum (Purwana, 2003).

2.4 Tinjauan Tentang Proses Desinfeksi pada DAM

Proses sterilisasi pada DAM atau yang biasa disebut desinfeksi adalah memusnahkan mikroorganisme yang dapat menimbulkan penyakit. Desinfeksi merupakan benteng manusia terhadap paparan mikroorganisme patogen penyebab penyakit termasuk didalamnya virus, bakteri, parasit, protozoa (Said, 2011). Pada DAM proses desinfeksi ada 2 cara yaitu ozonisasi dan sinar ultraviolet (UV).

2.4.1 Ozonisasi (Ozon)

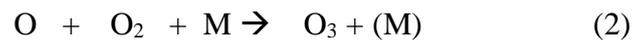
a. Pengertian Ozon

Ozon merupakan senyawa yang mampu membunuh bakteri dan mempunyai daya oksidasi yang kuat. Oksidator ini sekarang digunakan sebagai desinfektan utama untuk membunuh atau menginaktivasi mikroorganisme patogen dan mengoksidasi zat besi dan mangan, senyawa penyebab rasa dan bau, warna zat organik, detergen, fenol serta zat organik lain. Sebagai desinfektan, ozon dapat dengan cepat membunuh virus, bakteri, dan jamur serta mikroorganisme lainnya. Kelebihan dari ozon adalah selain tidak menimbulkan bau juga dapat membuat air lebih

segar. Umumnya pengolahan air dengan ozon digabungkan dengan proses koagulasi-flokulasi, pengendapan dan penyaringan seperti pada air konvensional atau digabungkan dengan pengolahan khusus (Said, 2011).

b. Pembuatan Ozon

Ozon mempunyai rumus kimia O_3 dalam bentuk gas yang tidak stabil dengan kelarutan didalam air sekitar 20 kali lebih besar dibandingkan dengan kelarutan oksigen. Ozon dapat dihasilkan dengan berbagai cara yaitu secara elektrolisis, kimiawi, fotokimia serta melalui peluahan muatan listrik. Reaksi pembentukan ozon secara sederhana sebagai berikut:



Persamaan reaksi (1) dan (2) adalah reaksi pembentukan ozon, tetapi agar reaksi (2) berlanjut diperlukan material ketiga M. Material M tersebut dapat berupa oksigen, nitrogen atau dinding tabung. Dilain pihak jika reaksi terus berlanjut maka ozon yang telah terbentuk akan terurai kembali melalui reaksi (3) dan (4). Pada saat reaksi terjadi pada kesetimbangan terbentuk ozon pada konsentrasi tertentu. Jika peluahan listrik diperbesar dan ruang peluahan yang dialiri udara diperbesar sehingga waktu tinggal udara di ruang peluahan menjadi lebih lama maka ozon yang terbentuk menjadi lebih besar. Tetapi pada saat mencapai konsentrasi yang lebih tinggi maka ozon yang terbentuk akan terurai kembali. Faktor-faktor yang mempengaruhi pembuatan ozon adalah:

ditujukan untuk menjaga kualitas air yang terkontaminasi di jaringan distribusi. Waktu paruh atau half life hanya 20 menit tanpa residen.

d. Cara Kerja Ozon

Dengan media cair ozon menghasilkan radikal bebas yang menginaktivasi mikroorganisme. Pengolahan ozon menyebabkan konversi *circular plasmid* DNA tertutup (ccDNA) *E. coli* menjadi *circular* DNA terbuka (ocDNA). Ozon inaktivasi virus dengan cara merusak inti asam nukleat. Pelapis protein terpengaruh juga, namun merusak pelapis protein kecil dan mungkin tidak ada pengaruhnya pada adsorpsi poliovirus kedalam sel host. Terhadap rotavirus, ozon merubah capsid dan inti RNA (Said, 2011).

e. Kemampuan Ozon

Ozon mampu menguraikan komponen organik termasuk asam humus. Dengan ozon, asam humus akan terurai menjadi senyawa yang sederhana dan bersifat biodegradable. Ozon bersifat bakterisida, virusida, algasida serta mengubah senyawa organik kompleks menjadi senyawa yang sederhana. Penggunaan ozon lebih banyak diterima oleh konsumen karena tidak meninggalkan bau dan rasa. Setelah melalui proses ozonisasi, air minum ditampung dalam tangki bersih untuk selanjutnya siap dikonsumsi.

Tabel 2.2 Keuntungan dan kerugian ozon sebagai desinfektan

Keuntungan	Kerugian
1. Masalah rasa, bau dan warna dapat dikurangi 2. Bahan organik pengotor dapat dioksidasi dengan cepat 3. Desinfeksi efektif dapat dicapai	1. Sisa ozon tidak bertahan lama 2. Diperlukan input energi listrik yang tinggi dan biaya investasi dan operasi yang besar (sekitar 10-15 kali lebih tinggi dari klor)

<p>pada kisaran pH dan suhu yang luas</p> <p>4. Efek membunuh bakteri dan spora cepat. 300-3000 kali lebih cepat</p> <p>5. Tidak timbul bau akibat dari pembentukan kompleks</p> <p>6. Mereduksi bahan pengkonsumsi klor</p> <p>7. Memperbaiki efisiensi pengolahan secara keseluruhan</p>	<p>3. Suhu dan kelembaban yang tinggi dapat mempersulit penghasilan ozon</p> <p>4. Proses kurang fleksible terhadap variasi debit dan kualitas air</p> <p>5. Teknik analisis yang kurang spesifik atau sensitif untuk pengendalian proses yang efisien</p> <p>6. Air dengan kandungan bahan organik dan alga yang tinggi memerlukan pengolahan pendahuluan untuk mengurangi bahan pengkonsumsi ozon</p>
--	---

Sumber: Asmadi, dkk. 2011

2.4.2 Sinar Ultraviolet (UV)

1. Pengertian

Ultraviolet adalah gelombang elektromagnetik dengan panjang gelombang diantara 100 – 400 nm (1nm = 0,0000001 mm). Panjang gelombang ini menempatkan ultraviolet diluar spektrum cahaya yang dapat terlihat oleh mata. Sinar ultraviolet dibagi menjadi 4 (empat) spektrum, yaitu:

- a. UV, Sinar ultraviolet yang tidak dapat melewati atmosfer bumi.
- b. UV-A, berada diantara panjang gelombang 200 – 290 nm memiliki tingkat daya bunuh paling tinggi terhadap bakteri, protozoa, maupun virus.

- c. UV-B, berada diantara panjang gelombang 290 – 300 nm terdapat dalam sinar matahari. UV-B, berada diantara panjang gelombang 290 – 300 nm terdapat dalam sinar matahari.
- d. UV-C, berada diantara panjang gelombang 300 – 400 nm terdapat dalam sinar matahari namun hampir tidak memiliki kemampuan sebagai desinfeksi.

2. Desinfeksi dengan UV

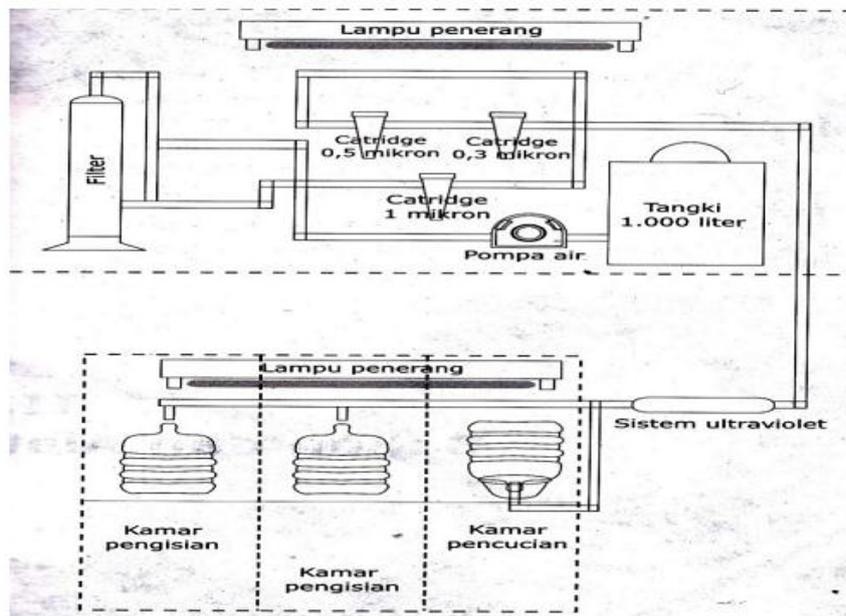
Radiasi sinar ultraviolet adalah radiasi elektromagnetik pada panjang gelombang lebih pendek dari spektrum antara 100–400 nm, dapat membunuh bakteri tanpa meninggalkan sisa radiasi dalam air. Radiasi sinar ultraviolet telah digunakan untuk desinfeksi air sejak pergantian abad 20. Apabila terdapat panjang gelombang yang terus menerus hingga mencapai panjang gelombang infra merah maka akan terjadi penurunan bahkan tidak ada kemampuan daya bunuh terhadap bakteri.

Secara alamiah sinar ultraviolet juga terdapat pada lapisan troposfer, tetapi tidak dalam jumlah yang besar. Dengan rusaknya ozon maka akan lebih banyak sinar ultraviolet memasuki lapisan troposfer. Apabila sinar ultra violet tersebut dalam jumlah sedikit akan berguna bagi tubuh manusia dalam pembentukan vitamin D. Sinar ultra violet dengan panjang gelombang 280–320 nm bersifat bakterisidal dan sering digunakan untuk desinfeksi udara maupun air.

3. Mekanisme desinfeksi UV

Sinar ultra violet dengan panjang gelombang 253,7 nm mampu menembus dinding sel mikroorganisme sehingga dapat merusak *Deoxyribonucleic Acid* (DNA) dan *Ribonucleic Acid* (RNA). RNA

berperan pada sintesis protein mengatur anabolisme, menghasilkan dan membentuk enzim sebagai penyimpan makanan. DNA terdapat dalam nukleus berisi kode genetika untuk reproduksi seluruh komponen sel. Air yang dilewati sinar ultra violet harus jernih. Air yang mengandung suspendid solid akan mempengaruhi transmisi dan penyerapan sinar ultra violet sehingga dapat melindungi bakteri, terutama bakteri dengan ukuran yang lebih kecil dari partikel suspendid solid



Sumber: (Sulistiyandari, 2009)

Gambar 2.4 Penataan perangkat air minum sistem ultraviolet

4. Faktor yang mempengaruhi daya kerja UV

Faktor-faktor yang mempengaruhi daya kerja sinar ultra violet pada pengolahan air minum adalah:

- a. Air yang keruh akan menghalangi penyinaran sinar UV.
- b. Sinar UV tidak efektif pada air dengan kontaminasi kepadatan tinggi.

- c. Penyinaran pada jarak yang dekat akan lebih efektif dibanding dengan jarak yang semakin jauh.
- d. Temperatur yang semakin tinggi akan semakin menambah daya bunuh bakteri.
- e. Bakteri yang menghasilkan spora sangat resisten sehingga pengaruh desinfeksi dengan sinar ultra violet sangat kecil.

5. Sumber UV

Sumber sinar ultraviolet berasal dari lampu mercury bertekanan rendah berfungsi sebagai pusat energi listrik ultraviolet. Lampu tersebut banyak digunakan karena sekitar 85% dari panas lampu adalah monokromatik pada panjang gelombang 253 nm. Panjang gelombang kisaran 250–270 nm, memerlukan ukuran panjang lampu 2,5–5 feet (0,75–1,5m) dengan diameter 0,6–0,8 inci (15–20 mm). Energi yang dihasilkan oleh uap merkuri yang diisikan kedalam lampu.

Tabel 2.3 Keuntungan dan kerugian UV sebagai desinfektan

Keuntungan	Kerugian
1. Tidak ada zat kimia yang dilarutkan dalam air sehingga kualitas air tidak terpengaruh 2. Konsisten di air, seperti ammonia tidak menimbulkan efek pada kapasitas desinfeksi 3. Tidak menimbulkan rasa dan bau, tetapi UV tidak menghilangkan rasa, bau dan warna 4. Waktu pemaparan yang singkat	1. Spora, kista dan virus lebih susah didesinfeksi daripada bakteri 2. Membutuhkan banyak UV karena diserap zat lain 3. Tidak ada residu sehingga diperlukan desinfektan sekunder 4. Peralatan yang mahal dan energi listrik yang dibutuhkan besar 5. Seringkali perawatan yang mahal diperlukan untuk memastikan

5. Overdosis tidak menyebabkan efek mengganggu	energi yang stabil dan desintas yang relatif seragam
--	--

Sumber: Asmadi, dkk. 2011

2.5 Tinjauan Tentang Bakteri Koliform

2.5.1 Deskripsi Bakteri koliform

Bakteri koliform merupakan golongan mikroorganisme yang lazim digunakan sebagai indikator, di mana bakteri ini dapat menjadi sinyal untuk menentukan suatu sumber air telah terkontaminasi oleh patogen atau tidak. Berdasarkan penelitian, bakteri koliform ini menghasilkan zat etionin yang dapat menyebabkan kanker. Selain itu, bakteri pembusuk ini juga memproduksi bermacam-macam racun seperti indol dan skatol yang dapat menimbulkan penyakit bila jumlahnya berlebih di dalam tubuh (Arofatullah, 2013). Berbagai metode untuk mengidentifikasi bakteri patogen di dalam air telah dikembangkan. Akan tetapi, penentuan semua jenis bakteri patogen ini membutuhkan waktu dan biaya yang besar, sehingga penentuan kelompok bakteri koliform dianggap sudah cukup baik dalam menilai tingkat kualitas air. Penentuan bakteri koliform sebagai indikator adanya pencemaran tinja pertama kali dilakukan di Amerika Serikat pada tahun 1914 (Effendi, 2003).

Bakteri koliform merupakan organisme non spora yang motil atau non motil, berbentuk batang, dapat memfermentasi laktosa dengan menghasilkan asam dan gas pada temperatur 37°C dalam waktu 48 jam, bersifat aerob dan anaerob fakultatif, termasuk kedalam bakteri gram negatif. Bakteri koliform dipilih sebagai indikator terjadinya kontaminasi tinja dibandingkan kuman patogen lain yang terdapat pada saluran pencernaan manusia karena (Chandra, 2012):

- a. Jumlah organisme koliform cukup banyak dalam usus manusia. Sekitar 200-400 miliar organisme ini dikeluarkan melalui tinja setiap harinya. Karena jarang sekali ditemukan dalam air, keberadaan kuman ini dalam air memberi bukti kuat adanya kontaminasi tinja manusia.
- b. Organisme ini lebih mudah dideteksi melalui metode kultur (walau hanya terdapat 1 kuman dalam 100 cc air) dibandingkan tipe kuman patogen lainnya.
- c. Organisme ini lebih tahan hidup dibandingkan dengan kuman usus patogen lainnya.
- d. Organisme ini lebih resisten terhadap proses purifikasi air secara ilmiah. Bila koliform organisme ini ditemukan dalam sample air maka dapat diambil suatu kesimpulan bahwa kuman usus patogen yang lain dapat juga ditemukan dalam sample air tersebut walaupun dalam jumlah yang kecil.

Tabel 2.4 Distribusi Bakteri Koliform Total dalam Tinja Manusia dan Hewan

Jenis sampel	% of Total Coliform		
	<i>E.coli</i>	<i>Klebsiella spp.</i>	<i>Enterobacteri Citrobacter spp.</i>
Tinja Manusia	96.8	1.5	1.7
	94.1		5.9
Tinja Hewan	94	2	4
	92.6		7.4

Sumber: National Health and Medical Research Council, Australian Government.

2.5.2 Klasifikasi koliform

Merupakan golongan *eubacteria* batang gram negatif fakultatif anaerob berfamili *Enterobacteriaceae*. Merupakan batang gram negatif, bersifat motil dengan flagel peritrika atau nonmotil, tumbuh pada medium pepton atau ekstrak daging tanpa penambahan natrium klorida atau suplemen

lain, berkembang baik pada agar MacKonkey, tumbuh secara anaerob maupun anaerob (fakultatif anaerob), melakukan fermentasi glukosa bukannya oksidasi glukosa (Brooks, 2008).

Urutan taksonomi salah satu bakteri koliform (Brooks, 2008)

Kerajaan : *Prokaryotae*
 Divisi : *Gracilicutes*
 Kelas : *Scotobacteria*
 Ordo : *Eubacteriales*
 Famili : *Enterobacteriaceae*
 Genus : *Escherichia*
 Spesies : *coli*

Tabel 2.5 Famili, Genera dan Species beberapa Koliform Umum

Famili	Genera	Species
<i>Enterobacteriaceae</i>	<i>Escherichia</i>	<i>Escherichia coli</i> (<i>E.coli</i>)
	<i>Klebsiella</i>	<i>Klebsiella pneumonia</i> (<i>K.pneumonia</i>)
	<i>Enterobacter</i>	<i>Enterobacter aerogenus</i> (<i>E.aerogenus</i>)
	<i>Citobacter</i>	<i>Citobacter freundii</i> (<i>C.freundii</i>)

Sumber: National Health and Medical Research Council, Australian Government.

Bakteri koliform dikelompokkan menjadi 2 kelompok diantaranya:

a. Koliform fekal

Koliform fekal adalah bakteri koliform yang berasal dari tinja manusia atau hewan berdarah panas lainnya. Kelompok bakteri koliform fekal ini diantaranya *Escherichia coli*. *Escherichia coli* merupakan bakteri yang

berasal dari kotoran hewan atau manusia. Oleh karena itu adanya *Escherichia coli* pada air menunjukkan bahwa air tersebut pernah terkontaminasi feses manusia. Pada keadaan tertentu dapat mengalahkan mekanisme pertahanan tubuh, sehingga dapat menyebabkan diare, peritonitis, meningitis dan infeksi-infeksi lainnya. Oleh karena itu, standar air minum mensyaratkan bakteri *Escherichia coli* harus nol dalam 100 ml air (Suriawiria, 1996).

b. Koliform non fekal

Pada kelompok koliform non-fekal diantaranya, *Enterobacter aerogenes* dan *Klebsiela* yang biasa disebut golongan perantara. Bakteri ini biasanya ditemukan pada hewan atau tanaman-tanaman yang telah mati. Bakteri ini juga lebih banyak didapatkan didalam habitat tanah dan air daripada didalam usus (Suriawiria, 1996).

2.6 Metode Pengujian Mikrobiologi Air

Metode pengujian bakteriologis air meliputi (Irianto, 2013)

1. Uji penduga (presumptive test)

Merupakan tes pendahuluan tentang ada tidaknya kehadiran koliform berdasarkan terbentuknya asam dan gas disebabkan karena adanya fermentasi laktosa oleh bakteri golongan *E. coli*. Terbentuknya asam dapat dilihat dari kekeruhan pada media laktosa dan gas yang dihasilkan dapat di lihat dalam tabung durham dalam bentuk gelembung udara. Inkubasi dilakukan pada suhu 35° C selama 24 jam dan tabung dinyatakan positif jika terbentuk gas sebanyak 10% atau lebih dari volume didalam tabung durham. Tabung yang tidak menunjukkan gelembung gas di perpanjang lagi masa inkubasinya sampai 48 jam. Jika tetap

tidak terbentuknya gas maka dihitung sebagai tabung negatif. Banyaknya kandungan bakteri koliform dapat dilihat dengan menghitung tabung yang menunjukkan reaksi positif terbentuk asam dan gas dibandingkan dengan table MPN (Most Probable Number).

2. Uji penguat (confirmed test)

Uji penguat dilakukan dengan menggunakan jarum ose, contoh dari tabung MPN yang menunjukkan uji penduga positif masing-masing diinokulasikan pada tabung BGLB dengan cara goresan kuadran. Semua tabung diinokulasikan pada suhu 35° C selama 24 jam. Jumlah gas yang terbentuk dari tabung Durham menunjukkan adanya pertumbuhan koliform baik fekal maupun non fekal, dihitung dan MPN penguat dapat dihitung dari table MPN 7 tabung atau 15 tabung.

3. Uji pelengkap (completed test)

Pengujian selanjutnya dilanjutkan dengan uji kelengkapan untuk menentukan bakteri *Escherichia coli*. Dari koloni yang berwarna pada uji ketetapan diinokulasikan ke dalam medium kaldu laktosa dan medium agar miring Nutrient Agar (NA), dengan jarum inokulasi secara aseptik. Diinkubasi pada suhu 37° C selama 1x24 jam. Bila hasilnya positif terbentuk asam dan gas pada kaldu laktosa, maka sampel positif mengandung bakteri *Escherichia coli*. Dari media agar miring NA dibuat pewarnaan Gram dimana bakteri *Escherichia coli* menunjukkan Gram negatif berbentuk batang pendek. Untuk membedakan bakteri golongan koli, dari bakteri golongan coli fekal (berasal dari tinja hewan berdarah panas), pekerjaan dibuat Duplo, dimana satu seri diinkubasi pada suhu 37° C (untuk golongan koli) dan satu seri diinkubasi pada suhu 42° C (untuk golongan koli fekal). Bakteri golongan koli tidak dapat tumbuh dengan baik pada suhu 42° C, sedangkan golongan koli fekal dapat tumbuh dengan baik pada suhu 42° C.

2.7 Bahan Ajar

2.7.1 Pengertian Bahan Ajar

Bahan ajar adalah segala bahan (informasi, alat maupun teks) yang disusun secara sistematis, yang menampilkan sosok utuh dari yang akan dikuasai peserta didik dan digunakan dalam proses pembelajaran dengan tujuan perencanaan dan penelaan implementasi pembelajaran . Misalnya, buku pelajaran, handout, LKS/LKM, model atau maket, bahan ajar audio, bahan ajar interaktif dan sebagainya (Prastowo, 2013).

2.7.2 Fungsi, Manfaat dan Tujuan Bahan Ajar

A. Fungsi Bahan Ajar (Prastowo, 2013)

- a. Fungsi bahan ajar bagi pendidik
 1. Menghemat waktu pendidik dalam mengajar
 2. Mengubah seorang pendidik dari seorang pengajar menjadi fasilitator
 3. Meningkatkan proses pembelajaran menjadi lebih efektif dan interaktif.
- b. Fungsi bahan ajar bagi peserta didik
 1. Peserta didik dapat belajar tanpa adanya pendidik atau teman peserta didik
 2. Peserta didik dapat belajar kapan saja dan dimana saja sesuai yang dikehendaki
 3. Membantu potensi peserta didik untuk menjadi lebih mandiri

B. Manfaat Bahan Ajar (Prastowo, 2013)

Manfaat atau kegunaan pembuatan bahan ajar dapat dibedakan menjadi macam, yaitu

- a. Kegunaan bagi pendidik
 1. Pendidik akan memiliki bahan ajar yang dapat membantu dalam pelaksanaan kegiatan pembelajaran
 2. Bahan ajar dapat diajukan sebagai karya yang dinilai untuk menambah angka kredit pendidik guna keperluan kenaikan pangkat.
- b. Kegunaan bagi peserta didik
 1. Kegiatan pembelajaran menjadi lebih menarik
 2. Peserta didik lebih banyak mendapatkan kesempatan untuk belajar secara mandiri dengan bimbingan pendidik

C. Tujuan Bahan Ajar (Prastowo, 2013)

Empat pokok tujuan pembuatan bahan ajar adalah

- a. Membantu peserta didik dalam mempelajari sesuatu.
- b. Menyediakan berbagai jenis pilihan bahan ajar sehingga mencegah timbulnya rasa bosan pada peserta didik.
- c. Memudahkan peserta didik dalam proses pembelajaran.
- d. Agar kegiatan pembelajaran lebih menarik.

2.7.3 Klasifikasi Bahan Ajar

A. Bahan Ajar Menurut Bentuknya (Belawati, 2003)

1. Bahan cetak (*printed*) yaitu sejumlah bahan yang disiapkan dalam kertas yang dapat berfungsi untuk keperluan pembelajaran

2. Bahan ajar dengar atau program audio yaitu semua system yang menggunakan sinyal radio secara langsung yang dapat dimainkan atau didengarkan
3. Bahan ajar pandang atau audiovisual yaitu segala sesuatu yang memungkinkan sinyal audio dapat dikombinasikan dengan gambar bergerak
4. Bahan ajar interaktif yaitu kombinasi dari dua atau lebih media yang oleh pembuat bahan ajar diberi perlakuan untuk mengendalikan suatu perintah.

B. Bahan Ajar Menurut Cara Kerjanya (Belawati, 2003)

1. Bahan ajar yang tidak diproyeksikan yaitu bahan ajar yang tidak memerlukan perangkat proyektor untuk memproyeksikan isi didalamnya
2. Bahan ajar yang diproyeksikan yaitu bahan ajar yang memerlukan perangkat proyektor untuk memproyeksikan isi didalamnya agar bisa dipelajari peserta didik
3. Bahan ajar audio yaitu bahan ajar berupa sinyal audio yang direkam dalam suatu media rekam
4. Bahan ajar video yaitu bahan ajar yang memerlukan pemutar berupa VCD player, DVD player dan sebagainya
5. Bahan ajar media computer yaitu berbagai bahan ajar noncetak yang membutuhkan computer sebagai media pembelajarannya.

C. Bahan Ajar Menurut Sifatnya (Belawati, 2003)

1. Bahan ajar berbasiskan cetak, seperti buku, panduan belajar siswa, bahan tutorial, buku kerja, Koran, pamflet dsb.
2. Bahan ajar yang berbasiskan teknologi seperti computer, proyektor, video, kaset dan multimedia
3. Bahan ajar yang digunakan untuk praktik atau proyek seperti *kits* sains, lembar wawancara, lembar observasi
4. Bahan ajar yang dibutuhkan untuk keperluan interaksi manusia seperti telepon, *video call*, *video conferencing*.

2.7.4 Lembar Kerja Mahasiswa (LKM)

A. Pengertian LKM

LKM adalah suatu bahan ajar cetak berupa lembar-lembar kertas yang berisi materi, ringkasan dan petunjuk-petunjuk pelaksanaan tugas pembelajaran yang harus dikerjakan peserta didik mengacu pada kompetensi dasar yang harus dicapai (Prastowo, 2013).

B. Bentuk LKM

1. LKM yang Membantu Peserta Didik Menemukan Suatu Konsep (Prastowo, 2013)

LKM jenis ini memuat apa yang harus dilakukan peserta didik meliputi melakukan, mengamati dan menganalisis. Oleh karena itu kita perlu merumuskan langkah-langkah yang harus dilakukan peserta didik kemudian kita meminta mengamati fenomena kegiatannya. Selanjutnya kita berikan pertanyaan-pertanyaan

analisis yang membantu peserta didik untuk mengaitkan fenomena yang mereka amati dengan konsep yang akan mereka bangun.

2. LKM yang Membantu Peserta Didik Menerapkan dan Mengintergrasikan Berbagai Konsep yang Telah Ditemukan (Prastowo, 2013)

Didalam sebuah pembelajaran setelah peserta didik berhasil menemukan konsep selanjutnya kita dilatih untuk menerapkan konsep yang telah di pelajari tersebut dalam kehidupan sehari-hari.

3. LKM yang Berfungsi sebagai Penuntun Belajar (Prastowo, 2013)

LKM bentuk ini berisi pertanyaan atau isian yang jawabannya ada didalam buku sehingga fungsi LKM ini membantu peserta didik menghafal isi materi pembelajaran yang terdapat didalam buku.

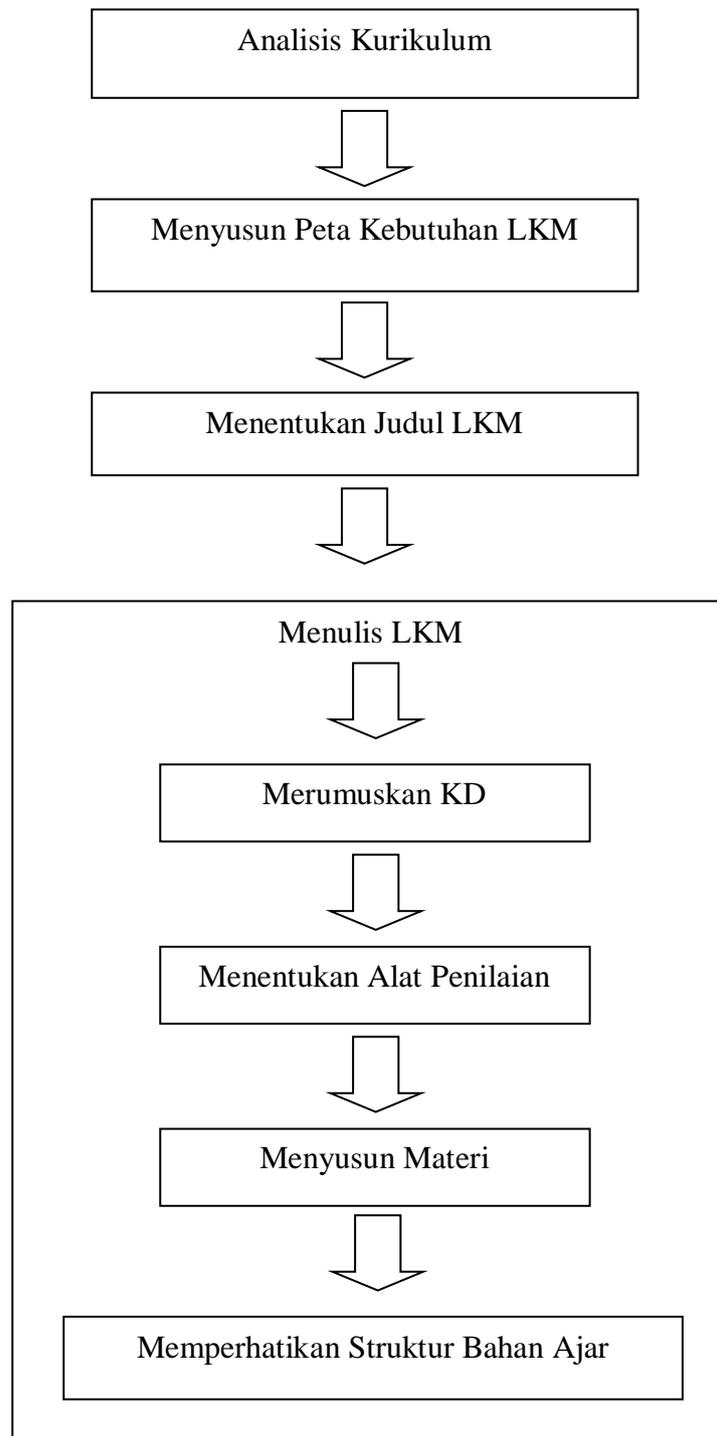
4. LKM yang Berfungsi sebagai Penguatan (Prastowo, 2013)

LKM bentuk ini diberikan setelah peserta didik selesai mempelajari topik tertentu. Materi pembelajaran yang dikemas dalam LKM ini lebih mengarah pada pendalaman pada materi yang terdapat didalam buku.

5. LKM yang Berfungsi sebagai Pedoman Praktikum (Prastowo, 2013)

Petunjuk praktikum merupakan salah satu isi (*content*) dari LKM bentuk ini.

C. Penyusunan LKM



Gambar 2.5 Diagram langkah-langkah penyusunan LKM