

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

A. Penelitian Terdahulu

Berikut uraian mengenai perbedaan penelitian terdahulu dan penelitian sekarang :

Tabel II.1 Penelitian Terdahulu

No. 1	Peneliti 2	Judul 3	Obyek Material 4
1.	Heny Arwina Bangun, 2022	Penurunan Kadar Besi (Fe) dengan Metode Aerasi-Filtrasi Air Sumur Bor Masyarakat Kelurahan Tanjung Rejo	Penelitian ini bertujuan untuk menentukan efektivitas waktu aerasi menggunakan bubble aerator dengan variasi durasi 30 menit, 45 menit, dan 60 menit. Kadar Fe sebelum pengolahan adalah 4,25 mg/L, dan hasil penurunan kadar Fe tertinggi setelah pengolahan aerasi selama 60 menit mencapai 76,47% dengan rata-rata penurunan sebesar 3,25 mg/L.
2.	Eko Hartini, 2012	Cascade Aerator dan Bubble Aerator dalam Menurunkan Kadar Mangan Air Sumur Gali	Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengurangi kadar Mn dalam air dari sumur gali menggunakan proses aerasi, serta mengevaluasi efektivitas cascade aerator dan bubble aerator dalam mengurangi kadar Mn dalam air tersebut.
3.	Atika Lailatul Masruroh, 2024	Pengaruh Variasi Waktu Aerasi Terhadap Penurunan Kadar Mn Pada Air Minum Di Desa Pilangkenceng Kecamatan Pilangkenceng Kabupaten Madiun Pada Tahun 2024	Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengurangi kadar Mn dalam Air Minum melalui proses aerasi dengan menggunakan waktu variasi selama 1 jam, 2 jam, dan 3 jam.

B. Kajian Teori

1. Air

a. Definisi Air

Air memainkan peran yang sangat krusial dalam kehidupan. Sebagai pelarut universal, Semua organisme menggunakan air untuk melakukan reaksi kimia dan mengangkut nutrisi dan produk metabolisme. Bagi manusia, air bukan hanya penting secara biologis tetapi juga untuk kelangsungan hidupnya. berdasarkan peraturan dari Menteri Kesehatan Republik Indonesia, kualitas air harus memenuhi kualitas yang telah ditetapkan untuk air minum, sebagaimana yang diatur dalam Peraturan Menteri Kesehatan RI Nomor 2 Tahun 2023. Standar ini mencakup aspek fisik, mikrobiologi, kimia, dan radioaktif dari air minum. (Wahyudin, 2022).

Air Minum sangat penting dalam peran kebutuhan manusia dalam semua kegiatan sehari-hari. Kualitas air harus memenuhi persyaratan seperti aspek fisik (termasuk bau, warna, dan rasa), kimia (seperti pH, kekeruhan, dll.), dan biologis (bebas dari kontaminasi mikroorganisme patogen). Untuk menjaga kelangsungan dan kemajuan kehidupan manusia, ketersediaan Air Minum dalam jumlah yang memadai harus dipastikan sesuai dengan aktivitas manusia di suatu tempat maupun waktu tertentu. Air Minum adalah air yang memenuhi standar kesehatan dengan komponen fisik, kimia, dan mikrobiologi yang terjaga. Oleh karena itu, pengelolaan kualitas dan penggunaan sumber daya air harus terintegrasi dengan baik. Penurunan kualitas air dapat mempengaruhi ketersediaan sumber daya alam secara keseluruhan. (Kholifah, 2022a).

Air merupakan faktor kunci dalam menjaga kesehatan masyarakat karena berperan dalam penyebaran berbagai penyakit menular, termasuk penyakit pencernaan, yang sering kali disebabkan oleh kontaminasi air oleh feses. Sumber air seperti sungai dapat menjadi vektor penyakit dengan menyebarkan berbagai patogen, termasuk bakteri yang terdapat dalam limbah manusia. Oleh karena itu, sanitasi air menjadi sangat

penting dalam pencegahan penyakit. Pengolahan air adalah langkah krusial untuk memastikan kualitas air yang aman digunakan. Proses pengolahan kembali air yang terkontaminasi merupakan salah satu strategi utama dalam upaya pencegahan. Ini melibatkan pendekatan fisik, kimia (seperti penyesuaian pH), dan mikrobiologis (pengukuran konsentrasi bakteri) untuk menjamin air layak konsumsi. (Kholifah, 2022a).

b. Sumber air

Sumber air adalah elemen krusial dalam infrastruktur penyediaan air yang bersih. Tanpa adanya sumber air yang memadai, pada sistem penyediaan Air Minum tidak dapat berfungsi secara efektif. Di Bumi, air berasal dari berbagai sumber yang berbeda. Bersumber pada lokasinya, sumber air dapat dibagi menjadi air atmosfer (seperti air hujan), air permukaan (seperti sungai dan danau), dan air tanah. (Kholifah, 2022b).

1) Air angkasa/air hujan

Air hujan atau air angkasa adalah hasil dari sublimasi awan yang turun melalui udara dan melarutkan komponen-komponen seperti O₂, CO₂, N₂, mikroorganisme, dan debu yang terdapat di udara. Ini menjadikan air hujan sebagai sumber air utama pada kehidupan di bumi. Meskipun curah hujan atas dasarnya adalah Air Minum, namun air yang turun dari atmosfer cenderung terkontaminasi. Pencemaran ini dapat terjadi karena adanya partikel debu, mikroorganisme, serta gas-gas seperti CO₂, N₂O₃, dan SO₃ di atmosfer. Akibatnya, reaksi kimia dapat terjadi seperti berikut:

a) Gas CO₂ + air hujan → asam karbonat

b) Gas N₂O₃ + air hujan → asam nitrat

c) Gas SO₃ + air hujan → asam sulfat

Melalui reaksi kimia ini, air hujan turun yang hingga membasahi bumi menjadi tidak murni dan dapat menyebabkan fenomena hujan asam.

2) Air permukaan

Air permukaan berarti air yang asalnya dari curah hujan yang mencapai permukaan bumi. Contoh-contoh air permukaan meliputi sungai, rawa, lautan, waduk, kolam dan danau. Air dari sungai sering digunakan untuk keperluan manusia. Penting untuk menggunakan air sungai yang tidak tercemar, tidak berbau, tidak berasa, dan tampak jernih. Air permukaan menjadi salah satu sumber utama untuk pasokan Air Minum. Unsur yang harus diamati terkait dengan air permukaan termasuk kualitas air, volume, dan kelangsungan aliran air.

3) Air tanah

Air hujan yang meresap ke dalam tanah saat jatuh dari langit disebut air tanah, mengalami proses lokal penyaringan alami. Air tanah memiliki sejumlah kelebihan dan kelemahan. Salah satu kelebihan adalah air tanah umumnya bebas dari patogen dan tidak memerlukan proses pemurnian tambahan. Namun, kelemahannya adalah kandungan mineral tertentu (seperti logam berat magnesium, kalium, dan besi) dapat tinggi. Terdapat dua jenis air tanah, yaitu air tanah dalam air tanah dangkal dan.

a) Air tanah dangkal

Air tanah dangkal yaitu hasil dari infiltrasi air dari permukaan tanah, dengan kedalaman mencapai berkisar 15 meter. Kualitas dari air tanah dangkal secara umum cenderung lebih baik dibandingkan dengan air tanah yang lebih dalam. Namun, dari segi kuantitas, air tanah dangkal dapat bervariasi tergantung pada musim atau kondisi hujan.

b) Air tanah dalam

Air tanah dalam yaitu air yang terjebak di lapisan akuifer yang lebih dalam, biasanya berada pada kedalaman 100 hingga 300 meter dibawah permukaan tanah. Untuk mengakses air tanah dalam ini, diperlukan penggunaan bor dan pemasangan pipa hingga kedalaman yang sesuai. Umumnya, kualitas air tanah

dalam cenderung lebih baik dibandingkan dari air tanah dangkal. Selain itu, kualitas air tanah dalam tidak terpengaruh oleh berubahnya musim.

c. Karakteristik Air

Menurut (Malle, 2021) karakteristik air fisik dan kimia sebagai berikut:

1) Fisik

a) Kekeruhan

Air berlumpur merujuk pada air yang tidak jernih dan tampak buram atau keruh karena adanya partikel tersuspensi di dalamnya. Partikel seperti tanah liat, pasir, dan lumpur dapat membuat air terlihat kotor atau bahkan berlumpur. Meskipun air berlumpur tidak selalu berbahaya bagi kesehatan, tampilannya yang tidak alami membuatnya tidak disarankan untuk diminum.

Keruhnya air disebabkan oleh pembiasan cahaya di dalamnya, yang terjadi karena adanya bahan-bahan seperti bahan organik, mikroorganisme, dan benda-benda terapung. Kekeruhan air diukur dengan nilai SiO_2 dalam mg/l. Semakin tinggi kekeruhan air, semakin tinggi konduktivitas dan kepadatannya.

Kekeruhan pada air tanah dan permukaan sering kali merupakan tanda awal adanya kontaminasi lebih lanjut atau indikasi adanya banyak sedimen tersuspensi yang mengurangi kualitas air. Kekeruhan dapat diidentifikasi dengan adanya warna yang tidak jelas dalam air. Air yang berwarna coklat keruh atau gelap sering kali terkait dengan tingginya konsentrasi zat terlarut, yang dapat berdampak pada nilai estetika air jika digunakan sebagai sumber Air Minum.

b) Suhu

Suhu air memiliki dampak signifikan terhadap penerimaan masyarakat terhadap air dan proses kimia yang terjadi dalam pengelolaannya, terutama ketika suhu mencapai tingkat yang sangat tinggi. Idealnya, suhu yang diinginkan untuk penggunaan adalah antara 50°F - 60°F (sekitar 10°C - 15°C). Namun, faktor-faktor seperti iklim lokal, kedalaman pipa, dan jenis sumber air dapat mempengaruhi suhu air yang tersedia. Di samping itu, banyak polutan kimia yang berbahaya dan pertumbuhan mikroorganisme dan virus dipengaruhi secara langsung oleh suhu air. Secara umum, kelarutan zat padat dalam air meningkat. Efek termal keseluruhan larutan memengaruhi suhu. Jika kalor suatu larutan bersifat endotermik, maka larutan akan bertambah seiring dengan kenaikan suhunya. Jika suhu suatu larutan meningkat, kelarutannya cenderung menurun. Perubahan kecil dalam suhu dapat sangat mempengaruhi kelarutan larutan tersebut.

Meskipun tidak semua standar kualitas air memasukkan suhu sebagai kriteria, penjelasan di atas memberikan gambaran mengapa suhu dimasukkan sebagai salah satu persyaratan baku. Dari penjelasan tersebut dapat disimpulkan hal berikut:

- (1) Mempertahankan penerimaan masyarakat terhadap kebutuhan air
- (2) Upayakan agar toksisitas dan kelarutan kontaminan dalam air tetap serendah mungkin.
- (3) Pastikan suhu air dijaga agar tidak mendukung pertumbuhan mikroorganisme dan virus di dalamnya sebaik mungkin.

Menjaga air pada suhu yang lebih tinggi dari suhu udara dapat menyebabkan kegagalan dalam mencapai tujuan di atas, yaitu mengurangi penerimaan masyarakat terhadap air dan

meningkatkan tingkat toksisitas serta kelarutan bahan-bahan berbahaya dalam air.

c) Bau dan Rasa

Bau dan juga rasa seringkali muncul secara bersama-sama dan umumnya diakibatkan oleh keberadaan bahan organik yang mengalami proses pembusukan. Material ini dapat bersumber dari berbagai sumber. Intensitas penciuman dan persepsi rasa bisa bervariasi antara individu, sehingga hasil yang diungkapkan bersifat relatif. Untuk memenuhi standar air minum dan Air Minum, penting bahwa air tidak memiliki bau atau rasa yang terdeteksi. Air yang memiliki bau tidak hanya tidak menyenangkan untuk dikonsumsi tetapi masyarakat juga tidak suka. Bau air dapat menjadi indikator kualitas air, misalnya bau amis yang bisa saja disebabkan dengan tumbuhnya alga. Secara umum, air minum seharusnya tidak memiliki rasa yang terlalu kuat. Air yang terasa basi bisa mengindikasikan keberadaan berbagai zat berbahaya bagi kesehatan, dengan dampak yang bervariasi tergantung pada penyebabnya. Rasa dan bau yang tidak diinginkan yang ditemukan dalam air berasal dari hidrogen sulfida dan senyawa organik yang dihasilkan dari dekomposisi anaerobik.

d) Kimia

(1) Power of Hydrogen (pH)

Keasaman dalam air sering kali diukur dengan nilai pH, yang merupakan logaritma dari konsentrasi ion hidrogen yang terlarut dalam larutan. Konsentrasi ion hidrogen (mol/liter) pada suhu tertentu menunjukkan tingkat aktivitas ion hidrogen dalam larutan, yang merupakan indikator utama tingkat keasaman atau pH air. Kehadiran ion H^+ dan OH^- mempengaruhi muatan partikel, dengan muatan positif lebih dominan pada nilai pH di bawah titik isoelektrik. Titik

isoelektrik adalah pH di mana muatan bersifat netral. Sebaliknya, pada nilai pH yang tinggi di atas titik isoelektrik, muatan partikel cenderung lebih negatif atau kurang positif.

pH adalah sebuah parameter yang mengukur tingkat keasaman atau basa dalam air, dengan rentang pengukuran umumnya dari 1 hingga 14. Pengukuran pH tidak selalu memerlukan fasilitas laboratorium; dapat dilakukan dengan cara sederhana menggunakan kertas pH atau kertas lakmus (kolorimetri). Selain itu, pengukuran pH dapat dilakukan secara lebih presisi menggunakan pH meter otomatis. pH mencerminkan konsentrasi ion hidrogen dalam larutan, yang menentukan keadaan air apakah bersifat asam, basa, atau netral. Nilai pH 7 dianggap sebagai titik netral, di mana konsentrasi ion H^+ dan ion OH^- seimbang. Jika pH kurang dari 7, menunjukkan bahwa air bersifat asam, sedangkan pH di atas 7 menandakan bahwa air bersifat basa. Konsentrasi karbon dioksida (CO_2) dan senyawa asam lainnya merupakan faktor utama yang mempengaruhi nilai pH.

(2) Besi (Fe)

Besi (Fe) adalah logam yang memiliki warna putih keperakan, memiliki sifat ulet, dan mudah dibentuk. Secara periodik, besi (Fe) tergolong dalam Golongan VIII dengan berat atom sekitar 55,85 g/mol, nomor atom 26, berat jenis sekitar 7,86 g/cm³, dan memiliki keadaan valensi umumnya adalah 2 dan 3 (meskipun bisa juga 1, 4, atau 6). Besi (Fe) jarang ditemukan dalam keadaan murni di alam; untuk mendapatkannya, bijih besi harus diolah secara kimia untuk memisahkan besi dari campuran lainnya. Besi (Fe) yang digunakan dalam industri baja seringkali tidak hanya dalam bentuk unsur murni, tetapi juga dalam bentuk paduan dengan logam dan nonlogam lainnya, terutama karbon.

(3) Mangan (Mn)

Unsur kimia mangan (Mn), pada tahun 1774 ditemukan oleh Johann Gahn di Swedia, memiliki simbol Mn dan nomor atom 25. Dalam kondisi normal, logam mangan (Mn) berwarna putih dan padat. Sebagai logam berat, mangan (Mn) cenderung rapuh dan mudah teroksidasi. Terletak di golongan 7B, mangan (Mn) memiliki titik leleh tinggi sekitar 1250°C. Ketika bereaksi dengan air yang hangat, mangan (Mn) membentuk mangan (II) hidroksida dan gas hidrogen.

Mangan (Mn) adalah unsur esensial sebagai faktor jejak untuk pertumbuhan tanaman namun dapat bersifat toksik pada konsentrasi tinggi. Ini juga diperlukan dalam enzim dismutase superoksida dan dalam fotosistem II. Mangan (Mn) juga berperan sebagai katalisator dalam proses degradasi fungi melalui Mangan (Mn) peroksidase. Bentuk-bentuk mangan (Mn) anorganik meliputi manganit (MnO(OH)), pirolusit (MnO_2), karbonat (MnCO_3), dan sulfida (MnS). Kandungan mangan (Mn) dalam air permukaan biasanya berkisar antara 100 hingga 1000 ppm.

(4) Nitrit (NO_2)

Nitrit (NO_2) adalah hasil dari oksidasi amonia (NH_3) atau amonium (NH_4^+) oleh bakteri aerob Gram-negatif (nitrifikasi). Proses oksidasi amonia menjadi nitrit (NO_2) lebih cepat daripada konversi nitrit (NO_2) menjadi nitrat (NO_3). Tingkat nitrit (NO_2) yang tinggi dapat mencapai tingkat toksisitas yang berbahaya.

Nitrit (NO_2) biasanya terdeteksi dengan warna merah keunguan pada rentang pH 2 - 2,5. Warna ini muncul karena pembentukan senyawa azo dye dari reaksi asam sulfanilat dengan N-(1-naftil)-etilen diamin dihidroklorida (NED

dihidroklorida), yang dikenal sebagai reagen Griess. Metode ini memiliki kepekaan deteksi hingga 1 ppb.

Secara umum, nitrit (NO₂) tidak ditemukan dalam air minum dalam jumlah signifikan kecuali pada sumber air yang bersumber dari dalam air tanah, di mana nitrat (NO₃) dapat direduksi menjadi nitrit (NO₂) oleh senyawa besi (Fe). Kehadiran nitrit (NO₂) dalam air minum selalu harus dianggap sebagai indikasi potensial adanya pencemaran.

e) Mikrobiologi

Menurut (Kholifah, 2022b), persyaratan biologis yang harus dipenuhi oleh air termasuk :

- (1) Tidak mengandung patogen seperti *Escherichia coli*, *Salmonella typhi*, dan *Vibrio cholerae*. Patogen ini dapat dengan mudah menyebar melalui air (waterborne).
- (2) Tidak mengandung mikroorganisme patogen seperti jamur aktif, fitoplankton, *E. coli*, dan *Dadukella*..

Menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2017, batas maksimum untuk parameter *E.coli* dan koliform adalah 0 (nol) per 100 mililiter air. Hal ini menunjukkan bahwa keberadaan kuman koliform dalam air dapat menunjukkan adanya kontaminasi atau pencemaran oleh kotoran manusia. Pengujian mikrobiologis sangat penting untuk memantau kualitas pengolahan air secara berkala dan untuk menilai tingkat kontaminasi mikroba dalam air. Untuk mengidentifikasi kuman, pengujian tidak langsung mengukur jumlah patogen mikroba yang menyebabkan penyakit. Sebagai gantinya, mereka menggunakan mikroorganisme indikator seperti *E.coli* yang mewakili kelompok kuman. Selain kuman, kontaminasi oleh jamur juga sering ditemukan sebagai pencemar dalam air.

(a) Coliform

Sekelompok bakteri usus yang dikenal sebagai coliform ditemukan dalam saluran pencernaan manusia dan hewan berdarah panas. Mereka termasuk dalam keluarga Enterobacteriaceae, yang mencakup empat genus bakteri. Coliform merupakan kelompok Bakteri ini banyak ditemukan di feses manusia dan hewan, jadi sering digunakan sebagai pengukur kualitas makanan dan air. Kuman ini pula dipakai jadi indikator kontaminasi tinja. Coliform terdiri dari dua kelompok: kuman nonfekal dan kuman fekal. Bakteri non-fekal seperti *Enterobacter* dan *Klebsiella* ditemukan pada tumbuhan dan fauna mati. Selain kelompok kuman fekal, beberapa kelompok kuman non-fekal dapat menyebabkan penyakit respirasi. *E. coli*, salah satu jenis bakteri coliform fekal yang sering terdapat dalam tinja manusia dan hewan, dapat menyebabkan gangguan pada saluran pencernaan.

- *Citrobacter*

Strain *Citrobacter* merupakan penunggu wajar usus manusia dan fauna serta jua tersebar luas pada area natural tercantum tanah, air, limbah, serta santapan *Citrobacter* ialah patogen pemicu penyakit saluran cerna.

- *Enterobacter*

Enterobacter adalah genus kuman yang dapat ditemukan di berbagai lingkungan. Kuman ini berasal dari tanah dan air dan dianggap memiliki sifat endofit dan fitopatogen pada berbagai jenis tumbuhan. Sebagian spesies biasanya terlibat dalam proses bioproses dan metabolisme. Tidak hanya itu, *enterobacter* pula memainkan kedudukan natural dalam mikrobiota usus hewan serta manusia. Di antara kuman tersebut, cuma

subspesies ataupun spesies tertentu yang berhubungan dengan peradangan serta wabah.

- **Escherichia**

Escherichia merupakan kuman oportunistik yang hidup wajar di usus besar manusia. Watak Escherichia dapat menimbulkan peradangan di usus besar yang menimbulkan diare.

- **Klebsiella**

Famili Enterobacteriaceae memiliki bakteri gram-negatif bernama Klebsiella, yang dapat ditemukan di saluran pencernaan dan saluran pernapasan manusia. Bakteri Klebsiella bersifat tidak bergerak. Mereka tumbuh secara aerobik pada rentang suhu antara 12 hingga 43 °C, dengan kondisi optimal pertumbuhan biasanya terjadi pada suhu antara 35 hingga 37 °C. Pertumbuhan mereka minimal dalam kondisi anaerobik.

(b) **Fecal Coli**

Escherichia coli adalah sejenis bakteri yang sering digunakan sebagai indikator keberadaan patogen dalam air atau bahan makanan. Biasanya digunakan sebagai penanda untuk mengetahui seberapa tercemar kuman patogen air, santapan, dan susu. Sebab jumlah koloni wajib terkait atau positif dengan keberadaan kuman patogen, pengukuran koloni coliform dalam tinja merupakan gejala. Kehadiran coliform dalam makanan dan minuman menandakan adanya mikroorganisme patogenik heterotrofik dan enterotoksinogenik yang berpotensi membahayakan kesehatan. E. coli sendiri merupakan sebagian besar dari kelompok coliform fekal, mencapai sekitar 90%.

d. **Mangan (Mn)**

1) Definisi Mangan (Mn)

Mangan (Mn) adalah logam yang memiliki warna abu-abu-merah. Logam ini memiliki kandungan yang cukup melimpah di kerak bumi, sering kali ditemukan bersama dengan besi (Fe). Zat Mangan digunakan dalam pembuatan besi serta susunan baja, selaku oksidan buat proses pembersihan, pemutihan, serta desinfeksi, selaku kalium permanganat, serta selaku komposisi dalam bermacam produk. Wujud oksidatif yang sangat berarti buat area serta hayati merupakan Mn^{2+} , Mn^{4+} serta Mn^{7+} . Terjadinya Mangan di sumber air permukaan serta air tanah tercipta secara natural paling utama dalam keadaan oksidasi yang rendah. Mangan berlebih pada air memunculkan rasa, warna (coklat/ungu/hitam), ataupun kekeruhan. Dikenal Mangan menimbulkan dampak neurologis sehabis pajanan lewat inhalasi serta pajanan oral lewat air minum.

Mangan (Mn) memiliki sifat-sifat yang sangat mirip dengan besi (Fe) sehingga pengaruhnya hampir sama. Mn dalam konsentrasi kurang dari 0,5 mg/L dalam tubuh berperan penting dalam melindungi kesehatan otak dan tulang, serta berkontribusi dalam pertumbuhan rambut dan kuku. Selain itu, mangan juga diperlukan untuk membentuk enzim yang terlibat dalam metabolisme tubuh untuk mengubah karbohidrat dan protein menjadi energi yang digunakan. Namun apabila Mangan melebihi 0,5 mg/L, hingga hendak mencuat indikasi lapisan syaraf, tidak bisa tidur, serangan jantung, kendala pembuluh darah, lemah pada kaki serta otot muka, apalagi kanker hati

2) Sifat Kimia Mangan (Mn)

Berikut sifat kimia yang dimiliki oleh Mn, yaitu :

- a) Simbol : Mn
- b) Massa atom : 54.938
- c) Nomor atom : 25
- d) Golongan, periode : 4
- e) Kepadatan : 7.3 g/cm³
- f) Titik lebur : 1246°C, 2275°F, 1519 K
- g) Konfigurasi electron : [Ar] 3d⁵ 4s²
- h) Penampilan : metalik mengkilap keabu-abuan
- i) Fase : padat

3) Dampak Tingginya Kadar Mangan (Mn)

a) Pengaruh mangan terhadap air

Air tanah seringkali mengandung konsentrasi mangan (Mn) yang cukup signifikan. Di lingkungan air tanah, ion Mn²⁺ cenderung membentuk senyawa yang larut dalam air dan memiliki warna. Namun, ketika air tanah terpapar udara, ion Mn²⁺ akan lambat teroksidasi menjadi senyawa Mn⁴⁺ yang tidak larut dalam air dan sering kali berwarna.

b) Pengaruh mangan terhadap manusia

Meskipun mangan dalam jumlah kecil tidak berbahaya bagi tubuh manusia, jumlah besar dapat menyebabkan penumpukan di ginjal dan hati. Dan itu beracun bagi sistem pernafasan. Paparan dosis tinggi dalam jangka pendek menyebabkan gejala seperti obesitas, penyakit kulit, penyakit tulang, perubahan warna rambut, gangguan sistem saraf, dan iritasi saluran cerna.

c) Dampak mangan terhadap lingkungan

Jika air mengandung mangan maka dapat terbentuk endapan, Endapan ini menodai benda berwarna putih, menimbulkan bau dan rasa pada minuman, dapat menyebabkan air menjadi keruh dan cucian menjadi coklat.

4) Metode Penurunan Mangan (Mn)

Industri pengolahan air minum menggunakan berbagai proses untuk mengoksidasi besi atau mangan, seperti filtrasi aerasi, filtrasi dengan klorinasi, dan penggunaan kalium permanganat dengan media zeolit mangan atau pasir hijau mangan.

a) Proses aerasi-filtrasi

Proses penyaringan udara umumnya melibatkan aerator, tangki klarifikasi, dan filter. Aerator merupakan perangkat yang menggabungkan oksigen dari udara ke dalam air, sehingga besi atau mangan didalam air mentah bereaksi dengan oksigen untuk membentuk senyawa besi (Fe-III) dan oksida mangan yang hampir tidak larut didalam air. Kecepatan oksidasi besi atau mangan dipengaruhi oleh pH air. Secara umum, semakin tinggi pH air, semakin cepat reaksi oksidasi tersebut. Terkadang, diperlukan waktu tunggu beberapa jam setelah proses aerasi agar reaksi tersebut dapat berlanjut, tergantung pada kualitas air mentah.

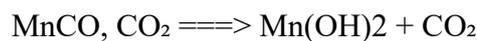
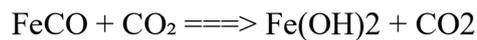
Jika kandungan mangan atau besi dalam air mentah cukup tinggi, diperlukan tangki klarifikasi dengan sedimentasi lumpur. Filter bertekanan yang direkomendasikan memiliki media dua lapisan, yaitu pasir silika dan antrasit. Salah satu kelemahan dari proses aerasi-filtrasi adalah biaya yang terkait dengan peralatan yang harus diproduksi. Selain itu, ketika konsentrasi mangan melebihi 1 mg/L, reaksi oksidasi memerlukan waktu yang lebih lama dan mungkin memerlukan penambahan bahan kimia tambahan untuk mempercepat proses oksidasi hingga mencapai kadar yang diinginkan.

Alkalinitas yang cukup tinggi dalam air selama penghilangan besi melalui aerasi dapat menyebabkan pembentukan senyawa besi atau mangan dalam bentuk bikarbonat, seperti $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$ atau $\text{Mn}(\text{HCO}_3)_2$. Karena

bentuk karbonat lebih stabil daripada bikarbonat, senyawa bikarbonat biasanya berubah menjadi senyawa karbonat.



Dari hasil reaksi tersebut, ketika kadar CO₂ menurun dan kesetimbangan reaksi bergeser ke arah kanan, reaksinya akan menjadi sebagai berikut:



Besi hidroksida (valensi 2) dan mangan hidroksida (valensi 2) memiliki kelarutan yang cukup tinggi, sehingga jika proses oksidasi dilanjutkan di bawah udara atau aerasi, akan terjadi ion-ion berikut ini.



Menurut reaksi ini, oksidasi membutuhkan sekitar 0,14 mg/L oksigen per 1 mg/L besi dan 0,29 mg/L oksigen per 1 mg/L mangan. Pada pH yang rendah, reaksi oksidasi besi terjadi dengan kecepatan yang relatif lambat dengan udara. Oleh karena itu, dalam praktiknya, untuk mempercepat reaksi tersebut, pH air yang akan diolah biasanya ditingkatkan.

Setelah proses aerasi diperlukan proses tambahan yang penting yaitu filtrasi, yang digunakan selama proses aerasi untuk menghilangkan bahan organik dan anorganik yang tersuspensi, menyaring partikel organik dan pengotor pada Air Minum, serta berperan dalam penjernihan air. Kandungan Mn dalam air.

b) Proses klorinasi – filtrasi

Peralatan yang digunakan dalam proses klorinasi-filtrasi umumnya sederhana dan terdiri dari sistem injeksi bahan kimia serta beberapa unit filter. Proses ini menggunakan unit filter

yang sama dengan yang digunakan dalam filtrasi aerasi. Kadang-kadang, diperlukan tangki penampung kecil dan penyesuaian pH dengan menambahkan soda abu, kapur tohor (Ca(OH)_2), atau batu kapur. Bahan kimia yang digunakan termasuk gas klorin (Cl_2) atau hipoklorit (OCI), yang merupakan oksidator kuat sehingga mampu mengoksidasi dengan cepat meskipun pada pH rendah dan kadar oksigen terlarut yang rendah. Klorin biasanya tersedia dalam bentuk cair di dalam tabung silinder dengan tekanan antara 5 hingga 10 atmosfer untuk meningkatkan efisiensi. Dalam proses klorinasi, klorin larut dalam air dan ditambahkan ke dalam air dengan jumlah yang terkontrol menggunakan nozzle flow meter atau dose meter yang disebut klorinator. Karena klorin berbentuk tablet yang mudah larut dalam air, mengoksidasi atau menghilangkan mangan dan besi dengan klorin relatif mudah. Oksidasi besi dengan klorin juga dapat dilakukan secara efisien pada kondisi pH rendah.

- c) Proses oksidasi kalium permanganat-filtrasi dengan zeolit mangan (pasir hijau mangan)

Zeolit mangan, juga dikenal sebagai pasir hijau yang diolah dengan mangan, adalah mineral yang memiliki kemampuan untuk menukar elektron, yang memungkinkannya mengoksidasi mangan atau besi yang terlarut dalam air menjadi bentuk tidak larut yang dapat dipisahkan melalui penyaringan. Zeolit mangan ($\text{K}_2\text{Z.MnO Mn}_2\text{O}_2$) berfungsi sebagai katalis saat besi dan mangan dioksidasi dalam air, menghasilkan mangan dioksida dan oksida besi yang tidak dapat larut dalam air.

Proses penghilangan mangan dan besi dari zeolit mangan tidaklah sama dengan suatu proses pertukaran ion. Sebaliknya, ini melibatkan reaksi oksidasi besi dan mangan dengan oksida mangan yang terbentuk, yang menghasilkan oksida besi dan

mangan dioksida yang tidak larut pada air. Filtrat yang dihasilkan kemudian dapat dipisahkan melalui pengendapan dan penyaringan. Reaktivitas menurun seiring waktu dan akhirnya menjadi jenuh. Untuk melakukan regenerasi, larutan kalium permanganat dapat ditambahkan pada zeolit mangan jenuh, menyebabkan pembentukan kembali zeolit mangan ($K_2Z.MnO.Mn_2O_7$). Salah satu kelebihan dari proses ini adalah kemampuan zeolit mangan untuk bertindak sebagai penghalang. Zeolit mangan akan mengoksidasi dan menyaring logam-logam yang terkandung dalam air jika kalium permanganat tidak dapat mengoksidasi mangan atau besi yang larut dalam air secara keseluruhan.

e. Metode Pengambilan Sampel Air Minum

Ada berbagai cara untuk mengambil sampel Air Minum. Menurut (SNI 6989-59-2008, 2008) metode pengambilan sampel Air Minum adalah sebagai berikut:

1) Pengambilan sampel sesaat (grab sampel)

Pengambilan sampel sesaat adalah pengambilan sampel air yang dilakukan secara instan di satu lokasi.

2) Pengambilan sampel gabungan waktu

Pengambilan sampel gabungan waktu adalah gabungan sampel air yang diambil dan dikumpulkan dari lokasi dan volume yang sama tetapi dengan waktu yang berbeda.

3) Pengambilan sampel gabungan tempat

Pengambilan sampel gabungan tempat adalah proses pengumpulan sampel air dari beberapa lokasi yang berbeda, namun dilakukan pada waktu yang sama dan dengan volume yang serupa.

4) Pengambilan sampel gabungan waktu dan tempat

Pengambilan sampel ini adalah gabungan sampel air yang diambil dan dikumpulkan dalam volume yang sama dari berbagai sumber dan pada waktu yang berbeda.

f. Persyaratan Penyediaan Air Minum

Syarat penyediaan Air Minum salah satunya dipenuhi secara kimia. Persyaratan Air Minum secara kimia tertuang dalam PERMENKES RI NO 2 Tahun 2023. Salah satu syarat kimia Air Minum adalah kandungan mangan. Baku mutu yang dipersyaratkan untuk kandungan Mn adalah 0,4 mg/l. Oleh karena itu, apabila nilai uji kandungan Mn melebihi baku mutu maka tidak memenuhi syarat.

2. Aerasi

a. Definisi Aerasi

Aerasi pada dasarnya melibatkan penggabungan air dengan udara atau zat lain untuk meningkatkan jumlah oksigen terlarut di dalamnya. Proses ini lebih fokus pada elemen mekanis daripada biologis, menjadikannya sebagai metode pengolahan fisik. Dalam aerasi, air dicampur dengan udara untuk meningkatkan kadar oksigennya. Dampaknya, zat-zat yang mudah menguap seperti hidrogen sulfida dan metana, yang dapat menyebabkan bau dan rasa tidak sedap, dapat dihilangkan dari air. Ketika kadar karbon dioksida dalam air menurun, mineral-mineral larut seperti besi dan mangan teroksidasi dan membentuk endapan. Endapan ini dapat dihilangkan melalui sedimentasi atau filtrasi. (Yuniarti.,*et al* 2019).

Proses aerasi melibatkan pengenapan oksigen ke dalam air, keberhasilan ini tergantung pada proses seberapa besar luas permukaan air yang bersentuhan dengan udara. Tujuan utama proses ini adalah untuk membebaskan gas-gas terlarut ke dalam air menaikkan kandungan oksigen terlarut didalam air, dan mengaduk air secara merata. Aerasi juga bermanfaat untuk mengurangi kadar amonia dalam air serta mengoksidasi besi dan mangan. (Yuniarti *et al.*,2019).

b. Proses Aerasi

Tujuan utama dari aerasi adalah proses pelarutan oksigen dalam air sehingga kadar oksigen terlarut dalam air dapat ditingkatkan. Proses aerasi terdiri dari tiga tahap. Tahapan tersebut adalah:

- 1) Unsur-unsur yang terkandung dalam oksigen berpindah ke permukaan air yang tersusun dari unsur-unsur air, dan terjadi kesetimbangan pada antarmuka keduanya. Antarmuka adalah lapisan batas dengan ketebalan konstan antara gas dan cairan yang terbentuk ketika gas menjadi jenuh.
- 2) Unsur-unsur dalam oksigen yang dipaksa menerobos interfase melalui proses difusi molekul.
- 3) Pada tahap terakhir ini, oksigen bercampur dengan air.

Ketika kondisi aliran laminar ada dalam proses ini, laju pengambilan oksigen bergantung pada laju difusi molekul melalui air. Dengan meningkatnya turbulensi air pada lapisan baru (pembaruan), oksigen tercampur ke seluruh air.

c. Teori Transfer Gas

Koefisien perpindahan gas dideskripsikan sebagai suatu proses perpindahan gas dari satu fase ke fase lain, biasanya perpindahan dari fase gas ke fase cair. Perpindahan gas adalah kontak antara air dengan udara atau gas lain, dimana suatu senyawa berpindah dari fase gas ke fase cair, atau senyawa tersebut diuapkan dan dilepaskan dari fase cair (terlarut) ke fase gas, yang meliputi udara. Difusi adalah proses perpindahan gas. Suhu air, tekanan parsial gas dalam fase gas, konsentrasi padatan terlarut dalam air, dan komposisi kimia gas memengaruhi kelarutan suatu gas dalam air. Aerasi adalah istilah lain untuk pengangkutan gas. Lebih khusus lagi, ini berlaku untuk proses menambah oksigen ke dalam air atau untuk mengirimkan gas oksigen. Keberhasilan dari proses aerasi ini untuk mengurangi pencemaran air limbah bergantung pada suhu, saturasi oksigen, sifat air, dan turbulensi air. Apabila suhu air limbah melebihi batas yang ditentukan maka dapat

mempengaruhi sifat-sifat air limbah tersebut. Oleh karena itu, kondisi air limbah harus seimbang sebelum diolah (Ma et al., 2019).

d. Metode Transfer Gas

Menuut (Anonim, n.d.) metode penyampaian gas sebagai berikut :

1) Transmisi gas gravitasi

Metode gravitasi merupakan metode yang memanfaatkan aliran gravitasi melalui air masukan, air mengalir melalui tanjakan, air terjun dan aliran sungai seperti menara atau palet. Metode ini dilakukan dengan adanya air dan oksigen melalui air yang mengalir dari ketinggian tertentu. Pengiriman gas gravitasi terdiri dari dua jenis, yaitu:

a) Aerator Tumpukan Nampan (Tray Aerator)

Tray aerator adalah proses mengaerasi air dengan menggunakan alat yang terdiri dari tumpukan nampan yang berbentuk vertikal. Selama proses ini, air akan mengalir ke setiap baki, dan aliran air di dalam baki akan terhambat dasar. Selama proses ini, setiap baki memiliki lubang untuk mengalirkan air ke baki berikutnya hingga ke tangki air. Tipikal jarak antara satu palet dengan palet lainnya adalah 30 hingga 75 cm dan laju aliran air 50 hingga 75 m³/hari. Proses perpindahan gas ini memberikan hasil yang maksimal karena dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti: jenis dan ukuran serta jarak antar palet, ketinggian alat, laju aliran air dan udara yang dihasilkan. Baki aerator ini dapat menghilangkan >90% gas CO₂.

b) Cascade Aerator

Cascade aerator merupakan alat yang menggunakan gaya gravitasi untuk melakukan proses aerasi air pada nampan. Dalam melakukannya, alat ini menggunakan bidang. Miringkan untuk mengalirkan air. Umumnya ketinggian alat adalah 1-3m, dan laju aliran 0,3m/s. Alat ini mampu menghilangkan 20 – 45% karbon dioksida.

c) Transfer Gas Secara Semprot

Perpindahan gas dengan cara disemprotkan dapat berbentuk aerator semprot. Spray aerator merupakan suatu alat yang digunakan dalam proses aerasi pengolahan air, mempunyai susunan nosel dengan diameter tertentu dan bekerja dengan cara menyemprotkan air ke atas dan menampung air dalam ember. pengiriman gas

Penyemprotan ini dilakukan dengan mengeluarkan tetesan air ke udara dari lubang atau nozel dengan ukuran yang telah ditentukan. Umumnya diameter nosel sekitar 2,5 hingga 4cm, jarak nosel 0,6 hingga 3,6m, dan laju aliran 5 hingga 10 liter/detik.

d) Transfer Gas Secara Difusi

Difusi merujuk pada proses di mana gas dipindahkan dari daerah bertekanan tinggi ke daerah bertekanan rendah, dalam konteks ini adalah udara yang disuntikkan ke dalam air. Proses injeksi udara dilakukan melalui diffuser berpori yang terletak di dalam saluran. Udara yang dihasilkan dari diffuser ini seringkali membentuk gelembung dan meningkatkan turbulensi di dalam air. Udara akan terkompresi dan masuk ke dalam bak dan menimbulkan gelembung-gelembung yang bergerak naik ke permukaan air. Permukaan air juga mengalami turbulensi akibat proses naiknya gelembung-gelembung. Metode ini biasanya menggunakan waktu aerasi yang jauh lebih lama dibandingkan metode gravitasi.

Perpindahan gas secara difusi dapat berbentuk aerator gelembung (bubble aerator). Aerator gelembung (bubble aerator) merupakan aerator yang paling efisien dalam proses perpindahan oksigen. Cara kerja alat ini hanya menggunakan mesin bubble, pembuatan alatnya sangat mudah, mesin bubble juga sangat mudah didapat.

Proses ini memiliki laju perpindahan oksigen yang dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor.

- 1) Ukuran dan bentuk tangki udara serta susunan aerator Besar kecilnya tangki udara dan penempatan aerator dapat mempengaruhi pola aliran air di dalam aerator.
- 2) Transfer gas oksigen per unit pendingin ruangan Laju proses perpindahan per satuan luas dapat mempengaruhi laju perpindahan oksigen ke perairan. Kecepatan alat harus rendah agar gelembung udara yang dihasilkan sekecil mungkin. Karena jika gelembung udara yang dihasilkan sedikit maka hasilnya juga bisa maksimal.

Ada berbagai jenis gelembung udara berdasarkan diameternya, seperti:

- a) Coarse bubble, yaitu gelembung yang memiliki diameter >6mm. Gelembung udara yang dihasilkan berukuran lebih besar dibandingkan jenis gelembung udara lainnya. Udara ini diinjeksikan langsung dari pipa besar atau diffuser.
- b) Medium bubble, yaitu menciptakan gelembung udara dengan diameter 4-6mm.
- c) Fine bubble, yaitu gelembung udara dengan diameter <3mm. Gelembung ini berasal dari udara yang mengalir melalui media berpori. Jenis ini dapat memaksimalkan hasil 8-12%.

Aerasi dengan metode ini memerlukan waktu 10 – 30 menit, dalam hal ini diperlukan udara sebesar 0,1 – 1 m³/menit per m³ volume tangki. Kedalaman tangki udara adalah 2,7 - 4,5 m, 80% dapat dicadangkan dengan metode ini. Gelembung pada air merupakan salah satu bentuk proses aerasi dengan bubble aerator. Caranya cukup mudah, tidak ribet dan harganya pun relatif murah.

3. Anova

a. Definisi Anova

Anova, atau Analisis Variansi, yaitu suatu metode statistik yang dipergunakan untuk menilai suatu perbedaan rata-rata antara dua atau lebih perlakuan atau kelompok. Metode ini ditemukan oleh ahli statistik Ronald Fisher dan sering digunakan dalam penelitian untuk menguji signifikansi perbedaan antara variasi di antara kelompok-kelompok tersebut. Berbeda dengan uji t sampel independen yang hanya cocok untuk membandingkan dua kelompok, Anova dapat menilai perbedaan rata-rata di antara beberapa kelompok secara simultan. (Rahayu, 2020).

Anova digunakan sebagai alat analisis statistik yang memungkinkan peneliti untuk menguji hipotesis tentang perbedaan rata-rata antara beberapa kelompok atau perlakuan. Hasil akhir dari analisis Anova disebut sebagai nilai F-test atau F-rasio, yang menggambarkan signifikansi statistik dari perbedaan tersebut di antara kelompok-kelompok tersebut. Nilai ini kemudian dibandingkan dengan nilai dalam tabel F. Hipotesis alternatif diterima dan hipotesis nol ditolak jika nilai F hitung lebih besar dari nilai dalam tabel F. yang menunjukkan bahwa masing-masing kelompok menunjukkan perbedaan rerata yang signifikan. (Rahayu, 2020).

b. Jenis Anova

Menurut ((Rahayu, 2020) jenis analisis ini didasarkan pada jumlah variabel faktor (variabel bebas) dan jumlah variabel respons (variabel terikat). Pembagiannya adalah sebagai berikut:

Univariat:

1) Analisis Varians Satu Arah Univariat (One Way)

Untuk situasi di mana hanya ada satu variabel bebas dan satu variabel terikat digunakan.

2) Analisis Varians Dua Arah Univariat (Two Way)

Digunakan ketika terdapat dua variabel bebas dan satu variabel terikat.

3) Analisis Varians Banyak Arah Univariat (Multi Way)

Digunakan dalam kasus di mana ada lebih dari satu variabel terikat dan dua variabel bebas.

Multivariat:

- 1) Analisis Varians Satu Arah Multivariat. Digunakan ketika terdapat lebih dari satu variabel bebas dan lebih dari satu variabel terikat.
- 2) Analisis Varians Dua Arah Multivariat. Digunakan ketika terdapat dua variabel bebas dan lebih dari satu variabel terikat.
- 3) Analisis Varians Banyak Arah Multivariat. Digunakan ketika terdapat lebih dari dua variabel bebas dan lebih dari satu variabel terikat.

Selain itu, terdapat jenis lain yang menggunakan prinsip yang sama, yaitu:

- 1) Analisis Varians Pengukuran Berulang.
- 2) Analisis Kovarian (ANCOVA).
- 3) Analisis Kovarian Multivariat (MANCOVA).

Analisis ANOVA satu arah, juga dikenal sebagai uji ANOVA satu faktor, bertujuan untuk membandingkan nilai rata-rata variabel terikat di antara beberapa kelompok yang dibandingkan. Variabel bebas dalam analisis ini berfungsi sebagai faktor yang mewakili kelompok yang akan dibandingkan. Dalam konteks ini, variabel bebas disebut sebagai faktor, sementara kelompok yang dibandingkan disebut sebagai tingkat faktor. Metode ini memungkinkan analisis perbandingan rata-rata variabel terikat dengan faktor tunggal. Analisis ANOVA satu faktor melibatkan pengujian hipotesis untuk menentukan apakah nilai rata-rata masing-masing kelompok berbeda secara signifikan atau tidak. Perbedaan utama antara uji t sampel independen dan analisis ANOVA satu faktor adalah bahwa uji t sampel independen hanya dapat membandingkan dua kelompok, sedangkan ANOVA satu faktor dapat membandingkan lebih dari dua kelompok sekaligus. (Rahayu, 2020).

Berikut rumus uji one way analysis of variance anova:

$$\text{JKT (total)} = \sum \left(\sum X_i^2 - \frac{\sum (\sum X_i)^2}{N} \right)$$

$$\text{JKP (total)} = \sum \frac{\sum X_i^2}{N_k} - \left\{ \frac{\sum (\sum X_i)^2}{N} \right\}$$

$$\text{JKS (within)} = \text{JKT} - \text{JKP}$$

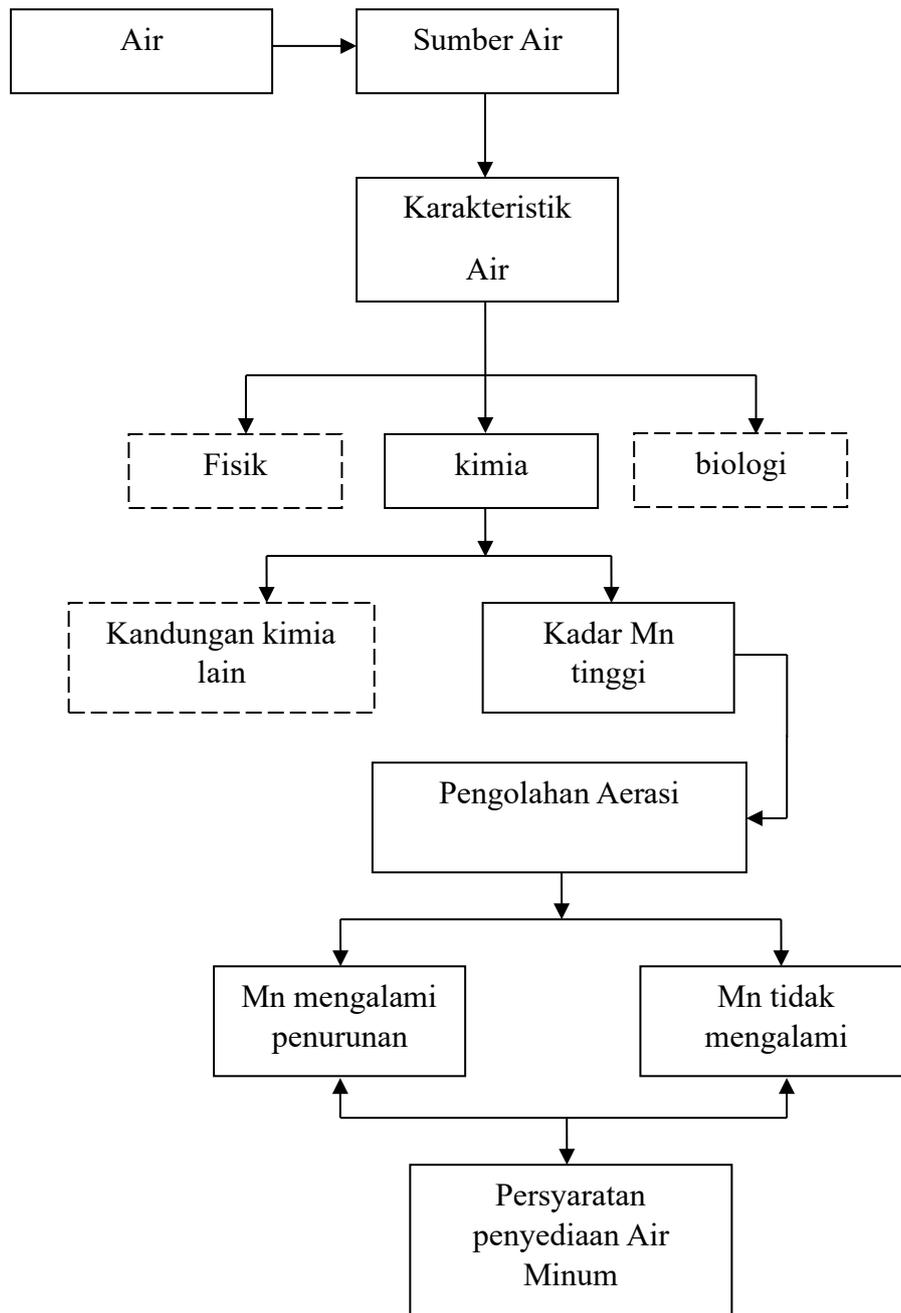
c. Hipotesis

Hipotesis adalah jawaban sementara yang diberikan terhadap perumusan masalah dari penelitian ini. Perumusan masalah pada penelitian biasanya menggunakan kalimat pernyataan. Dikatakan jawaban sementara, karena belum didasarkan bukti secara empiris diperoleh melalui pengumpulan data masih sebatas jawaban teoritis.

H₀ = ditolak jika p-value lebih dari (>) α (0,05), atau F hitung < F tabel

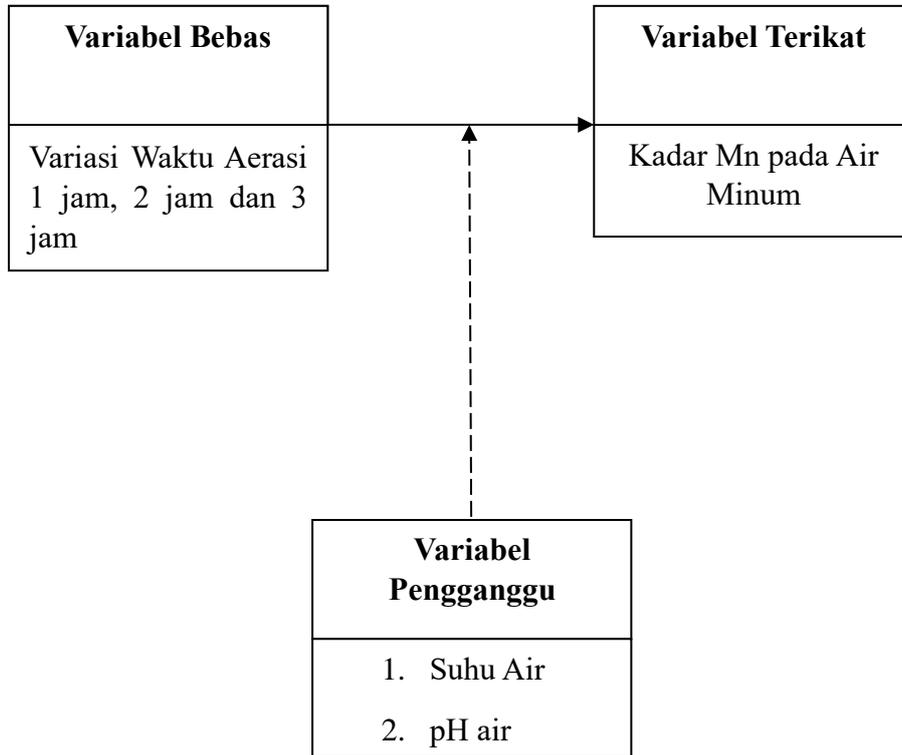
H₁ = diterima jika p-value kurang dari (<) α (0,05), atau F hitung > F tabel

C. Kerangka Teori



Gambar II.I Kerangka Teori

D. Kerangka Konsep



Gambar II.2 Kerangka Konsep