

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Tinjauan Pustaka

A.1 Pengertian Air

Air adalah zat terpenting dalam kehidupan setelah udara. Sekitar tiga per empat dari tubuh kita terdiri dari air, dan tidak ada seorang pun yang dapat bertahan hidup lebih dari 4-5 hari tanpa mengonsumsi air. Selain itu, air berperan krusial dalam kegiatan sehari-hari seperti memasak, mencuci, mandi, dan membersihkan kotoran di sekitar rumah. Dalam konteks yang lebih luas, air juga dimanfaatkan dalam berbagai sektor, termasuk industri, pertanian, pemadam kebakaran, rekreasi, serta transportasi. Namun, perlu diingat bahwa beberapa penyakit dapat ditularkan dan menyebar melalui air, yang dapat menyebabkan wabah penyakit di mana-mana (Chandra, 2007).

A.2 Sumber-Sumber Air

A.2.1 Air Permukaan

Air permukaan yang mencakup berbagai badan air seperti sungai, danau, telaga, waduk, rawa, air terjun, dan sumur, sebagian besar berasal dari hujan yang jatuh ke bumi. Namun, air hujan ini sering kali terkontaminasi oleh tanah, sampah, dan berbagai bahan pencemar lainnya (Chandra, 2007).

A.2.2 Air Angkasa

Air angkasa atau air hujan adalah sumber utama air di Bumi. Meskipun saat presipitasi air ini merupakan yang paling bersih, namun ia rentan terhadap pencemaran saat berada di atmosfer. Pencemaran tersebut dapat disebabkan oleh berbagai faktor, seperti partikel debu, mikroorganisme, dan gas-gas seperti karbon dioksida, nitrogen, dan amonia (Chandra, 2007).

A.2.3 Air Tanah

Air tanah berasal dari air hujan yang jatuh ke permukaan bumi, kemudian meresap ke dalam tanah melalui proses perkolasi dan mengalami filtrasi secara alami. Proses-proses ini yang dilalui oleh air hujan membuat air tanah menjadi lebih baik dan lebih murni dibandingkan dengan air permukaan (Chandra, 2007).

A.3 Persyaratan Air Bersih

Parameter kriteria air bersih meliputi tiga aspek yaitu kualitas, kuantitas dan kontinuitas.

1. Kualitas

Kualitas air bersih merupakan bagian dari aspek unit produksi dalam Sistem Penyediaan Air Bersih/Air Minum. Persyaratan kualitas menggambarkan mutu atau kualitas dari air baku air bersih (Salni, Hasan, & Yusuf, 2024).

a). Parameter fisik

Terdapat 5 parameter fisik yang telah diatur dalam Permenkes Nomor 02 Tahun 2023, yaitu sebagai berikut:

Tabel 2.1 Baku Mutu Parameter Fisik Air

Jenis Parameter	Satuan	Standar baku mutu (Kadar Maksimum)
Suhu	°C	Suhu udara ± 3
TDS	mg/l	<300
Kekeruhan	NTU	<3
Warna	TCU	10
Bau		Tidak Berbau

b). Parameter kimia

Parameter kimia terdiri dari parameter wajib dan parameter tambahan yang sudah ada di dalam Permenkes 02 Tahun 2023 dengan jumlah 13 parameter air untuk keperluan hygiene sanitasi dengan baku mutu sebagai berikut:

Tabel 2.2 Baku Mutu Parameter Kimia Air

Jenis Parameter	Satuan	Standar Baku Mutu (Kadar Maksimum)
pH		6,5 – 8,5
Nitrat (sebagai NO ₃) (terlarut)	mg/l	20
Nitrit (sebagai NO ₂) (terlarut)	mg/l	3
Kromium valensi 6 (Cr ⁶⁺) (terlarut)	mg/l	0,01
Besi (Fe) (terlarut)	mg/l	0,2
Mangan (Mn) (terlarut)	mg/l	0,1

c). Parameter mikrobiologi

Menurut permenkes no 2 tahun 2023 terdapat 2 parameter, yaitu *Escherichia coli* dan *Total coliform*. Berikut adalah parameter mikrobiologi air :

Tabel 2.3 Baku Mutu Parameter Mikrobiologi Air

Jenis Parameter	Satuan	Standar baku mutu (kadar maksimum)
<i>Escherichia coli</i>	CFU/100ml	0
<i>Total coliform</i>	CFU/100ml	0

2. Kontinuitas

Kontinuitas penyediaan air bersih merupakan salah satu aspek penting dalam unit distribusi dalam sistem penyediaan air bersih atau air minum. Ada dua hal krusial yang perlu diperhatikan dalam sistem distribusi ini, yaitu ketersediaan jumlah air yang mencukupi dan tekanan yang sesuai. Kontinuitas berarti bahwa air harus selalu tersedia secara terus-menerus, bahkan di musim kemarau, sepanjang periode rencana yang ditetapkan (Salni, Hasan, & Yusuf, 2024).

3. Kuantitas

Kuantitas air bersih adalah salah satu aspek penting dalam sistem penyediaan air bersih atau air minum. Kuantitas ini merujuk pada jumlah air bersih yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari. Berbagai faktor dapat memengaruhi kuantitas air yang dibutuhkan, antara lain faktor teknis seperti penggunaan meter air, serta faktor sosial ekonomi yang meliputi jumlah populasi dan tingkat kemampuan ekonomi masyarakat (Salni, Hasan, & Yusuf, 2024).

A. 4 Air Gambut

Gambut merupakan jenis tanah yang terdiri atas timbunan bahan-bahan organik yang berasal dari sisa-sisa tumbuhan yang sedang dan/atau sudah mengalami dekomposisi. Tanah gambut dapat diartikan sebagai akibat terbentuknya akumulasi sisa-sisa tanaman purba yang mati dan sebagian mengalami perombakan oleh sebab itu, gambut memiliki kandungan organik yang tinggi dengan ketebalan minimal 50 cm.

Gambut terbentuk dari akumulasi tanaman berbahan organik pada kondisi rawa yang stagnan, sehingga proses dekomposisi lambat dan terdapat akumulasi bahan organik. Bahan organik

tersebut adalah asam humat dan asam fulvat. Tanah gambut adalah asam dan mengandung kation seperti Fe dan Mn.

Air gambut dapat mengganggu kesehatan jika dikonsumsi namun merupakan sumber air yang potensial karena ketersediaannya. Keasaman air yang tinggi dapat merusak gigi dan menyebabkan sakit perut jika dikonsumsi. Sementara tingginya kandungan organik dari air gambut dapat menyebabkan bau.

Air gambut merupakan air permukaan yang berasal dari daerah dengan kondisi tanah bergambut. Di Indonesia, air tersebut banyak kita jumpai di daerah Kalimantan dan Sumatra. Air gambut memiliki ciri-ciri intensitas warna yang tinggi, tingkat keasaman rendah dan kandungan zat organik yang tinggi. Warna coklat kemerahan dan rendahnya tingkat keasaman pada air gambut merupakan akibat dari tingginya kandungan zat organik yang terdapat didalamnya. Zat-zat organik tersebut biasanya biasanya dalam bentuk asam humus yang berasal dari dekomposisi bahan organik seperti daun, pohon atau kayu (Dzulkhairi, 2015).

B. Besi (Fe)

B.1 Besi dalam air

Besi (Fe) adalah unsur yang penting dalam organisme hidup karena aktivitas biologisnya, misalnya bertanggung jawab untuk transfer oksigen dan elektron, sebagai kompleks porfirin dalam hemoglobin, mioglobin dan sitokrom. Aktivitas lingkungan dan biologis Fe bergantung pada sifat kimianya seperti valensi, kelarutan dan tingkat pembentukan kompleksnya. Kadar besi yang terdapat di dalam air dapat menyebabkan air berwarna coklat kemerahan, menimbulkan bau amis, dan membentuk lapisan seperti minyak. Besi merupakan logam yang menghambat proses desinfeksi. Besi dalam tubuh dibutuhkan untuk pembentukan hemoglobin namun

dalam dosis yang berlebih dapat merusak dinding usus (Sari, Marlin, & Hartati, 2019).

Beberapa sifat besi yang terkandung dalam air antara lain :

- a. Terlarut sebagai Fe^{2+} (Ferro) atau Fe^{3+} (Ferri).
- b. Tersuspensi sebagai butiran koloid atau lebih besar seperti Fe^2 , O^2 , FeO , FeOOH , $\text{Fe}(\text{OH})_3$.
- c. Terkadang dengan zat organik atau zat padat anorganik (seperti tanah).

Menurut Joko (2010), penyebab utama tingginya kadar besi dalam air diantaranya :

1. Rendahnya pH air. Potensial hydrogen atau pH air normal yang tidak menyebabkan masalah adalah ≥ 7 . Air yang mempunyai $\text{pH} \leq 7$ dapat melarutkan logam termasuk besi.
2. Temperatur air. Kenaikan temperatur akan menyebabkan meningkatnya derajat korosif.
3. Gas-gas terlarut dalam air. Adanya gas-gas terlarut diantaranya adalah O^2 , CO^2 dan H_2S . Beberapa gas terlarut dalam air tersebut akan bersifat korosif.
4. Bakteri secara biologis. Tingginya kadar besi dipengaruhi oleh bakteri besi yaitu bakteri yang dalam hidupnya membutuhkan makanan dengan mengoksidasi besi sehingga larut.

B.2 Dampak Besi

1. Dampak Fe Terhadap Kesehatan Menurut Joko (2010) kandungan Fe dalam air dapat menyebabkan berbagai masalah diantaranya :
 - a. Gangguan Teknis Endapan $\text{Fe}(\text{OH})_3$ dapat menyebabkan efek-efek yang merugikan seperti :

1. Mengotori bak dari seng, wastafel dan kloset
 2. Bersifat korosif terhadap pipa terutama pipa GI dan akan mengendapkan pada saluran pipa, sehingga menyebabkan pembuntuan.
- b. Gangguan Fisik Gangguan fisik yang ditimbulkan oleh adanya besi terlarut dalam air adalah timbulnya warna, bau, rasa. Air minum akan terasa tidak enak bila konsentrasi besi terlarut > 1,0 mg/l.
- c. Gangguan Kesehatan Air yang mengandung besi dikonsumsi dengan jumlah banyak dapat merusak dinding usus. Kematian seringkali disebabkan oleh rusaknya dinding usus ini, kadar Fe yang lebih dari 1 mg/l akan menyebabkan terjadinya iritasi pada mata dan kulit.
- d. Gangguan Ekonomis Gangguan ekonomis yang ditimbulkan adalah tidak secara langsung melainkan karena akibat yang ditimbulkan oleh kerusakan peralatan sehingga diperlukan biaya untuk penggantian.

2. Dampak Besi (Fe) terhadap lingkungan

Sebagai logam berat keberadaan besi yang berlebihan akan membawa dampak yang buruk baik bagi manusia maupun bagi lingkungan. Berikut beberapa dampak dari pencemaran besi (Fe^{2+}):

- 1) Kontaminasi besi pada air irigasi dapat mengakibatkan hasil pertanian mengandung zat yang berbahaya jika dikonsumsi.
- 2) Besi yang berlebih yang masuk ke badan air akan mencemari air yang dapat membunuh ikan, biota air, hewan yang minum di badan air dan membuat manusia yang mengonsumsi air tersebut keracunan.

- 3) Besi yang masuk ke tanah dapat menurunkan kualitas tanah dan tidak layak untuk peruntukannya serta dapat mengontaminasi air tanah dan mengganggu kelangsungan makhluk hidup lainnya.

C. Mangan (Mn)

C.1 Mangan dalam air

Mangan (Mn) ialah kation logam yang memiliki karakteristik kimia serupa dengan Besi (Fe^{2+}). Mangan berada dalam bentuk Manganous (Mn^{2+}) dan Manganik (Mn^{4+}). Di dalam tanah, Mn^{4+} berada dalam bentuk senyawa mangan dioksida. Kadar Mangan pada perairan alami biasanya sekitar 0,2 mg/l. Kadar Mangan pada perairan tawar sangat bervariasi antara 0,002 mg/l hingga lebih dari 4,0 mg/l (WHO, 2004).

Unsur Mangan (Mn) mempunyai sifat-sifat yang sangat mirip dengan Besi (Fe^{2+}) sehingga pengaruhnya juga hampir sama. Mangan (Mn) termasuk logam esensial yang dibutuhkan oleh tubuh sebagaimana zat Besi (Fe). Air yang mengandung Mangan (Mn) berlebih menimbulkan rasa, warna, dan kekeruhan yang sama dengan zat Besi (Febrina & Ayuna, 2014).

Disamping itu, konsentrasi 0,5 mg/l unsur ini merupakan akhir batas dari usaha penghilangan dari kebanyakan air yang dapat dicapai. Unsur ini bersifat toksis pada alat pernapasan. Mangan yang terlarut, berbentuk Mn^{2+} dari bahan-bahan organik dalam air bersih dapat menimbulkan berbagai pengaruh negatif seperti :

1. Menyebabkan bau dan rasa logam yang aneh jika dibiarkan kontak dengan udara
2. Menyebabkan bercak-bercak berwarna kecoklatan pada pakaian

3. Menimbulkan noda pada produk-produk industri seperti kertas, tekstil dan sebagainya.

Konsentrasi kandungan Mangan yang lebih besar dari 0,5 mg/l dapat menyebabkan rasa yang aneh pada minuman dan meninggalkan warna kecoklatan pada pakaian cucian, dan dapat juga menyebabkan kerusakan pada hati.

C.2 Dampak Mangan terhadap Kesehatan

(1). Gangguan neurologis

Mangan dapat menyebabkan manganisme, yaitu gangguan neurologis permanen yang mirip dengan penyakit Parkinson. Gejala manganisme meliputi:

1. Tremor
2. Kesulitan berjalan
3. Kejang otot wajah
4. Perubahan perilaku
5. Gerakan yang lambat dan canggung
6. Mangan dapat memengaruhi perkembangan otak anak, seperti penurunan kemampuan belajar dan mengingat

(2). Gangguan pernapasan

1. Mangan dapat menyebabkan penyakit paru-paru kronis yang menghalangi saluran pernafasan.
2. Mangan dapat menyebabkan iritasi paru-paru.

C.3 Dampak Mangan Terhadap Lingkungan

1. Senyawa mangan terdapat secara alami di lingkungan sebagai padatan di tanah dan partikel kecil di air. Partikel mangan di udara terdapat dalam bentuk partikel debu. Partikel ini biasanya mengendap kembali ke tanah dalam beberapa hari.

2. Manusia meningkatkan konsentrasi mangan di udara melalui aktivitas industri dan pembakaran bahan bakar fosil. Mangan yang berasal dari sumber manusia juga dapat masuk ke air permukaan, air tanah, dan air limbah. Melalui penggunaan pestisida mangan, mangan akan masuk ke dalam tanah.

D. Filtrasi

D.1 Filtrasi air

Filtrasi adalah proses penyaringan air untuk mengurangi zat kontaminan tersuspensi menggunakan media berpori. Dalam proses ini, partikel-partikel kontaminan tertahan di dalam pori-pori media, sehingga terjadi penumpukan pada permukaan butiran penyaring. Akumulasi partikel ini membantu meningkatkan kejernihan air. Oleh karena itu, untuk memperoleh hasil yang optimal dalam pengolahan air bersih, diperlukan media filter yang tepat, karena kualitas media filter sangat menentukan mutu air yang dihasilkan.

Berdasarkan jenis dan jumlah media , filtrasi terbagi menjadi tiga,yaitu :

- 1.Single Media : Menggunakan satu jenis media. Penyaringan terletak pada lapisan paling atas sehingga kurang efektif karena sering dilakukan pencucian.
2. Dual Media : Menggunakan dua jenis media. Penyaringan dilakukan dengan dua jenis media yang berbeda.
3. Multi Media : Menggunakan lebih dari dua media. Semua media berperan sebagai penyaring.

D.2 Media Filtrasi

1. Pasir Silika

Pasir silika merupakan hasil dari pengolahan bebatuan yang mengandung mineral-mineral utama seperti kuarsa dan feldspar.

Kegunaan pasir silika adalah untuk menghilangkan sifat fisik air, seperti kekeruhan dan bau yang tidak sedap. Umumnya, pasir silika digunakan pada tahap awal sebagai saringan dalam pengolahan air, sehingga air dapat menjadi bersih. Fungsi ini sangat baik untuk mengurangi kekeruhan dan bau pada air, menjadikannya lebih layak untuk digunakan.

2. Arang Aktif

Karbon aktif adalah jenis karbon yang telah diproses sedemikian rupa sehingga pori-porinya terbuka, sehingga memberikan kemampuan serap yang sangat tinggi. Karbon aktif terbuat dari karbon murni dan memiliki permukaan internal yang luas, yang secara signifikan meningkatkan daya serapnya. Tingkat keaktifan dalam menyerap molekul-molekul dari karbon aktif ini berkisar antara 85% hingga 95% dari total komposisinya yang bebas karbon.

3. Zeolit

Zeolit merupakan suatu mineral yang dihasilkan dari proses hidrotermal pada batuan beku basa. Secara umum, zeolit memiliki kemampuan untuk menyerap, mengikat ion, dan berfungsi sebagai katalis. Sifat zeolit sebagai adsorben dan penyaring molekul dimungkinkan karena struktur zeolit yang berpori, sehingga zeolit mampu menyerap sejumlah besar molekul yang memiliki ukuran lebih kecil atau sesuai dengan ukuran rongganya. Selain itu, kristal zeolit yang telah terhidrasi juga berfungsi sebagai adsorben yang selektif dan memiliki efektivitas adsorpsi yang tinggi.

4. Serpihan Marmer

Permukaan serpihan marmer, terutama jika berbentuk serbuk, dapat mengikat ion Fe dan Mn melalui proses adsorpsi. Ion-ion

logam ini menempel pada permukaan marmer karena adanya gaya tarik antarmolekul. Luas permukaan yang lebih besar pada serbuk marmer akan meningkatkan kapasitas adsorpsi. Marmer mengandung kalsium karbonat (CaCO_3). Dalam kondisi tertentu, CaCO_3 dapat bereaksi dengan ion Fe dan Mn, membentuk senyawa yang tidak larut dan mengendap. Reaksi ini dipengaruhi oleh pH air. Serpihan marmer dapat berfungsi sebagai media filter yang menyaring partikel-partikel padat, termasuk partikel Fe dan Mn yang telah teroksidasi dan membentuk endapan.

D.3 Tipe Filter

D.3.1 Filtrasi Down flow

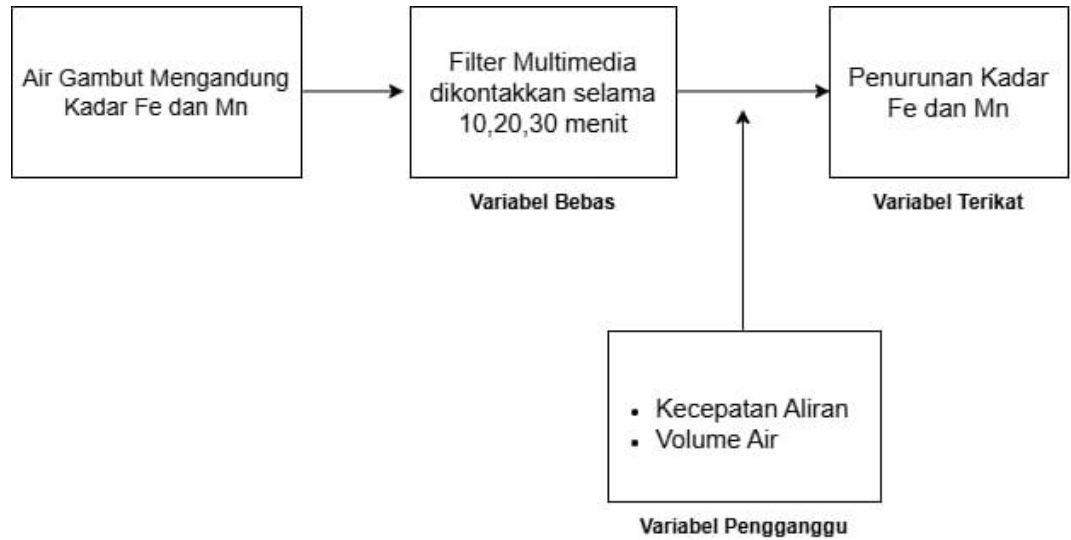
Sistem filtrasi down flow merupakan sistem saringan dimana air baku didistribusikan kedalam alat penyaringan dengan arah aliran air dari atas ke bawah. Secara umum, proses pengolahan air baku dengan sistem filtrasi down flow terdiri atas unit proses, yakni bak penampung air baku. Unit pengolahan air dengan filter pasir lambat down flow merupakan satu paket dimana kapasitas pengolahan dapat dirancang dengan berbagai macam ukuran sesuai dengan kebutuhan yang diperlukan. Biasanya filter ini hanya terdiri dari sebuah bak yang terbuat dari beton, ferosemen, bata semen atau bak fiberglass untuk menampung air dan media penyaring pasir. Bak ini dilengkapi dengan sistem saluran bawah, inlet, outlet dan peralatan kontrol (Anis Artiyani, 2016).

Struktur inlet dibuat sedemikian rupa sehingga air masuk kedalam saringan dan tidak merusak atau mengaduk permukaan media pasir bagian atas, sedangkan struktur atau bagian outlet selain untuk pengeluaran air hasil olahan, berfungsi juga sebagai weir. untuk kontrol tinggi muka air diatas lapisan pasir (Anis Artiyani, 2016).

D.3.2 Filtrasi Up Flow

Sistem saringan upflow merupakan sistem pengolahan air baku yang pada dasarnya adalah mengalirkan air melewati suatu media penyaring, dengan arah aliran dari bawah media pasir menuju keatas media pasir, sehingga hasil penyaringan berada di atas air baku. Filtrasi dengan sistem aliran upflow dilihat lebih efektif untuk meminimalisir terjadinya kebuntuan pada media karena kekeruhan yang tinggi. Selain itu, dengan sistem upflow, akan lebih mudah untuk pencucian media, yaitu cukup dengan membuka kran penguras yang akan mengalirkan hasil olahan yang lebih bersih (Anis Artiyani, 2016).

E. Kerangka Konsep



Gambar 2.1 Kerangka Konsep

F. Definisi Operasional

Tabel 2.4 Definisi Operasional

No.	Variabel	Definisi	Alat Ukur	Hasil Ukur	Skala Ukur
1.	Air gambut yang mengandung kadar Fe dan Mn	Air yang di ambil dari lahan gambut dan memiliki kandungan besi dan mangan	Comparator Kit	mg/l	Rasio
2.	Kadar besi dan mangan	Kandungan zat besi dan mangan yang terdapat pada air gambut	Comparator Kit	mg/l	Rasio
3.	Filtrasi Multimedia	Filtrasi adalah proses penyaringan untuk menghilangkan zat padat tersuspensi dari air melalui media berpori menggunakan pasir silika, zeolit, karbon aktif, serpihan marmer yang digunakan untuk menyaring partikel dengan ketebalan media 30 cm	Alat Ukur	cm	Rasio
4.	Pasir Silika	pasir yang terbuat dari silikon dioksida (SiO ₂) dan sering digunakan	Meteran	Kg	Rasio

		dalam pengolahan air sebagai media filter untuk menyaring partikel, lumpur, dan kontaminan lainnya			
5.	Arang Aktif	Karbon aktif adalah jenis karbon yang telah diproses sedemikian rupa sehingga pori-porinya terbuka, sehingga memberikan kemampuan serap yang sangat tinggi	Meteran	kg	Rasio
6.	Zeolit	Zeolit merupakan suatu mineral yang dihasilkan dari proses hidrotermal pada batuan beku basa. Secara umum, zeolit memiliki kemampuan untuk menyerap, mengikat ion, dan berfungsi sebagai katalis.	Meteran	kg	Rasio
7.	Serpihan Marmer	Serbuk marmer adalah limbah dari penambangan batu marmer yang tidak terpakai dan telah	Meteran	kg	Rasio

mengalami proses
penumbukan
sehingga menjadi
butiran-butiran halus
(tepung)

Variabel yang mengganggu penelitian disebut variabel pengganggu.

Ada cara untuk mengendalikan variabel pengganggu:

1. Kecepatan aliran dapat di kendalikan yaitu Rumus perhitungan

$$\text{Debit (Q)} = V/t$$

$$\text{Atau } Q = A \cdot v$$

Keterangan

Q = debit (m^3/s)

V = volume (m^3)

t = waktu (s)

v = kecepatan aliran (m/s)

dimana :

- a. Kecepatan aliran 10 menit

$$\begin{aligned} Q &= V/t \\ &= 5\text{L}/10 \text{ m} \\ &= 0,5\text{L/m} \end{aligned}$$

- b. Kecepatan aliran 20 menit

$$\begin{aligned} Q &= V/t \\ &= 5\text{L}/20 \text{ m} \\ &= 0,25\text{L/m} \end{aligned}$$

- c. Kecepatan aliran 30 menit

$$\begin{aligned} Q &= V/t \\ &= 5\text{L}/30 \text{ m} \\ &= 0,17\text{L/m} \end{aligned}$$

G. Hipotesa

1. Hipotesis Nol (H_0) : Tidak ada nya perbedaan penurunan kadar Besi (Fe) dan Mangan (Mn) air gambut dengan variasi waktu kontak 10, 20, 30 menit.
2. Hipotesis Alternatif (H_a) : Adanya perbedaan penurunan kadar Besi (Fe) dan Mangan (Mn) air gambut dengan variasi waktu kontak 10,20,30 menit.

H. Interpretasi Data

1. Apabila probabilitas > 0.05 maka H_0 diterima
2. Apabila probabilitas < 0.05 maka H_0 ditolak