

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### A. Landasan Teori

#### 1. Pengelolaan Air Minum

Air minum merupakan kebutuhan utama bagi kelangsungan kehidupan makhluk hidup, karena itulah penyediaan air bersih harus memenuhi standar kualitatif, kuantitatif dan kontinuitas yang telah ditetapkan (WHO, 2006).

Menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/PERMENKES/PER/IV/2010 dan pasal 1 Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 907/MENKES/SK/VII/2002 air minum adalah air yang melalui proses pengolahan yang memenuhi syarat kesehatan dan dapat langsung diminum.

Sumber air minum bisa diperoleh dari mata air, air telaga, air permukaan, air sungai, air danau, air waduk, air hujan, air pegunungan dan sumber lainnya yang dapat dikonsumsi secara langsung atau diolah agar memenuhi persyaratan kualitas air minum. Dewasa ini air yang dapat dijadikan sebagai sumber air baku untuk air minum, sangat terbatas karena terjadi pencemaran dan air sangat mudah terkontaminasi dan terpolusi, sehingga memerlukan upaya untuk memurnikan kembali air agar tidak membahayakan bagi kesehatan apabila dikonsumsi (WHO, 2006).

##### a. Syarat Air Minum

Persyaratan air minum meliputi persyaratan kualitas, kuantitas, kontinuitas dan keterjangkauan (Rajif, 2001).

##### 1). Persyaratan Kualitas

Berdasarkan Menkes RI (2010), persyaratan kualitatif adalah persyaratan yang menggambarkan mutu atau kualitas air baku. Persyaratan ini meliputi fisik, kimia, biologi dan radiologis.

- Persyaratan Fisika

*commit to user*

Air bersih harus jernih, tidak berbau dan tidak berasa. Suhu air bersih sebaiknya sama dengan suhu udara atau kurang lebih 25°C, dan apabila terjadi perbedaan maka batas yang diperbolehkan adalah  $25^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ .

- Persyaratan Kimia

Air bersih tidak boleh mengandung bahan-bahan kimia dalam jumlah yang melampaui batas. Beberapa persyaratan kimia antara lain adalah :

pH, total solid , zat organik, CO<sub>2</sub> agresif, kesadahan, kalsium (Ca), besi (Fe), mangan (Mn), tembaga (Cu), seng (Zn), chlorida (Cl), nitrit, flourida (F), serta logam berat .

- Persyaratan Mikrobiologi :

Lingkungan perairan sangat mudah dicemari oleh mikroorganisme patogen yang berbahaya yang bersumber dari pertanian, peternakan, permukiman, sehingga persyaratan mikrobiologi air adalah : tidak mengandung bakteri patogen atau kuman-kuman yang mudah tersebar di air (bakteri *coli*, *Salmonella typhy*, *Vibrio cholera* dan lain sebagainya), dan tidak mengandung bakteri non patogen (*Coliform*, *cladocera*, *phytoplanton*, *actinomycetes* dan lainnya) .

Pencemaran air dapat ditentukan dengan adanya mikroorganisme sebagai parameter adanya pencemaran tinja, dengan ciri-ciri sebagai berikut : hanya ditemukan dalam air yang tercemar dan tidak ditemukan pada air yang bersih, jumlahnya berkorelasi dengan bakteri patogen dan lebih banyak dari bakteri patogen, memiliki kemampuan hidup yang lebih lama daripada bakteri patogen, dan mudah terdeteksi keberadaannya.

Pengukuran air bersih secara bakteriologis dapat dilihat dengan pengukuran mikroorganisme golongan

*Coliform* yang umumnya dipakai adalah *E coli* atau *Fecal coli* dalam air. Kehadiran jumlah tertentu *E coli* dalam air dapat menggambarkan adanya jasad patogen.

Air minum tidak boleh mengandung bakteri apapun. Sebagai indikator utama adalah *E coli* sebagai petunjuk secara nyata bahwa telah terjadi pencemaran karena tinja. *E coli* adalah bakteri yang digunakan sebagai parameter pencemaran air yang merupakan salah satu bakteri yang tergolong dalam *Coliform*. *Coliform* hidup di dalam kotoran manusia dan hewan (*Faecal Coliform*). *Coliform* mampu memfermentasi laktosa pada suhu 44,5°C dan merupakan bagian yang paling dominan (97%) pada tinja manusia dan hewan. Alerts dan Santika (1994) *Faecal Coliform* adalah bakteri yang menunjukkan adanya pencemaran tinja yang paling efisien, karena *faecal coliform* hanya dan akan selalu akan terdapat dalam tinja manusia. Jika bakteri tersebut terdapat dalam perairan maka perairan tersebut bisa dikatakan tercemar dan tidak dapat dijadikan sebagai sumber air minum.

Indikator pencemaran melalui parameter *faecal coliform* dinyatakan dalam jumlah yang berkorelasi dengan bakteri patogen. Pendeteksian bakteri ini lebih sederhana, murah, mudah dan cepat daripada mendeteksi bakteri patogen lainnya (Rajif, 2001).

- Persyaratan radiologis :

Berdasarkan Menkes RI (2010) secara persyaratan radiologis, air bersih tidak boleh mengandung zat yang menghasilkan bahan-bahan yang mengandung radioaktif, seperti sinar alfa, beta dan gamma.

Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 429/PERMENKES/PER/IV/2010 tentang Persyaratan

Kualitas Air Minum, sebagai parameter wajib yang harus dilaksanakan dalam pengolahan air minum, seperti disajikan pada tabel 1.

Tabel 1 : Parameter Wajib Kualitas Air Minum

No	Jenis Parameter	Satuan	Kadar Yang Diperbolehkan
I.Parameter yang berhubungan langsung dengan kesehatan			
Parameter Mikrobiologi			
1).	<i>E. coli</i>	Jumlah per mL sampel	100 0
2).	Total Bakteri <i>Coliform</i>	Jumlah per mL sampel	100 0
II.Parameter yang tidak berhubungan langsung dengan kesehatan			
Parameter Fisik			
1).	Bau		Tidak berbau
2).	Warna	TCU	Tidak berwarna
3).	Total Zat Terlarut	mg/L	500
4).	Kekeruhan	NTU	5
5).	Rasa		Tidak berasa
6).	Suhu	° C	Suhu udara $\pm 3$

(Permenkes RI No.492, 2010)

## 2). Persyaratan kuantitas

Banyaknya air baku yang tersedia, dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan daerah dan jumlah penduduk yang akan dilayani, atau standar debit air bersih yang dialirkan ke konsumen sesuai dengan jumlah kebutuhan air bersih. Kebutuhan minimal air bersih yang disediakan untuk kelayan kehidupan manusia untuk minum dan pengolahan makanan dalam kehidupan sehari-hari menurut Sunjaya dalam Karsidi (1999) adalah 5 (lima) liter per orang per hari.

## 3). Persyaratan Kontinuitas

Air baku untuk air bersih harus dapat diambil terus menerus dengan fluktuasi debit yang relatif tetap harus tersedia 24 jam per hari, baik pada saat musim kemarau maupun musim hujan. Kondisi ideal tersebut hampir tidak dapat dipenuhi pada setiap wilayah di Indonesia, sehingga perlu cara pendekatan aktifitas prioritas pemakaian air konsumen yaitu minimal selama 12 jam per hari pada jam-jam aktifitas kehidupan. Kontinuitas

aliran sangat penting bagi kebutuhan konsumen untuk kehidupan dan pekerjaannya, dalam jumlah yang tidak ditentukan pada waktu yang tidak ditentukan, sehingga diperlukan kesiapan reservoir pelayanan dan fasilitas energi setiap saat (Menkes RI, 2010).

#### 4). Keterjangkauan

Keterjangkauan untuk mendapatkan akses air minum. Keterjangkauan baik berupa jarak untuk mendapatkan akses air minum, sedekat mungkin. Waktu, yaitu waktu yang digunakan untuk mencapai dan mendapatkan akses air minum sesingkat dan sedikit waktu yang dibutuhkan. Biaya dalam mendapatkan akses air minum oleh masyarakat semurah mungkin yang tidak memberatkan masyarakat. Sarana prasarana yang ada diperoleh masyarakat dengan mudah dan memenuhi syarat kesehatan sehingga dapat terjangkau dan mengurangi resiko kesehatan dan keamanan pada masyarakat (PP RI, 2015).

#### b. Pengelolaan Air Minum Oleh Masyarakat

Sistem penyediaan air minum (SPAM) adalah satu kesatuan sarana dan prasarana penyediaan air minum yang mengikuti proses dasar manajemen. Pengembangan SPAM dilakukan dalam rangka kegiatan yang dilakukan terkait dengan ketersediaan sarana dan prasarana SPAM

Pengelolaan air bersih oleh masyarakat adalah penyelenggaraan sistem penyediaan air minum oleh kelompok masyarakat yang bertujuan untuk memenuhi kebutuhan pokok air minum sehari-hari bagi masyarakat dikawasannya. Penyelenggaraan SPAM oleh masyarakat wajib menjaga kelestarian sumber air baku (PP RI, 2015).

Dipandang dari segi pencemaran, langsung maupun tidak langsung akan memberikan pengaruh terhadap kualitas air, maka



dengan dasar pertimbangan dan penetapan kualitas air minum, usaha pengelolaan air minum berpedoman pada standar kualitas air terutama pada penilaian produk air minum yang dihasilkan juga dalam perencanaan sistem serta proses yang akan dilakukan terhadap sumber daya air itu sendiri (Rajif, 2001).

**c. Pembangunan Berkelanjutan (*Sustainable Development Goals/SDGs*) di Indonesia.**

Pembangunan berkelanjutan di Indonesia mempunyai 17 (Tujuh belas) tujuan, dimana salah satu tujuan yaitu pada tujuan enam, mempunyai target : pada tahun 2030, mencapai akses universal dan merata terhadap air minum yang aman dan terjangkau bagi semua.

Air minum yang dimaksud yaitu, air minum yang layak dan bersih adalah air minum yang terlindung meliputi air ledeng (keran), keran umum, *hydran* umum, terminal air, penampungan air hujan, atau mata air dan sumur terlindung, sumur bor atau sumur pompa, yang jaraknya minimal 10 meter dari pembuangan kotoran, penampungan limbah dan pembuangan sampah. Tidak termasuk air kemasan, air dari penjual keliling, air yang dijual melalui tanki, air sumur dan mata air tidak terlindung.

Indikator keberhasilan dapat dilihat pada proporsi populasi yang memiliki akses terhadap layanan sumber air minum layak dan berkelanjutan, yaitu persentase penduduk perkotaan dan pedesaan yang mengakses pelayanan dasar untuk air minum yang aman (Badan Pusat Statistik/Statistics Indonesia, 2015).

*Water Sanitation and Hygiene* (WASH) adalah program dukungan pembangunan sektor Air Minum dan Penyehatan Lingkungan (AMPL) dalam kerangka kerjasama Pemerintah Indonesia dengan UNICEF. Tujuan program WASH UNICEF adalah meningkatkan kesejahteraan ibu dan anak melalui peningkatan pelayanan sektor air minum dan sanitasi yang layak.

Terdapat tiga komponen besar sebagai strategi pendekatan program WASH di tahun 2014, yaitu komponen perubahan perilaku melalui dukungan terhadap pelaksanaan STBM (Sanitasi Total Berbasis Masyarakat), Sanitasi Sekolah (*WASH in School*). Sanitasi yang dikelola dengan aman diakui sebagai prioritas utama dalam meningkatkan kesehatan, gizi, dan produktivitas masyarakat, dan merupakan target eksplisit tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs) keenam. Oleh karena itu untuk mencapai SDGs 6 memerlukan strategi yang lebih dekat untuk menjangkau anak-anak dan keluarga Indonesia yang paling miskin dengan menyediakan akses yang lebih mudah untuk memperoleh pasokan air, sanitasi dan kebersihan (WASH) yang dikelola dengan aman. UNICEF juga membantu memperkuat kualitas data pemerintah dan sistem pemantauan sehingga program WASH relevan secara lintas sektoral kesehatan, gizi dan tingkat kesehatan yang lebih luas serta intervensi sosial dapat diperluas. UNICEF mendukung pemerintah Indonesia untuk mempercepat akses ke pasokan air, sanitasi dan kebersihan yang dikelola dengan aman (UNICEF, 2014).

## 2. Bakteri *Coliform*

*Coliform* merupakan kelompok bakteri Gram negatif, berbentuk batang, oksidasi negatif, aerob sampai anaerob fakultatif, tidak berbentuk spora, mampu tumbuh secara aerobik pada media agar yang mengandung garam empedu, dan mampu memfermentasikan laktosa dengan membentuk gas dan asam dalam waktu 48 jam pada suhu 37°C. Jumlah *Coliform* yang diperoleh dari inkubasi pada suhu 37°C biasanya dinyatakan sebagai total *Coliform*. Sementara *faecal coliform* merupakan bagian dari total *Coliform* dan dipresentasikan oleh total bakteri *Coliform* toleran panas yang mampu tumbuh pada suhu  $44,5 \pm 0,2^\circ\text{C}$  dengan memfermentasikan laktosa dan memproduksi asam dan gas (Lynch and Poole, 1979).

Kelompok bakteri *Coliform* terdiri atas beberapa genus dan spesies bakteri, yaitu *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Aeromonas*, dan *Escherichia coli* yang tergolong dalam family *Enterobacteriaceae*. Spesies *Escherichia coli* merupakan spesies yang keberadaannya paling tinggi (Leclerc *et al.*, 1981 dalam Alonso *et al.*, 1999).

Mendeteksi bakteri *Coliform* jauh lebih murah, cepat dan sederhana daripada dibandingkan mendeteksi bakteri pathogen lainnya. Apabila ditemukan bakteri *Coliform* di dalam air minum itu menunjukkan tingkat sanitasi yang rendah. Bakteri *Coliform* timbul karena buangan kotoran manusia serta limbah dari rumah tangga yang merembes dari sungai dan disebabkan juga oleh pencemaran mata air atau air baku, lemahnya sistem filtrasi. Oleh karena itu, air minum harus bebas dari semua jenis *Coliform*. Karena semakin tinggi tingkat kontaminasi bakteri *Coliform*, maka semakin tinggi pula risiko akan kehadiran bakteri bakteri-pathogen lain yang biasa hidup dalam kotoran manusia dan hewan. Bakteri *Coliform*, adalah bakteri yang digunakan untuk indikator dari kualitas air, semakin sedikit kandungan bakteri *Coliform* artinya kualitas air semakin baik (Pelczar, 2006).

Tiga metode enumerasi *Coliform* yang sering digunakan adalah metode inokulasi langsung pada medium agar, Millipore membran filter, dan MPN (*Most Probable Number*) dengan cara fermentasi tabung ganda menggunakan medium cair. Metode MPN dengan tabung ganda lebih baik dibandingkan dengan metode hitungan cawan karena lebih sensitive dan dapat mendeteksi *Coliform* dalam jumlah yang sangat rendah di dalam contoh (Fardiaz, 1989)

#### **a. Ekologi**

Ekologi *Coliform* sangat dipengaruhi oleh faktor suhu, kelembaban, sinar matahari, pH, karbon organik dan lingkungan hidupnya.

Sebagian besar bakteri usus yang mencemari lingkungan perairan tidak mampu bertahan dan berkembang biak. Tingkat



kelangsungan hidup sangat bervariasi di antara bakteri feses di lingkungan perairan. Bakteri enterik patogen dan *E. coli* menunjukkan tingkat ketahanan hidup rendah .

Kelangsungan hidup total *Coliform*, dalam air sungai bersih bertahan selama berbulan-bulan dan pada air sungai terkontaminasi (mendekati kondisi lingkungan yang sebenarnya), total *Coliform* bertahan paling lama dan *E. coli* terpendek.

Kelangsungan hidup bakteri dalam air tanah dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu kelangsungan hidup di dalam tanah, karena untuk mencapai bakteri air tanah harus merembes melalui tanah. Umumnya, kelangsungan hidup di tanah (bersamaan dengan air tanah) ditingkatkan oleh suhu rendah, kelembaban tanah tinggi, pH tanah netral atau alkali dan adanya karbon organik (Lynch and Poole, 1979).

#### **b. Pertumbuhan Bakteri**

Pertumbuhan bakteri adalah pertambahan jumlah atau volume serta ukuran sel. Pada organisme prokariot seperti bakteri, pertumbuhan merupakan pertambahan volume dan ukuran sel dan juga sebagai pertambahan jumlah sel.

Kurva pertumbuhan bakteri terdiri dari empat fase utama, yaitu :

##### **1) Fase lag (fase lamban atau *lag phase*)**

Fase lag setelah inokulasi terjadi peningkatan ukuran sel, mulai sel tidak atau sedikit mengalami pembelahan, ditandai dengan peningkatan komponen makromolekul, aktivitas metabolik, kerentanan terhadap zat kimia dan faktor fisik. Fase lag adalah periode penyesuaian yang sangat penting untuk penambahan metabolit sel untuk menuju tingkat yang setaraf dengan sintesis sel maksimum.

##### **2) Fase pertumbuhan eksponensial (fase pertumbuhan cepat atau *log phase*)**

Sel berada pada pertumbuhan seimbang, rata-rata komposisi sel dan konsentrasi relatif metabolit tetap konstan. Pertumbuhan seimbang, kecepatan peningkatan dapat diekspresikan dengan fungsi eksponensial alami, sel membelah dengan kecepatan konstan yang ditentukan oleh sifat intrinsik bakteri dan kondisi lingkungan. Pada temperatur yang sama fase ini terdapat keragaman kecepatan pertumbuhan berbagai mikroorganisme. Waktu lipat dua *E. coli* dalam kultur kaldu pada suhu 37°C, sekitar 20 menit, sedangkan waktu lipat dua minimal sel mamalia sekitar 10 jam.

3) Fase stationer (fase statis atau *stationary phase*)

Fase ini digunakan kondisi biakan rutin, akumulasi produk limbah, kekurangan nutrisi, perubahan pH, dan faktor lain yang tidak diketahui akan mendesak dan mengganggu biakan, mengakibatkan penurunan kecepatan pertumbuhan., jumlah sel yang hidup tetap konstan untuk periode yang berbeda, bergantung pada bakteri, tetapi akhirnya menuju periode penurunan populasi. Dalam beberapa kasus, sel yang terdapat dalam suatu biakan yang populasi selnya tidak tumbuh dapat memanjang, membengkak secara abnormal, atau mengalami penyimpangan, suatu manifestasi pertumbuhan yang tidak seimbang

4) Fase penurunan populasi (*decline*)

Fase populasi bakteri menurun sehingga jumlah sel banyak yang mati pada saat kehabisan nutrisi. Di antara setiap fase terdapat suatu periode peralihan dimana waktu dapat berlalu sebelum semua sel memasuki fase yang baru (Lynch and Poole, 1979).

**c. *Most Probable Number (MPN) Coliform***

Tujuan melakukan pengukuran MPN adalah untuk menguji kualitas air. Metode MPN terdiri dari tiga tahap, yaitu uji pendugaan (*Presumptive Test*), uji penetapan (*Confirmed Test*) dan uji kelengkapan (*Completed Test*). Dalam uji tahap pertama, keberadaan *Coliform* masih dalam tingkat probabilitas rendah, masih dalam dugaan karena masih mendeteksi sifat fermentatif *Coliform* dalam sampel. Karena beberapa jenis bakteri selain *Coliform* juga memiliki sifat fermentatif, diperlukan uji konfirmasi untuk mengetes kembali kebenaran adanya *Coliform* dengan bantuan medium selektif diferensial. Pada uji pendugaan merupakan tes pendahuluan tentang ada tidaknya kehadiran bakteri *Coliform* berdasarkan terbentuknya asam dan gas yang disebabkan oleh fermentasi laktosa bakteri. Terbentuknya asam dapat dilihat pada media laktosa dan gas yang dihasilkan dalam tabung durham berupa gelembung udara. Tabung dinyatakan positif apabila terbentuk gas sebanyak 10% atau lebih dari volume di dalam tabung durham. Banyaknya kandungan bakteri *Coliform* dapat dilihat dengan menghitung tabung yang menunjukkan reaksi positif terbentuk asam dan gas dan dibandingkan dengan tabel MPN (Badan Standarisasi Nasional, 2006).

Menurut Badan Standarisasi Nasional (2006) prinsip MPN adalah menumbuhkan bakteri dalam suatu media cair dan perhitungan dilakukan berdasarkan jumlah tabung yang positif setelah diinkubasi pada suhu dan waktu tertentu

Metode untuk menduga jumlah bakteri dapat menggunakan metoda hitungan mikroskopis, metoda hitungan cawan dan penentuan *Most Probable Number* (MPN). Metode MPN adalah metode yang menghitung jumlah mikroba dengan menggunakan media cair dalam tabung reaksi yang pada

umumnya setiap pengenceran menggunakan 3 atau 5 seri tabung dan perhitungan yang dilakukan merupakan tahap pendekatan secara statistik. Tabung positif ditunjukkan dengan adanya pertumbuhan bakteri dan gas. Nilai MPN diperoleh dengan anggapan sebagai berikut :

- Bakteri dalam contoh menyebar secara random
- Bakteri dalam contoh tidak berkelompok atau klaster tetapi saling terpisah.
- Organisme yang terdapat dalam contoh dapat tumbuh dalam medium selama inkubasi.
- Kondisi yang sesuai untuk pertumbuhan, seperti media dan waktu inkubasi.

Tabel MPN mempunyai tingkat kepercayaan 95%. Jika kombinasi tabung-tabung positif yang diperoleh tidak termasuk dalam tabel MPN maka contoh yang asli harus dilakukan pengujian kembali. Bila ini tidak bisa dilakukan maka harus dibandingkan dengan tabel MPN yang lain untuk menghitung nilai MPN berdasarkan hasil yang diperoleh.

Output metode MPN adalah nilai MPN yaitu perkiraan jumlah unit tumbuh (*growth unit*) atau unit pembentuk koloni (*colony forming unit*) dalam sampel atau perkiraan jumlah individu bakteri. Satuan yang digunakan umumnya 100 mL atau per gram. Makin kecil nilai MPN, maka air tersebut makin tinggi kualitasnya dan makin layak minum (Badan Standarisasi Nasional, 2006).

### 3. Klorinasi

#### a. Klasifikasi

Klorin digunakan sebagai desinfeksi di seluruh dunia, tapi telah terbukti bahwa klorin dapat menghasilkan Trihalomethanes (THM's) yang beracun. Oleh karena itu perlu mencari alternatif metode desinfeksi (Somani dan Ingole, 2011).

Metode desinfeksi klorinasi dibedakan dalam tiga kategori, yaitu :

- Metode Kimia

Metode kimia yang digunakan untuk desinfeksi air adalah ozon, hidrogen peroksida, asam dan basa, ion metalik, halogen, kapur, klorit dan klorin dioksida, oksidasi anodik dan kalium permanganat. Klorit dan klorin dioksida adalah desinfektan kimia yang sering digunakan saat ini. Ion klorit ( $\text{ClO}_2^-$ ) dan klorin dioksida ( $\text{ClO}_2$ ) adalah desinfektan dan oksidan yang kuat. Pembentukan organologi dengan  $\text{ClO}_2^-$  dan  $\text{ClO}_2$  biasanya jauh lebih rendah bila dibandingkan untuk penggunaan klorin bebas. Kelemahan metode ini membutuhkan kompetensi yang tinggi secara teknis untuk mengoperasikan, memantau produk dan residu, dan biaya yang mahal. Selain itu terkadang menimbulkan bau dan rasa yang unik.

- Metode Membran

Proses membran meliputi mikro penyaringan dan ultrafilterasi, reverse osmosis, photosensitizer diimobilisasi pada membran chitosan

- Metode Fisik

Metode fisik meliputi pemanasan/memasak air, solar (teknik sederhana mengdisinfektasi air dengan menggunakan sinar matahari),  $\text{TiO}_2$  dan matahari, radiasi ultra violet, radiasi elektromagnetik, suara ultra sonik dan karbon aktif. Penerapan metode fisik sangat terbatas karena harga dan efek residual terhadap kontaminasi dan keamanan lebih lanjut.

**b. Konsentrasi**

Klorin sebagai disinfektan pada air minum harus mempunyai konsentrasi 0,2-1 mg/liter (WHO, 1996).



**c. Dampak**

Dampak penggunaan klorin pada air minum dalam jangka panjang dapat menyebabkan : berdampak pada reproduksi, keracunan pada embrio, *teratogenicity* (pada tikus), mutagen (*Salmonella typhimurium*), *carcinogenic* (tikus). Dampak pada manusia antara lain : iritasi pada tenggorokan, rasa terbakar pada mulut dan kerongkongan, muntah secara spontan, asma, iritasi kulit, berdampak pada hati.

**4. *Ipomoea carnea*.**

**a. Klasifikasi**

*Ipomoea carnea* atau *the pink morning glory* merupakan tanaman asli India yang telah menyebar di berbagai negara di bumi ini, termasuk di pulau Jawa, Indonesia. Ekologi tanaman ini sangat luas baik pada ekologi perairan atau kering dengan kondisi tanah pasir, mengandung garam, kekurangan unsur hara, tetapi bisa hidup dengan baik pada kondisi perairan dan unsur hara yang cukup. Habitat *Ipomoea carnea* di berbagai media bisa tumbuh pada bebatuan kering, tepi danau atau sungai, perairan dalam 2 meter, pulau terapung. Tanaman ini berkembang biak dengan buah atau batang.

Klasifikasi *Ipomoea carnea* :

*Kingdom* : *Plantae*

*Sub kingdom* : *Tracheobionta*

*Division* : *Spermatophyta*

*Subdivision* : *Magnoliophita*

*Class* : *Magnoliosida-Dicotyledons*

*Subclass* : *Asteridae*

*Order* : *Solanales*

*Family* : *Convolvulaceae*

*Genus* : *Ipomoea*

*Species* : *Ipomoea carnea* L (Srivastava & Sukla, 2015)

Nama lain *Ipomoea carnea* yaitu *Ipomoea carnea* Jacq, *Morning glory* (Arizona), *Morning Glory* (Arkansas), *Ipomoea fistulosa* (Florida), *Behaya besram* (India, Marathi, Bengali) , *Bush morning glory*, *Glorina de la manana* (Inggris), *Japanese morning glory* (Jepang), *Behayo* (Oriya), kearifan lokal Indonesia : Kangkung pagar, uluk-uluk, wit gumun, kangkung kali, kangkung blumbang, lung londo, krangkong, godhong joko towo, kembang udel, lompongan, moblong, kangkung, kangkung jowo, karet kebo.

*Ipomoea carnea* adalah individu semak terdiri dari sejumlah cabang yang berhubungan satu sama lain di bawah tanah. Gambar 2 menyajikan bagian-bagian tanaman *Ipomoea carnea*.



Akar

Batang

Daun, Bunga

Buah

Gambar 2 Bagian-bagian tanaman *Ipomoea carnea* yang tumbuh di habitatnya

Diskripsi tanaman *Ipomoea carnea* adalah sebagai berikut :

- Akar

*Ipomoea carnea* memiliki akar yang kuat menyebar memiliki banyak cabang. Akar berukuran panjang 59 - 60 cm, diameter 2 – 3 cm. Warna akar coklat kekuningan dengan permukaan kasar memanjang berbentuk silinder, padat dengan fleksibel saat segar dan berserat saat kering.

- Batang

Batang *Ipomoea carnea* berbentuk silinder diameter 0,5 – 3 cm, tegak, berkayu, berbulu, berwarna kehijauan, bercabang. Tinggi batang mencapai 1,5 - 3,5 m. Batang ketika masih segar agak fleksibel tetapi setelah kering patah dengan serat putih kehijauan bagian dalam batang. Panjang ruas antara 3,5 – 6 cm. Cabang-cabang banyak ditemukan pada pangkal batang yang kuat dan kokoh.

- Daun

Daun berbentuk sederhana dengan bilah daun berotot dengan dasar simetris. Panjang daun mencapai 13 – 23 cm lebar 5,5 – 9,5 cm. Daun berbulu sedikit dengan warna hijau kusam pada permukaan atas dan hijau pucat pada permukaan bawahnya. Plastisitas daun sangat tergantung pada kelembaban dan pencahayaan matahari. Besar daun lebih baik pada kondisi perairan dan tidak terkena sinar matahari langsung.

- Bunga

Bunga berbentuk aksial/sumbu tunggal dengan membentuk monochasiumscropioidcymose dengan mahkota bunga berbentuk 5 kelopak bergabung (*sympetalous*) putih halus, berwarna putih keemasan dengan 5 helai merah muda sampai ungu. Kelopak bunga berukuran 5,2 – 6,0 cm dan lebar 1,6 -1,8 cm.

- Buah

Buah berbentuk kapsul kering sederhana yang terbuka dengan bentuk bujursangkar. Berwarna hijau keabu-abuan saat belum matang dan berubah menjadi coklat keabu-abuan pada saat matang. Ukuran buah 1,0 – 1,5 cm lebar 0,8 – 1,3 cm. Biasanya berisi 4 buah berwarna coklat tua yang ditutupi rambut tipis halus. Buah *Ipomoea carnea*

berukuran 0,4 – 0,6 cm diameter 0,2 - 0,3 cm, berwarna coklar tua sampai hitam. Buah ditutupi indumentum padat, kapas, berbulu dengan ketebalan 0,3 cm dan sangat keras (Al-Sodany, 2016).

**b. Fungsi dan kandungan *Ipomoea carnea*.**

Menurut Bhalerao dan Teli (2006) *Ipomoea carnea* memiliki nilai pengobatan yang telah digunakan di berbagai sistem pengobatan tradisional seperti ayurveda, siddha, unani, yang berkhasiat sebagai leucoderma, aphrodisiac, pencahar dan katarsis. Komponen kimia berisi senyawa yang identik dengan marsilin, obat penenang dan *anticonvulsant*, antikarsinogenik dan *oxytoxic*. Ekstrak obat-obatan baku dan beragam obat digunakan sebagai antimikroba. Bagian-bagian tanaman yang meliputi akar, batang, bunga, buah, ranting dan organ tanaman dimodifikasi yang digunakan mempunyai sifat yang berbeda.

Salah satu spesies tanaman obat adalah *Ipomoea carnea* milik keluarga *Convolvulaceae* dan sub-keluarga *fistulosa*. aktivitas antimikroba dengan uji *n-heksana*, *etil asetat*, *aseton*, *etanol* dan fraksi *aseton* ekstrak *aseton*. Ekstrak *aseton* daun *Ipomoea carnea* menunjukkan aktivitas melawan *Proteus vulgaris* dan *Salmonella typhimurium*, sedangkan ekstrak *etanol* menguraikan aktivitas antimikroba *Pseudomonas aeruginosa*. Penelitian antimikroba dilakukan terhadap enam strain bakteri termasuk *E coli* (Adsull *et al.*, 2012).

Aktivitas antibakteri dari nanopartikel ekstrak *Ipomoea carnea* sangat efisien terhadap patogen manusia. Bisa digunakan untuk baju rumah sakit, sarung tangan dan masker untuk menghindari penyebaran infeksi diantara petugas kesehatan (Srivastava dan Shukla, 2015).

Ekstrak bunga segar *Ipomoea carnea* dengan *Etanol* 95% dan pelarut *diethyl Eter*, *kloroform* dan *etil asetat* sebagai

penyembuhan luka mengandung *Kaempferol* dan *3-O- $\beta$ -D-Glukosida* dapat digunakan sebagai penyembuhan luka fase peradangan awal diikuti oleh proliferasi fibroblas, pembentukan serat kolagen dan penyusutan dan pengeringan bekas luka. Aktivitas Immunomodulatory: *Ipomoea carnea* adalah *Nortropane alkaloid calystegines* B1, B2, B3 dan C1 dan *Indolizidine alkaloid swainsonine* (SW) (Kiran dan Parisara, 2016).

Aktivitas anti malaria yaitu mempunyai efek sinergis dari insektisida dengan ekstrak *Ipomoea carnea* dapat digunakan sebagai anti malaria melawan vektor material *Anopheles stephens* (Saxena *et al.*, 2013).

Berbagai senyawa bioaktif dari *Ipomoea carnea* dapat diketahui seperti, anti malaria, asam lemak, ester, alkohol dan *tanin*. Pada daun tanaman ini ada 13 senyawa yang termasuk asam *heksadekanoad*, asam *stearat*, *1,2 dietil Phthalate*, *n-octadecanol*, *oktacosane*, *hexatriacontane*, *tetrakontana*, *3-diethylamino-1-propanol*. Ekstrak ethanol-air (80:20) *Ipomoea carnea* mengandung flavonoid, fenol, dan pigmen *steroid*. Menurut penelitian Sahu dan Gupta (2014), ekstrak kloroform menunjukkan adanya *steroid*, karbohidrat, alkaloid, senyawa *fenolik*, *saponin*, *xanthoprotein* dan *flavonoid*. Buah mengandung bahan aktif alkaloid. misalnya *Lysergol*, *Chanoclavine*, *penniclavine* dan *clymoclavine*. Daun *Ipomoea fistulosa* mengandung alkaloida, saponin, flavonoida dan tannin. *Dibutil phthalate* diisolasi dari batang *Ipomoea carnea* terbukti sebagai anti bakteri (Srivastava dan Shukla, 2015).

Beberapa penelitian menyebutkan bahwa zat aktif yang banyak terkandung dalam *Ipomoea carnea* dan berfungsi sebagai antibakteri yaitu senyawa alkaloid, flavonoid.



#### ▪ Alkaloid

Alkaloid merupakan senyawa yang mengandung nitrogen yang bersifat basa dan mempunyai aktifitas farmakologis. Bagi tumbuhan, alkaloid berfungsi sebagai senyawa racun yang melindungi tumbuhan dari serangga atau herbivora (hama dan penyakit), pengatur tumbuh atau sebagai basa mineral untuk mempertahankan keseimbangan ion. Sumber alkaloid adalah tanaman berbunga, angiospermae, hewan, serangga, organisme laut dan mikroorganisme. Senyawa alkaloid banyak terkandung dalam akar, buah, kayu, daun dan hewan. Umumnya alkaloid merupakan senyawa padat, berbentuk kristal, tidak berwarna dan mempunyai rasa pahit, Senyawa alkaloid dalam bidang kesehatan memiliki efek berupa pemicu sistem syaraf, menaikkan tekanan darah, mengurangi rasa sakit, antimikroba, obat penenang, obat penyakit jantung dan lainnya (Hahlbrock, 1981).

Alkaloid merupakan golongan zat tumbuhan sekunder yang terbesar. Alkaloid memiliki kemampuan sebagai antibakteri dengan mekanisme mengganggu komponen penyusun peptidoglikan pada sel bakteri, sehingga lapisan dinding sel tidak terbentuk secara utuh dan menyebabkan kematian sel tersebut (Wayan dan Betta, 2015).

Alkaloid merupakan senyawa penting sebagai antimikroba dan antioksidan yang dapat digunakan untuk mengembangkan biofarmasi melawan penyakit menular (Shami, 2016).

Fraksi alkaloid menunjukkan penghambatan lengkap terhadap *Sarcina lutea*, *Bacillus subtilis* dan *Staphylococcus aureus* menghasilkan banyak toksin yang berkontribusi terhadap patogenitas bakteri dengan

meningkatkan kemampuannya untuk menyerang jaringan tubuh dengan sindrom syok toksik, infeksi berat yang ditandai oleh demam tinggi dan muntah terkadang bahkan meninggal. *S. aureus* juga menghasilkan enterotoksin yang menyebabkan muntah dan mual saat tertelan. Ini adalah salah satu penyebab makanan yang paling umum terjadinya keracunan (Gonzales *et al.*, 2014).

Alkaloid penting untuk melindungi dan kelangsungan hidup tanaman karena mereka memastikan mereka bertahan melawan mikroorganisme (antibakteri dan aktivitas antijamur), serangga dan herbivora (*feeding deterrens*) dan juga melawan tanaman lain. Alkaloid digunakan karena mengandung pewarna, rempah-rempah, obat-obatan atau racun. Alkaloid memiliki banyak fungsi farmakologis yaitu untuk antihipertensi (banyak indol alkaloid), efek antiaritmia (*quinidine*, cadangan), dan aktivitas antimalaria (kina). Beberapa alkaloid memiliki stimulan properti sebagai kafein dan nikotin, morfin digunakan sebagai analgesik dan kina sebagai obat antimalaria (Saxena *et al.*, 2013).

- Flavonoid

Flavonoid adalah senyawa yang terdiri dari lima belas atom karbon yang umumnya terdapat pada tumbuhan (Hahlbrock, 1981). Flavonoid lebih dari 2000 berasal dari tumbuhan, umumnya ada tiga kelompok, yaitu antosianin, flavonol, dan flavon. Antosianin adalah pigmen berwarna merah, ungu dan biru yang umumnya terdapat di bunga, meskipun juga terdapat pada buah, batang, daun dan akar tumbuhan. Sebagian besar flavonoid terakumulasi di vakuola sel tumbuhan. Cahaya panjang gelombang biru meningkatkan pembentukan flavonoid dan flavonoid

meningkatkan resistensi tanaman terhadap radiasi ultra violet (Salisbury & Ross, 1995)

Aktivitas farmakologi dari flavonoid adalah sebagai anti-inflamasi, antibakteri, analgesik, dan anti-oksidan. Flavonoid merupakan senyawa polar yang umumnya mudah larut dalam pelarut polar seperti etanol, menthanol, butanol, dan aseton. Flavonoid merupakan golongan terbesar dari senyawa fenol, senyawa fenol mempunyai sifat efektif menghambat pertumbuhan virus, bakteri, dan jamur. Senyawa-senyawa flavonoid umumnya bersifat antioksidan dan banyak yang digunakan sebagai salah satu komponen bahan baku obat-obatan. Senyawa flavanoid dan turunannya memiliki dua fungsi fisiologi tertentu, yaitu sebagai bahan kimia untuk mengatasi serangan penyakit (sebagai antibakteri) dan anti virus bagi tanaman. Para peneliti lain juga menyatakan pendapat sehubungan dengan mekanisme kerja dari flavonoid dalam menghambat pertumbuhan bakteri, antara lain bahwa flavonoid menyebabkan terjadinya kerusakan permeabilitas dinding sel bakteri. Mekanisme anti-inflamasi terjadi melalui efek penghambatan pada jalur metabolisme asam arakhidonat, pembentukan prostaglandin, pelepasan histamin pada radang. Manfaat lain dari flavanoid adalah melindungi struktur sel tubuh. Flavanoid mengandung senyawa fenol. Fenol merupakan sejenis alkohol bersifat asam sehingga disebut juga asam karbolat. Fenol memiliki kemampuan mendenaturasi protein dan merusak dinding sel bakteri (Wayan dan Betta, 2015).

Flavonoid adalah senyawa polifenol yang ada di alam. Lebih dari 4.000 flavonoid yang telah ditemukan dan banyak terdapat di sayuran, buah-buahan dan minuman

seperti teh, kopi dan minuman buah. Flavonoid memiliki peran penting dalam medis perawatan zaman kuno, dan penggunaannya bertahan sampai sekarang. Lebih dari 4000 flavonoid bagian tanaman yang biasanya dikonsumsi oleh manusia dan sekitar 650 flavon dan 1030 flavano. Aktivitas flavonoid sebagai antimikroba, sitotoksitas, antiinflamasi serta aktivitas antitumor dan hampir setiap kelompok flavonoid digunakan sebagai antioksidan yang bisa melindungi tubuh manusia dari radikal bebas dan spesies oksigen reaktif. Kapasitas flavonoid berperan sebagai antioksidan tergantung pada struktur molekulnya. Posisi gugus hidroksil dan fitur lainnya distruktur kimia flavonoid adalah penting untuk aktivitas antioksidan. Di samping itu flavonoid seperti luteolin dan catechins memiliki efek antioksidan lebih baik dibanding nutrisi antioksidan seperti vitamin C, vitamin E dan  $\beta$ -karoten. Flavonoid telah dinyatakan memiliki banyak khasiat bermanfaat, memiliki aktivitas antiinflamasi, penghambatan enzim, aktivitas antimikroba, aktivitas oestrogenik, aktivitas anti alergi aktivitas, aktivitas antioksidan, aktivitas vaskular dan aktivitas antitumor sitotoksik. Flavonoid merupakan berbagai macam zat yang bermain peran penting dalam melindungi sistem biologis melawan efek berbahaya dari proses oksidatif pada makromolekul, seperti karbohidrat, protein, lipid dan DNA (Saxena *et al.*, 2013).

### c. Ekstrak

Ekstraksi (penyarian) adalah kegiatan penarikan kandungan kimia yang dapat larut sehingga terpisah dari bahan yang tidak dapat larut dengan pelarut cair. Simplisia yang diekstraksi mengandung senyawa aktif yang dapat larut dan senyawa yang tidak dapat larut seperti serat, karbohidrat,

protein dan lain-lain. Senyawa aktif yang dalam berbagai simplisia dapat digolongkan kedalam golongan minyak astiri, alkaloid, flavanoid dan lain-lain. Struktur kimia yang berbeda-beda akan mempengaruhi kelarutan serta stabilitas senyawa-senyawa tersebut terhadap pemanasan, udara, cahaya, logam berat dan derajat keasaman. Dengan diketahuinya senyawa aktif yang dikandung simplisia akan mempermudah pemilihan pelarut dan cara ekstraksi yang tepat. Simplisia yang lunak seperti daun akan mudah diserap oleh pelarut, sehingga perlu diserbuk hingga halus. Simplisia keras seperti buah, kulit, kulit kayu dan kulir akar susah diserap oleh pelarut, sehingga perlu diserbuk sampai halus (Departemen Kesehatan RI, 2008).

Metode ekstraksi ada beberapa macam salah satunya adalah metode maserasi. Metode maserasi adalah cara penyarian dengan merendam serbuk simplisia dalam cairan penyari selama beberapa hari pada temperatur kamar dan terlindung dari cahaya. Maserasi menyari simplisia yang mengandung komponen kimia yang mudah larut dalam cairan penyari, tidak mengandung zat yang mudah mengembang seperti benzoin, stiraks dan lilin. Penggunaan metode ini misalnya pada sampel yang berupa daun, contohnya pada penggunaan pelarut eter atau aseton untuk melarutkan lemak atau lipid (Anonim, 1986).

Simplisia yang akan diekstraksi ditempatkan pada wadah atau bejana yang bermulut lebar dengan larutan penyari, bejana ditutup rapat kemudian dikocok berulang-ulang sehingga memungkinkan pelarut masuk ke seluruh permukaan simplisia. Waktu maserasi umumnya 5 hari, setelah waktu tersebut keseimbangan antara bahan yang diekstraksi pada bagian dalam sel dengan luar sel telah tercapai. Dengan pengocokan keseimbangan konsentrasi bahan ekstraksi lebih cepat dalam



cairan. Keadaan diam menyebabkan turunnya perpindahan bahan aktif (Ansel, 1989).

Metode maserasi umumnya menggunakan pelarut non air atau non-polar. Simplisia direndam cairan akan menembus dinding sel dan masuk ke dalam sel yang penuh dengan zat aktif karena ada pertemuan antara zat aktif dan penyari itu terjadi proses pelarutan (zat aktifnya larut dalam penyari) sehingga penyari yang masuk ke dalam sel tersebut akhirnya akan mengandung zat aktif 100%, penyari di luar sel belum terisi zat aktif 0%. Adanya perbedaan konsentrasi zat aktif di dalam dan di luar sel ini akan muncul gaya difusi, larutan yang terpekat akan didesak menuju keluar berusaha mencapai keseimbangan konsentrasi antara zat aktif di dalam dan di luar sel. Proses keseimbangan ini akan berhenti, setelah terjadi keseimbangan konsentrasi (jenuh). Proses ekstraksi dinyatakan selesai, maka zat aktif didalam dan di luar sel akan memiliki konsentrasi yang sama, yaitu masing-masing 50% (Anonim, 1986).

#### **d. Kromatografi Lapis Tipis (KLT)**

Kromatografi lapis tipis (KLT atau TLC = *Thin Layer Chromatography*) adalah suatu teknik kromatografi yang digunakan untuk memisahkan campuran yang tidak volatil. Kromatografi lapisan tipis dilakukan pada selembur kaca, plastik, atau aluminium foil yang dilapisi dengan lapisan tipis bahan adsorben, biasanya silika gel, aluminium oksida, atau selulosa. Lapisan tipis adsorben diketahui sebagai fasa stasioner (atau fasa diam) (Vogel *et al.*, 1989).

Sampel diaplikasikan pada pelat, suatu pelarut atau campuran pelarut (dikenal sebagai fasa gerak) dialirkan ke atas melalui pelat berdasarkan gaya kapilaritas. Oleh karena analit yang berbeda mengalir menaiki pelat KLT dengan laju

yang berbeda, maka terjadilah pemisahan komponen dalam analit tersebut. Pelat digunakan dengan mencampur adsorben, seperti silika gel, dengan sejumlah kecil pengikat inert seperti kalsium sulfat (gypsum) dan air. Campuran ini tersebar sebagai bubur tebal pada lembaran pembawa yang tidak reaktif, biasanya kaca, aluminium foil tebal, atau plastik. Pelat yang dihasilkan kemudian dikeringkan dan diaktivasi dengan memanaskannya pada oven selama tigapuluh menit pada 110 °C. Ketebalan lapisan adsorben berkisar antara 0,1 – 0,25 mm untuk keperluan KLT analitik, dan sekitar 0,5 – 2,0 mm untuk KLT preparatif (Vogel *et al.*, 1989).

Tahap-tahap analisa KLT bahan kimia yang dipisahkan kemungkinan tidak berwarna, terdapat beberapa metode untuk memvisualisasikan noda : Analit yang dapat berfluoresensi seperti kuinina dapat dideteksi menggunakan lampu UV-A (366 nm), Sejumlah kecil fluoresens, biasanya zinc silikat dengan mangan aktif, ditambahkan pada adsorben yang memungkinkan deteksi noda menggunakan lampu UV-C (254 nm). Lapisan adsorben akan berfluoresensi hijau, tetapi noda analit akan tampak hitam, Uap iodium bisa digunakan sebagai pereaksi warna umum, Pelat KLT dicelupkan atau disemprot dengan pereaksi warna khusus. Kalium permanganat, oksidasi, Bromin. Jika sudah tampak, nilai  $R_f$ , atau faktor retardasi, masing-masing noda dapat ditentukan dengan membagi jarak tempuh produk terhadap jarak tempuh eluen dari titik awal. Nilai ini bergantung pada pelarut yang digunakan dan jenis pelat KLT, bukan merupakan tetapan fisika. Senyawa yang berbeda akan menempuh jarak yang berbeda pada fasa diam, maka kromatografi dapat digunakan sebagai suatu teknik isolasi. Senyawa yang terpisah masing-masing memiliki luas area yang spesifik pada pelat, dan dapat

dikerok, kemudian dilarutkan dalam pelarut untuk memisahkannya dari fasa diam untuk digunakan dalam analisis lanjutan dan dilakukan uji spektrofotometri untuk menentukan panjang gelombang absorpsinya (Vogel *et al.*, 1989).

Berdasarkan Departemen Kesehatan RI, (2008) Kromatografi Lapis Tipis zat penjerap merupakan lapisan tipis serbuk halus yang dilapiskan pada lempeng kaca, plastik atau logam secara merata. Umumnya digunakan lempeng kaca yang dilapisi dapat dianggap sebagai kolom kromatografi terbuka dan pemisahan yang tercapai didasarkan pada adsorpsi, partisi atau kombinasi kedua efek tergantung dari jenis lempeng, cara pembuatan, dan jenis pelarut. KLT dengan lapis tipis penukar ion untuk pemisahan polar. Perkiraan identifikasi diperoleh dengan pengamatan bercak dengan harga  $R_f$  yang identik dan ukuran yang hampir sama dengan menolak bahan uji dan pembanding pada lempeng yang sama. Pembandingan visual ukuran bercak dapat digunakan untuk memperkirakan kadar secara semi kuantitatif. Pengukuran kuantitatif dimungkinkan bila digunakan densitometer atau bercak dapat dikerok dari lempeng kemudian diekstraksi dengan pelarut yang sesuai dan diukur secara spektrofotometri. Pada KLT dua dimensi, lempeng yang telah dikembangkan diputar  $90^\circ$  dan dikembangkan lagi. Umumnya menggunakan bejana lain yang dijenuhkan dengan system pelarut yang berbeda.

- e. **Penentuan kandungan zat aktif menggunakan analisis kuantitatif.** Prosedur penetapan Total Alkaloid equivalent Quinine menggunakan metode Spektrofotometri UV-vis (Laboratorium Penelitian dan Pengujian Terpadu, Universitas Gadjah Mada). *commit to user*

## 5. Model Sistem Dinamik

Menurut Muhammadi *et.al.* (2001), sistem dinamik adalah suatu metode yang digunakan untuk mendeskripsikan, memodelkan dan menstimulasi suatu sistem yang dinamis (dari waktu ke waktu berubah). Metode sistem dinamis merupakan suatu metodologi untuk memahami berbagai masalah kompleks, mempelajari masalah dengan sudut pandang sistem, dimana elemen-elemen sistem tersebut saling berinteraksi dalam suatu hubungan umpan balik sehingga menghasilkan suatu perilaku tertentu. Interaksi dalam struktur ini diterjemahkan ke dalam model-model matematik yang selanjutnya dengan bantuan komputer disimulasikan untuk memperoleh perilaku historisnya.

Dasar-dasar untuk membangun sisitem dinamis, yaitu :

a. Teori umpan balik informasi

Teori umpan balik informasi adalah sebuah sistem dimana suatu keadaan mendorong terjadinya kondisi yang lain, kejadian tersebut berpengaruh balik terhadap keadaan awal yang mendorong terjadinya sesuatu tersebut. Konsep ini terdapat kedinamisan perilaku yang disebabkan olah waktu tunda, penjelasan tambahan dan struktur sistem. Interaksi antar komponen sistem menjadi lebih penting daripada komponen itu sendiri.

b. Pendekatan eksperimental dalam analisis sistem

Pada berbagai eksperimen, kegiatan simulasi merancang dan mengatur pada sebuah komputer , kondisi yang menjelaskan tentang kejadian operasional.

c. Komputer digital

Perangkat komputer dapat mengatasi kompleksitas sistem yang dipelajari serta efisiensi waktu dan biaya.

d. Proses pengambilan keputusan

Proses pengambilan keputusan, kemampuan pengambil keputusan dan informasi yang tersedia menentukan kualitas keputusan yang dihasilkan .

## 6. Permodelan

Berdasarkan Aminudin (2014), model adalah penggambaran suatu sistem yang telah dibatasi, meliputi semua konsep dan variabel yang saling berhubungan dengan permasalahan dinamik (*dynamic problem*) yang ditentukan.

Model merupakan sebuah tiruan dan bentuk sederhana dari sistem yang mempresentasikan karakteristik dari sistem yang sesungguhnya, digunakan untuk memudahkan dalam mempelajari perilaku sistem nyata.

Model yang dikembangkan dengan sistem dinamik mempunyai karakteristik : menggambarkan hubungan sebab akibat (kausal) dari sistem, persamaan matematik sederhana dan sinonim dengan terminologi dunia industri, ekonomi dan sosial dalam tata nama, dapat melibatkan banyak variabel, dan dapat menghasilkan perubahan yang tidak kontinyu jika dalam keputusan memang dibutuhkan.

Model dibangun untuk tujuan perancangan kebijaksanaan. Pendekatan model dinamik bersifat deduktif dan mampu menghilangkan kelemahan-kelemahan dalam asumsi-asumsi yang dibuat sehingga kesepakatan atas asumsi-asumsi dapat diperoleh. Menekankan pada proses perubahan dalam satu kondisi ke kondisi lainnya, dengan waktu tunda sebagai hal penting karena perubahan memakan waktu. Model dinamik hubungan temporal hanya berlaku untuk tingkat stok saja dan tidak untuk kelakuan sistem. Kelakuan sistem pada saat sekarang tidak dapat diterangkan oleh kelakuan pada waktu yang lalu, melainkan oleh mekanisme interaksi struktur mikro dalam sistem.

*commit to user*



Dalam menyusun model dinamik terdapat tiga bentuk alternatif, yaitu :

a. Verbal

Model verbal adalah model sistem yang dinyatakan dalam bentuk kata-kata

b. Visual (analog model kualitatif)

Deskripsi visual dinyatakan secara diagram dan menunjukkan hubungan sebab akibat variabel dalam keadaan sederhana dan jelas. Analisis visual dilakukan secara kualitatif.

c. Matematis

Model visual direpresentasikan dalam bentuk matematis perhitungan-perhitungan terhadap suatu sistem, yang bersifat ekuivalen, dimana setiap bentuk berperan sebagai alat bantu untuk dimengerti bagi yang awam. Permasalahan dalam sistem dinamik disebabkan oleh pengaruh dari luar bukan struktur internal sistem, berdasarkan filosofi kausal (sebab akibat) untuk mendapat pemahaman yang mendalam tentang tata cara kerja suatu sistem.

## 7. Perilaku Masyarakat

Menurut Poortvliet *et al.* (2017) tentang perilaku masyarakat terhadap sesuatu yang baru dapat dilihat dari :

a. Nilai keyakinan teori norma.

Faktor-faktor ini adalah nilai-nilai masyarakat, keyakinan, dan norma-norma. Individu memegang nilai yang berbeda orientasi dalam hidup dan masing-masing mungkin memiliki bobot yang lebih kecil atau lebih besar untuk prinsip stabilitas hidup mereka. Keyakinan adalah kemampuan yang dirasakan untuk membentuk perilaku yang relevan.

b. Nilai-nilai keyakinan masyarakat :

Nilai-nilai keyakinan masyarakat terdapat 3 macam, yaitu :

(1). Nilai-nilai biosfir

Mencerminkan keyakinan seseorang melindungi alam sangat berharga karena nilai intrinsiknya.

(2). Nilai-nilai altruistik

Berurusan dengan kesejahteraan orang lain, misalnya orang-orang yang dekat dengan seseorang.

Indikator yang paling dominan mempengaruhi karakteristik inovasi adalah kesesuaian program, untuk saluran komunikasi yaitu media masa. Untuk agen pembaru yaitu memelihara program dan mencegahnya dari kemacetan, dan tokoh masyarakat yakni peranan tokoh masyarakat sebagai penyuluh, serta karakteristik masyarakat adalah tingkat subsistensi. Perilaku masyarakat dalam pengambilan keputusan dominan dibentuk oleh tahap konfirmasi. Variabel yang paling besar mempengaruhi perilaku masyarakat adalah karakteristik inovasi (Sari *et al.*, 2016).

(3). Nilai-nilai egoistik diarahkan kesejahteraan sendiri dan cenderung negatif dari perilaku, sedangkan kedua nilai altruistik dan biosfir memiliki asosiasi positif.

Reaksi dan persepsi seseorang terhadap sesuatu hal, akan menentukan sikap dan perilaku orang tersebut, yaitu hubungan antara keyakinan dengan sikap, tujuan, serta penggunaan nyata dari suatu sistem (Ajzen dan Fisbein, 1980).

**c. Risiko dan manfaat persepsi**

Bertujuan untuk mengeksplorasi kesediaan orang untuk menerima sanitasi baru, yang bagi kebanyakan orang adalah teknologi baru. Ketika datang ke penerimaan teknologi baru, persepsi risiko dan manfaat umumnya penting. Oleh karena itu, ada kemungkinan bahwa evaluasi masyarakat umum tentang risiko dan manfaat yang berkaitan dengan sanitasi baru akan

prediktor penting dari penerimaan mereka terhadap teknologi ini. Teknologi telah semakin berfokus pada risiko dan manfaat persepsi. Persepsi risiko masyarakat umum biasanya didasarkan pada informasi faktual, tetapi juga penting pada perasaan, etika, perbedaan-perbedaan preventif, dan sikap, dan bisa ambigu. Mungkin tidak selalu berbasis fakta, pengambilan keputusan mengenai teknologi dipengaruhi oleh persepsi risiko; dan persepsi ini didasarkan pada kerangka acuan dan pengetahuan. Risiko dan manfaat dari teknologi yang dirasakan tidak tetap konsep; bukan, mereka terus-menerus dapat berubah dan diciptakan oleh pemahaman budaya saat ini risiko yang dapat diterima : sebuah teknologi baru dapat dianggap sebagai berisiko, tapi, ketika itu tertanam dalam perilaku rutin, persepsi itu dapat berubah menjadi tidak berisiko. Selain itu, risiko dan manfaat yang dirasakan juga mempengaruhi satu sama lain; tingkat manfaat yang dirasakan mempengaruhi tingkat penerimaan risiko yang dirasakan.

Penelitian tentang perilaku pengguna terhadap penerimaan teknologi (Wibowo, 2017) diperoleh hasil, bahwa mudah atau tidaknya media online (web) digunakan tidak akan mempengaruhi sikap responden terhadap penggunaan teknologi informasi online (web). Tidak ada pengaruh antara persepsi tentang kemudahan penggunaan media online (web) dengan sikap pengguna.

Berdasarkan Iqbaria *et al.* (1997), faktor sikap dari tiap-tiap perilaku pengguna dengan dua variabel yaitu kemudahan penggunaan dan kemanfaatan. Kedua variabel ini dapat menjelaskan aspek berperilaku pengguna, sehingga penerimaan pengguna dipengaruhi oleh kemanfaatan dan kemudahan.

Persepsi tentang kemudahan penggunaan sebuah teknologi didefinisikan sebagai suatu ukuran dimana seseorang percaya bahwa teknologi tersebut dapat dengan mudah dipahami dan digunakan, yaitu teknologi sangat mudah dipelajari, mengerjakan dengan mudah apa yang diinginkan pengguna, mudah meningkatkan ketrampilan pengguna dan mudah dioperasikan. Persepsi terhadap kemanfaatan didefinisikan sebagai suatu ukuran dimana penggunaan suatu teknologi dipercaya akan mendatangkan manfaat bagi yang menggunakannya, meliputi kegunaan yaitu : menjadikan pekerjaan lebih mudah, bermanfaat, menambah produktivitas dan efektifitas yaitu mempertinggi efektifitas dan mengembangkan kinerja pekerjaan (Davis, 1989).

**d. Status kesehatan dan perilaku.**

Status kesehatan adanya hubungan yang terkait antara perilaku kesehatan dan kesehatan secara keseluruhan. Intervensi sering lebih efektif dalam hasil kesehatan holistik (Ufholz dan Harlow, 2017).

**e. Perilaku dan aplikasi waktu.**

Menurut George *et al.* (2018) menyebutkan bahwa efek dari intervensi promosi kesehatan berbasis keluarga pada aktivitas fisik, asupan buah dan sayuran orang tua di Amerika dan Afrika, sampai minggu ke-6 dapat meningkatkan aktivitas fisik dan mencegah penyakit kronis.

Hubungan antara pola tidur obyektif dan rasa sakit pada anak-anak (Fisher *et al.*, 2018) membutuhkan waktu 14 hari untuk mendapatkan hasil, yaitu dukungan hubungan dua arah antara parameter tidur dan nyeri harian pada anak-anak.

Menurut Fanning *et al.* (2018), membutuhkan fase intensif 6 bulan dan 12 bulan untuk pemeliharaan aktivitas fisik

*commit to user*

dan penurunan berat badan dengan diet saja atau kombinasi pelatihan aerobik, berjalan dan menaiki tangga.

Berdasarkan Davis (1989) penggunaan teknologi dikonsepkan dalam bentuk pengukuran terhadap frekuensi dan durasi waktu penggunaan teknologi. Seseorang akan puas menggunakan sistem jika mereka meyakini bahwa sistem tersebut mudah digunakan dan akan meningkatkan produktifitas pengguna yang tercermin dari kondisi nyata penggunaannya.

Waktu yang digunakan untuk mendapatkan perilaku yang diinginkan belum ada batasan khusus kapan akan terjadi perubahan perilaku pada masyarakat.

**f. Perilaku dan jenis kelamin.**

Wanita cenderung lebih memperhatikan harga produk dan jasa, dan lebih sadar biaya daripada pria. Selanjutnya, wanita biasanya lebih banyak terlibat dalam pembelian dengan demikian lebih bertanggung jawab dan berhati-hati dengan uang daripada pria (Slama & Tashchian, 1985). Mengingat kecenderungan pria untuk bermain dengan teknologi, nilai harga yang diberikan oleh pria untuk teknologi kemungkinan akan lebih tinggi dari nilai yang diberikan oleh wanita untuk teknologi yang sama.

Pada penelitian (Sam *et al.*, 2005) diungkap bahwa jenis kelamin dapat memoderati efek kecemasan. Wanita cenderung lebih sensitif dengan perasaannya dan peran sosial lebih dekat dengan efek cermin sosial lingkungan sekitarnya. Kedua sebab ini pada akhirnya menjadikan efek kecemasan lebih besar wanita ketimbang pria.

**g. Perilaku dan status keluarga.**

Keunggulan laki-laki dibanding perempuan bersifat fungsional. Artinya laki-laki yang bertugas mencari dan mampu memenuhi



kebutuhan istri dan keluarganya, maka dia dapat menjadi pemimpin dalam rumah tangga. Laki-laki dan perempuan juga mempunyai fungsi sosial yang sama, yakni melaksanakan tugas-tugas domestik dalam rumah tangga. Oleh karena itu, bila seorang laki-laki tidak dapat memenuhi kewajiban memenuhi kebutuhan istri atau keluarganya, dan istri yang menjadi tulang punggung keluarga, maka kelebihan menjadi pemimpin keluarga tentunya menjadi milik perempuan (istri) (Ishaq, 2014).

#### **h. Perilaku dan pendidikan.**

Pendidikan formal adalah pendidikan yang berstruktur, mempunyai jenjang atau tingkatan, di dalam periode-periode tertentu, berlangsung dari sekolah dasar ke universitas dan mencakup disamping studi akademi umum, juga berbagai program khusus dan lembaga untuk latihan teknis dan profesional (Coombs, 1984).

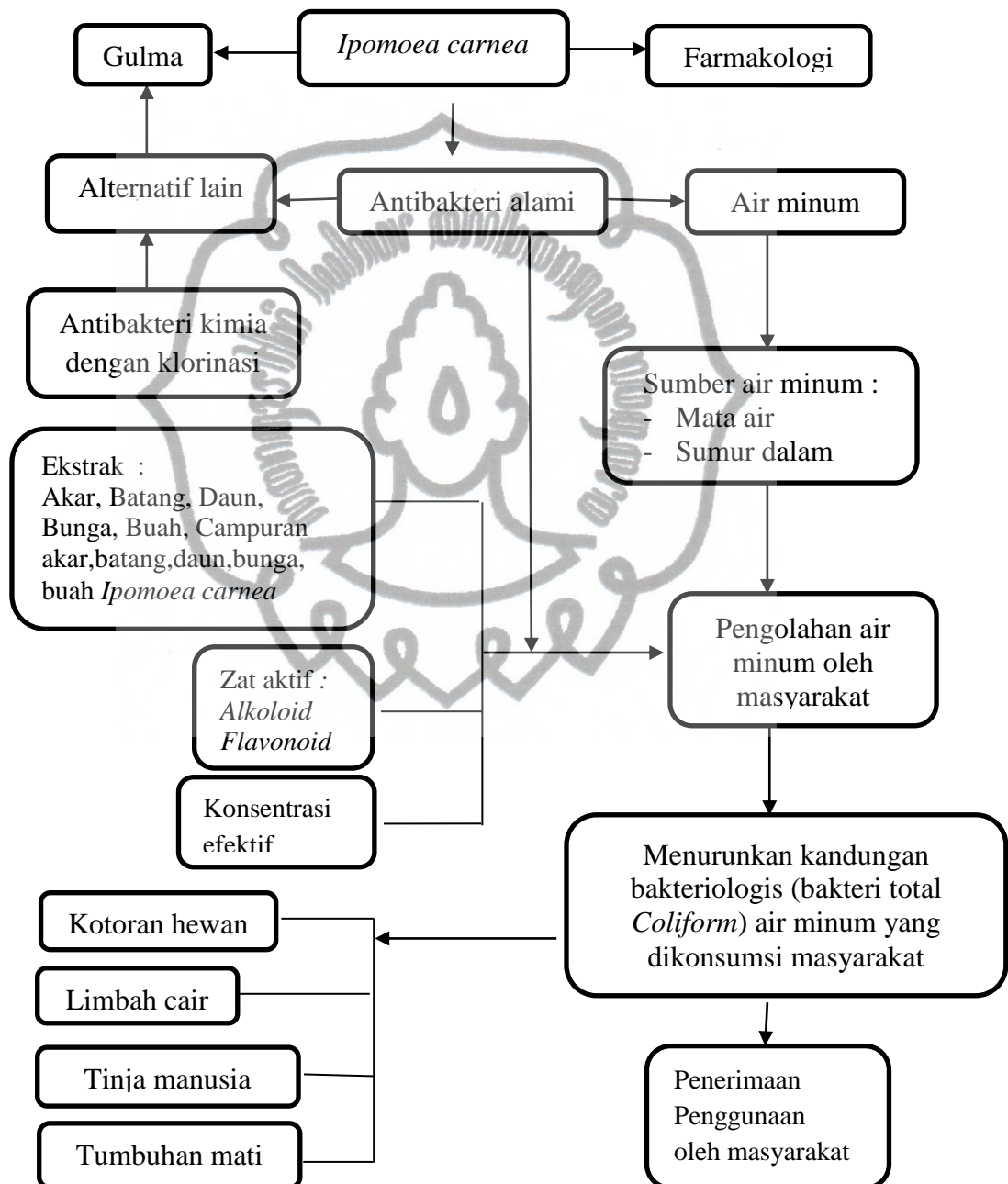
Berkaitan dengan perilaku sehat seseorang, maka keberadaan pendidikan merupakan suatu proses yang diusahakan dengan sengaja di dalam masyarakat untuk mendidik, membina dan membangun individu baik dalam lingkungan rumah atau dalam lingkungan sosialnya dan bertanggung jawab menjadi pendorong kearah untuk kemajuan. Setiap manusia baik secara individu maupun kelompok telah memiliki perilaku yang berbeda. Ada yang sebagian orang berperilaku selalu mempertimbangkan segala aspek di sekitarnya dan sebagian lagi bertindak sesukanya. Sekolah sebagai lembaga pendidikan, yang di dalamnya seseorang bisa mempelajari bagaimana tata kelakuan yang baik dan sehat, mempelajari norma-norma atau aturan yang dipatuhi. Sehingga diharapkan dengan adanya pendidikan dapat mengubah tingkah laku atau perilaku hidup sehat seseorang akan menjadi lebih baik karena salah satu fungsi

dari pendidikan adalah mengembangkan dari pola-pola tingkah laku (sosial) sesuai dengan norma dan aturan yang ada, oleh sebab itu pendidikan seseorang akan mengubah seseorang menjadi mengerti tentang segala hal seperti mengetahui perilaku hidup sehat yang seharusnya dilakukan oleh masyarakat yang akan mengubah kualitas lingkungan masyarakat menjadi lebih bersih, dan sehat. Pendidikan hal yang berpengaruh terhadap perilaku dan lingkungan kita sehari-hari sehingga pendidikan merupakan modal utama dalam segala hal (Bloom, 1956).



## B. Kerangka berpikir

Kerangka berpikir adalah suatu diagram yang menjelaskan secara garis besar alur pada sebuah penelitian yang didasarkan dari konsep teori dan hubungannya. Kerangka berpikir penelitian ini disajikan pada gambar 3.



Gambar 3 Kerangka berpikir “Pengolahan air minum oleh masyarakat dengan pemanfaatan *Ipomoea carnea* sebagai antibakteri”

Keterangan :

Lingkungan meliputi :

- a. Abiotik : air minum
  - b. Biotik : *Ipomoea carnea*, bakteri total *Coliform*.
  - c. Cultur : Alternatif lain yang dilakukan oleh masyarakat dalam mengolah air minum, yaitu penerimaan dan penggunaan antibakteri *Ipomoea carnea*.
- Azas pada ilmu lingkungan mengacu pada azas ke-11 yaitu sistem yang mantap (dewasa) mengeksploitasi sistem yang belum dewasa. Tingkat makanan, populasi, atau ekosistem yang sudah dewasa akan memindahkan energi, biomassa, dan keanekaragaman tingkat energi ke arah yang belum dewasa (Setyono, 2015). *Ipomoea carnea* dimanfaatkan sebagai antibakteri total *Coliform* dalam air minum.

### C. Hipotesis.

Hipotesis dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. *Ipomoea carnea* dapat menurunkan kandungan bakteriologis pada air minum yang diolah oleh masyarakat.
2. Kandungan bahan aktif *Ipomoea carnea* yang bisa digunakan sebagai anti bakteri air minum adalah senyawa golongan alkaloid dan flavonoid.
3. Semua konsentrasi *Ipomoea carnea* dapat digunakan sebagai anti bakteri air minum dalam satuan gram/100 mL sampel
4. Model pengolahan air minum oleh masyarakat dengan pemanfaatan *Ipomoea carnea* dengan strategi ekstrak konsentrasi yang efektif dapat menurunkan kandungan bakteriologis.
5. Masyarakat menerima dan menggunakan *Ipomoea carnea* sebagai antibakteri yang dapat menurunkan kandungan bakteriologis pada air minum yang diolah masyarakat.