

## BAB 2

## TINJAUAN PUSTAKA

## 2.1 Jahe

## 2.1.1 Nama Tanaman

Jahe memiliki berbagai nama atau sebutan berdasarkan daerahnya :

## 1. Nama Daerah

- a. Sumatra : halia (Aceh), beuing (Gayo), bahing (Batak karo), pege (Toba), sipode (Mandailing), lahia (Nias), sipodeh (Minangkabau), page (Lubu), Jahi (Lampung)
- b. Jawa : jahe (Sunda), jae (Jawa), jhai (Madura), jae (Kangean)
- c. Bali : jae
- d. Nusa Tenggara : reja (Bima), alia (Sumba), lea (Flores)
- e. Kalimantan : lai (Dayak)
- f. Sulawesi : luya (Mongondow), moyuman (Poros), melito (Gorontalo), yuyo (Buol), kuya (Baree), laia (Makasar), pase (Bugis)
- g. Maluku : hairalo (Amahai); pusu, seeia, sehi (Ambon); sehi (Hila); sehil (Nusa Laut); siwei (Buru); garaka (Ternate); gora (Tidore); laian (Aru)
- h. Irian Jaya : lali (Kalanapat), marman (Kapaur)

## 2. Nama Asing : Ginger

3. Nama Latin : *Zingiber officinale* (Santoso, 2006)

## 2.1.2 Taksonomi Jahe

Taksonomi jahe diklasifikasikan sebagai berikut :

Kingdom : Plantae (Tumbuhan)

Subkingdom : Tracheobionta (Tumbuhan berpembuluh)

Divisi	: Spermatophyta (Menghasilkan biji)
Subdivisi	: Angiospermae (berbiji tertutup)
Kelas	: Monocotyledonae (berkeping satu)
Ordo	: Zingiberales
Famili	: Zingiberaceae (suku jahe-jahean)
Subfamili	: Zingiberoidae
Genus	: Zingiber
Spesies	: <i>Zingiber officinale</i> (Rukmana, 2003),

### 2.1.3 Morfologi Jahe

Secara morfologi, tanaman jahe terdiri atas akar, rimpang, batang, daun dan bunga. Tinggi tanaman jahe 30 – 100 cm, tergantung pada klon atau jenisnya (Harmono dkk, 2006). Perakaran tanaman jahe merupakan akar tunggal. Akar tunggal (rimpang) tertanam kuat di dalam tanah dan makin membesar dengan penambahan usia, serta membentuk rhizoma – rhizoma baru. Akar rimpang jahe memiliki banyak kegunaan mulai sebagai bumbu masak, obat – obatan, sampai menjadi minyak jahe (Paimin dkk, 2007).

Batang tanaman jahe merupakan batang semu yang tumbuh tegak lurus. Batang ini terdiri atas seludang-seludang dan pelepah daun yang menutup batang. Bagian luar batang sedikit licin dan mengkilap berwarna hijau tua, serta mengandung banyak air (Paimin dkk, 2007).

Daun tanaman jahe berbentuk lonjong dan lancip menyerupai daun rumput yang besar. Daun bagian atas lebar dengan ujung sedikit lancip, bertangkai pendek, berwarna hijau muda dan berbulu halus. Panjang daun sekitar 5-25 cm dan lebar 0,8-2,5 cm. Bagian ujung daun agak tumpul dengan panjang lidah 0,3-0,6 cm. Bila daun mati, pangkal daun tetap hidup dalam tanah. Jika cukup

tersedia air, bagian pangkal daun ini akan ditumbuhi tunas dan menjadi rimpang yang baru (Paimin dkk, 2007).

Bunga tanaman jahe terletak pada ketiak daun pelindung. Bentuk bunga bervariasi: panjang, bulat telur, lonjong, runcing, atau tumpul. Bunga berukuran panjang 2-2,5 cm dan lebar 1-1,5 cm (Paimin dkk, 2007).



Gambar 2.1 Tanaman Jahe (Tim Lentera, 2002)

#### 2.1.4 Jenis-jenis Jahe

Berdasarkan ukuran bentuk dan warna kulit rimpang jahe diklasifikasikan menjadi tiga varietas yaitu:

1. Jahe putih/kuning besar disebut juga jahe gajah atau jahe badak (*Zingiber officinale var Roscoe*)

Rimpangnya besar dan gemuk, warna kuning muda atau kuning, berserat halus, dan ruas rimpang lebih menggelembung dibandingkan dengan dua varietas lainnya. Dikonsumsi baik saat berumur muda maupun tua, baik sebagai jahe segar maupun olahan. Pada umumnya dimanfaatkan sebagai bahan baku makanan dan minuman (Harmono dkk, 2006).



Gambar 2.2 Jahe Gajah (Tim Lentera, 2002)

2. Jahe kuning kecil disebut juga jahe sunti atau jahe emprit (*Zingiber officinale* var *Amarum*)

Ruasnya kecil, sedikit rata sampai sedikit menggelembung, berwarna putih, berserat lembut, dan beraroma serta berasa tajam. Jahe ini biasa dipanen setelah berumur tua. Kandungan minyak atsiri dan oleoresinnya lebih besar dari jahe gajah, sehingga aromanya lebih tajam dan rasanya lebih pedas. Jahe ini cocok untuk ramuan obat-obatan, atau diekstrak oleoresin dan minyak atsirinya.



Gambar 2.3 Jahe Emprit (Tim Lentera, 2002)

3. Jahe merah (*Zingiber officinale* var *Rubrum*)

Rimpangnya berwarna merah dan lebih kecil daripada jahe putih kecil, berserat kasar, beraroma serta berasa tajam (pedas). Dipanen setelah tua dan memiliki minyak atsiri yang sama dengan jahe kecil sehingga jahe merah pada umumnya dimanfaatkan sebagai bahan baku obat-obatan (Harmono dkk, 2006).



Gambar 2.4 Jahe Merah (Tim Lentera, 2002)

### 2.1.5 Jahe Emprit (*Zingiber officinale var Amarum*)

Jahe emprit (*Zingiber officinale var Amarum*) mempunyai rimpang relatif kecil, bentuknya agak pipih, berwarna putih sampai kuning, seratnya agak kasar, aromanya agak tajam, rasanya pedas. Panjang akar 20,55-21,10 cm, diameter akar 4,78-5,90 mm, panjang rimpang 16,13-31,70 cm, tinggi rimpang 7,86-11,10 cm, dan berat rimpang 1,11-1,58 kg. Jahe emprit mempunyai batang agak keras dan berbentuk bulat, berwarna hijau muda, diselubungi oleh pelepah daun, dan tinggi tanaman 41,87-56,45 cm. Jahe emprit mempunyai daun berselang seling teratur, warna permukaan daun atas hijau muda jika dibanding dengan bagian bawah. Luas daun 14,36-20,50 mm, panjang daun 17,45-19,79 cm, lebar daun 2,24-3,26 cm, jumlah daun antara 20 - 28 helai. Jahe emprit mempunyai kandungan minyak atsiri sekitar 1,5%-3,5%. Jahe ini banyak digunakan sebagai rempah-rempah, penyedap makanan, minuman dan bahan baku obat-obatan (Fakhrudin, 2008).

### 2.1.6 Kandungan Kimia Jahe

Jahe (*Zingiber officinale*) selain sebagai bumbu masakan atau minuman, juga dapat digunakan sebagai obat. Sebagai obat, yang digunakan dari tanaman jahe ini adalah rimpangnya (Muhlisah, 2009). Rimpang jahe mengandung air, serat kasar, lemak, protein, pati, damar, asam organik, oleoresin (gingerin), dan minyak atsiri (zingeron, zingerol, zingeberol, zingiberin, borneol, sineol, dan feladran) (Santoso, 2006). Selain itu, rimpang jahe juga mengandung flavoida dan polifenol (Muhlisah, 2009). Jumlah masing-masing komponen ini berbeda-beda pada jahe tergantung jenisnya, keadaan tanah pada waktu jahe ditanam, iklim, curah hujan, cara budidaya, umur rimpang jahe pada saat dipanen, serta perlakuan terhadap hasil rimpang pasca panen (Guenther, 1952).

Menurut Ravindran *et al.* (2005) kandungan jahe adalah sebagai berikut :

**Tabel 2.1 Persentase Kandungan Jahe per Berat Segar**

Komponen	Persentase dalam berat segar
Minyak esensial	0.8 %
Campuran lain	10-16 %
Abu	6.5 %
Protein	12.3 %
Zat pati	45.25 %
Lemak	4.5 %
Fosfolipid	Sedikit
Sterol	0.53 %
Serat	10.3 %
Oleoresin	7.3 %
Glukosa tereduksi	Sedikit
Air	10.5 %

Sumber: Ravindran *et al.*, 2005

**Tabel 2.2 Kandungan Vitamin Jahe per Berat Segar**

Vitamin	Persentase dalam berat segar
Tiamin	0.035 %
Riboflavin	0.015 %
Niasin	0.045 %
Piridoksin	0.056 %
Vitamin C	44.0 %
Vitamin A	Sedikit
Vitamin B	Sedikit

Sumber: Ravindran *et al.*, 2005

Kandungan senyawa kimia dalam jahe secara umum terdiri dari :

1) Minyak menguap (*volatile oil*)

Minyak atsiri termasuk jenis minyak menguap dan merupakan suatu komponen yang memberi aroma yang khas. Kandungan minyak

atsiri jahe merah 2,58-2,72% dan jahe emprit 3,05-3,48% dihitung berdasarkan berat kering (Daryono, 2011).

Kandungan minyak atsiri dalam *rhizoma* jahe ditentukan oleh umur panen dan jenis jahe. Pada umur panen muda kandungan atsirinya tinggi. Sedangkan pada umur tua, kandungan minyak atsirinya makin menurun meskipun baunya menyengat. Minyak atsiri merupakan pemberi aroma yang khas pada jahe, komponen utama pada minyak atsiri yang menyebabkan bau harum yaitu *zingeberen* (C<sub>12</sub>H<sub>24</sub>) yang merupakan *sesquiterpene* hidrokarbon dan *zingiberol* (C<sub>15</sub>H<sub>26</sub>O) yang merupakan *sesquiterpene* alkohol (Koswara, 2009).

Menurut Rehman *et al* (2010), minyak esensial jahe terutama terdiri dari senyawa *sesquiterpene*. Komponen aktif minyak esensial jahe yang memiliki efek antimikroba adalah *sesqui caryophellene* dan *limonene*. *Sesqui caryophellene* dan *limonene* termasuk senyawa *sesquiterpene* yang terdapat dalam ekstrak jahe sebanyak 15, 29% (El-Baroty *et al*, 2010).

## 2) Minyak tidak menguap (*non volatile oil*)

Kandungan minyak tidak menguap disebut oleoresin, yakni suatu komponen yang memberikan rasa pahit dan pedas. Kandungan oleoresin ini berbeda-beda, oleoresin jahe emprit 3%, jahe merah 3,2%, sedangkan jahe badak atau gajah hanya mengandung sedikit oleoresin (Fakhrudin, 2008).

Komponen dalam oleoresin jahe terdiri atas campuran resin dan minyak atsiri yang diperoleh dari ekstraksi menggunakan pelarut organik. Selain itu didalam oleoresin juga terdapat senyawa *gingerol* dan *zingiberen*, *zingerone*, *shagaol*, *zingerol* (Paimin dkk, 2007). Pemberi rasa pedas dalam jahe yang

utama adalah zingerol (Koswara, 2009). Sifat pedas ini tergantung pada umur panen. Semakin tua umurnya semakin pedas dan pahit.

Oleoresin jahe dapat diperoleh dengan cara ekstraksi tepung jahe kering berukuran 30-60 mesh yang diekstrak menggunakan pelarut organik tertentu seperti etanol, aseton, diklorida, isopropenol, dan heksan (Daryono, 2009). Hasil ekstraksi minyak oleoresin ini bentuknya berupa cairan pekat berwarna kuning hingga cokelat tua (Koswara, 2009). Oleoresin termasuk minyak tidak menguap sehingga cara mengekstraknya pun pada keadaan hampa udara.

Oleoresin termasuk ke dalam jenis alkohol yaitu fenol (Paimin dkk, 2007). Besarnya komponen total fenol oleoresin dari jahe gajah sebesar 4,4%, jahe emprit sebesar 6,9%, jahe merah sebesar 6,5%. Hal ini menunjukkan ada beda nyata pada komponen total fenol oleoresin dari ketiga jahe tersebut. Jahe emprit memiliki komponen total fenol oleoresin yang paling besar dibanding jahe merah dan jahe gajah (Pamungkas, 2007).

Senyawa fenol dalam bahan pangan dapat dikelompokkan menjadi fenol sederhana dan asam fenolat (P-kresol, 3-etil fenol, 3,4-dimetil fenol, hidroksiquinon, vanillin dan asam galat), turunan asam hidroksi sinamat (p-kumarat, kafeat, asam kloregenat) dan flavonoid (katekin, proantosianin, antisianidin, flavon, flavonol dan glikosidanya). Fungsi utama senyawa fenol adalah sebagai desinfektan dan antioksidan. Gingerol, shagaol dan flavonoid merupakan komponen fenol utama yang berperan dalam antioksidan jahe (Kusumaningati, 2009).

Selain itu terdapat senyawa fenol yang dapat digunakan sebagai antimikroba, yaitu tannin. Tannin dapat ditemukan hampir di semua bagian tanaman dari daun, batang, buah, mupun akar. Polifenol ini dapat

menstimulasi mekanisme fisiologis dari sistem imun manusia seperti stimulasi sel fagosit, aktifitas *host-mediated* tumor dan banyak lagi mekanisme anti infeksi lainnya (Naim, 2004).

### 2.1.7 Mekanisme Ekstrak Jahe Dalam Menghambat Pertumbuhan Bakteri

Senyawa-senyawa metabolit sekunder golongan fenol yaitu flavanoid, minyak atsiri yaitu terpenoid yang terdapat pada ekstrak jahe diduga merupakan golongan senyawa bioaktif yang dapat menghambat pertumbuhan bakteri (Nursal *et al*, 2006).

Terpenoid merupakan senyawa yang terdapat pada minyak esensial (minyak atsiri). Terpene dapat berikatan dengan protein dan lipid yang terdapat pada membran sel bakteri sehingga mengganggu transport nutrisi yang dapat menyebabkan sel bakteri kekurangan nutrisi dalam pertumbuhannya hingga terjadi lisis sel (Nursal *et al*, 2006).

Mekanisme kerja dari senyawa fenolat sebagai antimikroba adalah merusak membran plasma, menyebabkan enzim inaktif dan denaturasi protein (Dzen, 2003). Hal ini juga dijelaskan oleh Peoloengan *dkk* (2006), bahwa senyawa fenol dapat merusak dinding sel yang mengakibatkan lisis pada sel atau menghambat proses pembentukan dinding sel, mengubah permeabilitas membran sitoplasma yang menyebabkan kebocoran nutrisi dari dalam sel dan juga mendenaturasi protein sel.

Aktivitas antimikroba dari Tannin (senyawa polifenol) yaitu kemampuannya untuk menginaktivasi adhesin, enzim protease, protein, transport dinding sel, merusak substrat dan berikatan dengan polisakarida dinding sel bakteri (Naim, 2004). Tannin bekerja dengan cara berikatan pada adhesin faktor pada bakteri dan membentuk kompleks dengan polisakarida pada dinding sel

bakteri, sehingga dapat menghambat pertumbuhan bakteri tersebut (Prakoso, 2006).

## 2.2 Bakteri

Bakteri adalah domain yang terdiri dari makhluk hidup yang tidak memiliki membran inti (prokariota). Bakteri dulu terbagi menjadi Bacteria dan Archaeobacteria, namun sekarang Archaeobacteria memiliki domain sendiri yang disebut Archaea. Bakteri memiliki ciri-ciri antara lain tidak memiliki membran inti, tidak memiliki organel bermembran, memiliki dinding sel peptidoglikan, dan materi asam nukleatnya berupa plasmid (Postlethwait dan Hopson, 2006).

Bakteri memiliki beragam variasi bentuk, seperti coccus, basil dan spiral. Bakteri dapat hidup soliter maupun berkoloni dan berkembang biak dengan cara membelah diri. Bakteri memiliki habitat yang bervariasi, dari air, tanah, udara, hingga dalam tubuh hewan, misalnya dalam usus manusia. Bakteri ada yang dapat hidup secara anaerob murni dan akan mati dengan adanya oksigen, ada yang bersifat aerob dan memerlukan oksigen untuk metabolismenya, dan ada yang bersifat aerob fakultatif yaitu dapat hidup pada kondisi anaerob, tapi bila ada oksigen, metabolismenya bersifat aerob (Betsy dan Keogh. 2005).

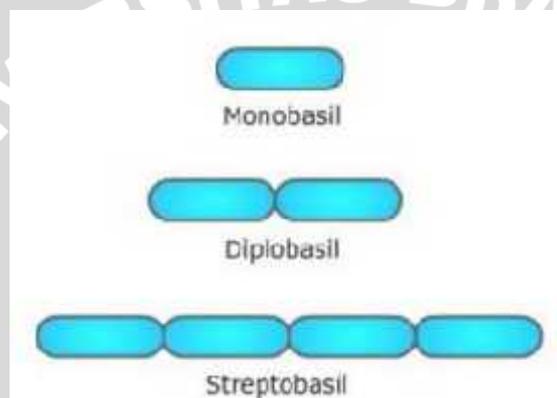
Beberapa jenis bakteri dapat mengkontaminasi atau bahkan menginfeksi luka. Jenis bakteri yang paling banyak menyebabkan infeksi pada kulit terutama bagian superficial adalah jenis bakteri gram positif yaitu *staphylococcus aureus* dan *Streptococcus pyogenes* (Chiller *et al*, 2001; Guay, 2003).

### 2.2.1 Morfologi Bakteri

Morfologi bakteri terdiri dari lima bentuk yaitu (Adam, 1992; Purnawijayanti, 2003) :

#### 1) Bentuk Basil (Basillus)

Basil berbentuk seperti tongkat pendek, agak silindris. Ukuran lebarnya sekitar  $0,3 - 1 \mu$  dan panjang  $1,5 - 4 \mu$ . Bentuk basil meliputi sebagian besar bakteri.

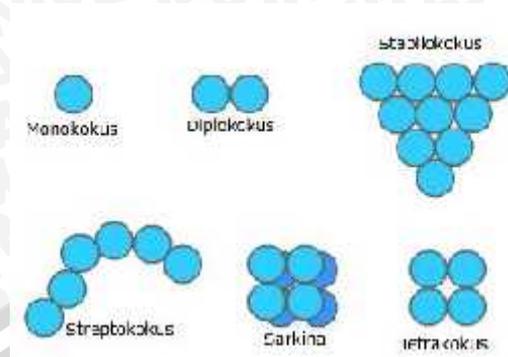


Gambar 2.5 Bentuk Bakteri Basil (Micheal, 2009)

#### 2) Bentuk Coccus (Bulat)

Bentuk coccus adalah bentuk bakteri seperti bola – bola kecil. Ukuran tengahnya rata – rata  $1 \mu$ . Golongan ini tidak sebanyak basil. Bentuk coccus secara kelompok dapat berupa

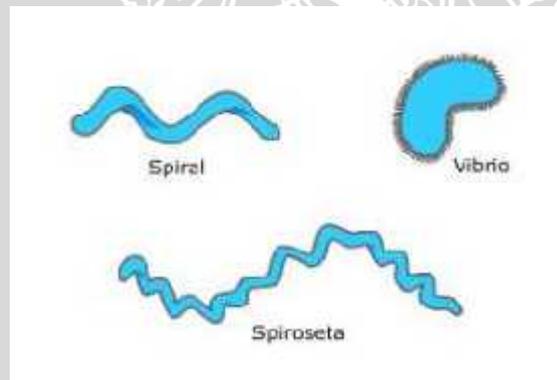
- Rantai bergandengan panjang = *streptococcus*
- Bergerombol seperti anggur = *staphylpcoccus*
- Berkelompok seperti kubus = *sarcina*
- Mengelompok berempat = *tetracoccus*
- Bergandengan = *diplococcus*



Gambar 2.6 Bentuk Bakteri Kokus (Micheal, 2009)

### 3) Bentuk Spiril

Bentuk spiril adalah bakteri yang berbentuk seperti spiral. Ukuran lebarnya sekitar  $0,5 - 1 \mu$  dan panjang  $2 - 5 \mu$ . Golongan ini tidak banyak bila dibandingkan dengan basil dan coccus.



Gambar 2.7 Bentuk Bakteri Spirillia (Micheal, 2009)

### 4) Bentuk Vibrio

Bentuk vibrio seperti batang bengkok atau tanda koma. Ukuran lebarnya sekitar  $0,5 \mu$  dan panjang sampai  $3 \mu$ .

### 5) Bentuk Spirocheta

Bentuk spirocheta seperti batang berbelit – belit. Ukuran lebarnya sekitar  $0,2 - 0,7 \mu$  dan panjang  $5 - 10 \mu$  (Adam, 1992).

## 2.2.2 Struktur Bakteri

Struktur bakteri terbagi menjadi dua yaitu :

### a. Struktur dasar

Struktur dasar pada bakteri dimiliki oleh hampir semua jenis bakteri.

Struktur dasar bakteri yaitu : dinding sel, membran sitoplasma, sitoplasma, ribosom, DNA.

#### 1) Dinding Sel

Dinding sel bakteri mengandung substansi yang tidak ditemukan pada sel – sel tumbuhan maupun jamur, yaitu mukopeptida. Fungsi dinding sel adalah untuk mempertahankan tekanan yang relatif tinggi pada sel yang disebabkan oleh konsentrasi zat terlarut yang tinggi dan juga memberikan bentuk pada sel. (James *et al*, 2006).

#### 2) Membran Sitoplasma

Membran sitoplasma adalah bagian dari sel yang merupakan selaput yang membungkus sitoplasma beserta isinya terletak di bawah dinding sel, tetapi tidak terikat erat dengan dinding sel. Berat kering membran sitoplasma kira-kira 10% dari berat kerin total sel. Sitoplasma mengandung kurang lebih 75% protein, 20-30% fosfolipid, kira-kira 2% karbohidrat.

Fungsi membran sitoplasma adalah :

- ✓ Sebagai membran selektif yang mengatur gradient osmosis dan transfor larutan makanan
- ✓ Mengorganisir sintesa dinding sel
- ✓ Tempat pengikatan dan pemisahan DNA selama pembelahan sel.
- ✓ Tempat berlangsungnya sebagian proses bioenergi
- ✓ Tempat pelekatan pangkal flagella

### 3) Sitoplasma

Sitoplasma adalah cairan sel. Sitoplasma mengandung konstituen yang dapat larut dan komponen struktural yang dikelilingi oleh membran sitoplasma. Sitoplasma termasuk daerah (nukleoid) terdiri 80% air, asam nukleat, protein, karbohidrat, lipida, ion anorganik. Di dalam sitoplasma terdapat organel-organel dari sel seperti ribosom, mitokondria, retikulum endoplasma, dan lain sebagainya.

### 4) Ribosom

Ribosom adalah organel yang tersebar dalam sitoplasma berbentuk bulat-bulat kecil, tersusun atas protein dan RNA. Ribosom bakteri berukuran lebih kecil daripada ribosom sel manusia tetapi memiliki fungsi yang sama dalam sintesis protein. Seperti pada ribosom manusia, ribosom bakteri tersusun dari sub unit besar dan kecil, tetapi tidak dilingkupi membran dan ditemukan sitoplasma. Granil penyimpanan terbanyak merupakan polihidroksibutirat (PHB) dan glikogen, yang menyimpan energi dan karbon (James *et al*, 2006).

### 5) Nukleotida

Bakteri tidak mempunyai inti sejati, tetapi bagian sel bakteri yang merupakan inti disebut nukleoid. Bakteri merupakan organisme prokariot, yaitu memiliki kromosom tunggal. Untuk mengemas kromosom tunggal di dalam sel, DNA menggulung (coil dan supercoil), suatu proses yang diperantarai oleh sistem enzim DNA girase (Gillespie *et al*, 2009).

#### b. Struktur tambahan

Struktur tambahan pada bakteri dimiliki oleh jenis bakteri tertentu. Struktur tambahan yaitu : kapsul, flagelum, pilli, fimbria dan endospora.

### 1) Kapsul

Diluar dinding sel, beberapa bakteri memiliki kapsul atau lapisan lendir, yang disebut glikolisis. Lapisan yang lengket ini berperan penting untuk perlekatan bakteri ke sel – sel atau ke suatu permukaan. Lapisan ini juga membantu sel bakteri untuk saling berkumpul dengan bakteri lainnya. Kapsul merupakan struktur polisakarida longgar yang melindungi sel dari fagositosis dan desikasi. Inilah yang menyebabkan sel berkapsul seringkali resisten terhadap fagositosis karena sel darah putih tidak dapat menempel pada bakteri sehingga bakteri terus tumbuh dan menyebabkan infeksi, misalnya *Streptococcus pneumoniae* (James *et al*, 2006; Gillespie *et al*, 2009).

### 2) Flagela

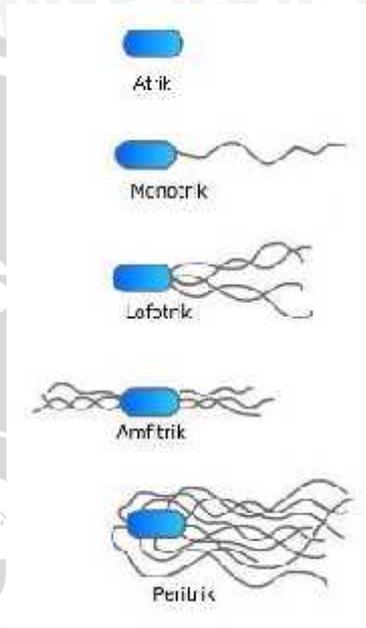
Flagela adalah organ pergerakan bakteri, sehingga bakteri mampu untuk menemukan sumber nutrisi dan menembus mukus pejamu. Flagela dapat tunggal atau multiple, dapat berada di salah satu ujung sel (polar) atau di banyak tempat (peritrik) (Gillespie *et al*, 2009).

Bakteri yang dapat bergerak memiliki flagela tunggal atau banyak, tergantung spesiesnya. Bakteri yang banyak mempunyai flagela adalah bakteri bentuk spiril. Flagel dari bakteri ini terdapat pada salah satu ujung atau dapat juga pada kedua ujungnya. Berdasarkan letaknya, flagel diklasifikasikan sebagai berikut :

- a) Monotrichate (monotrika) : bila flagel hanya terdapat pada satu sisi
- b) Amphitrichate (amfitrika) : bila flagel hanya terdapat pada kedua sisi
- c) Lophotrichate (lofotrika) : bila flagel hanya terdapat pada kedua sisi berjumlah lebih dari satu

- d) Peritrichate (peritrika) : bila flagel tersebar di setiap sisi
- e) Non-motile atau atrichate (atrika) : pada spesies tersebut tidak terdapat flagel (Adam,1992)

Gambar 2.8 Flagela Bakteri  
(Micheal, 2009)



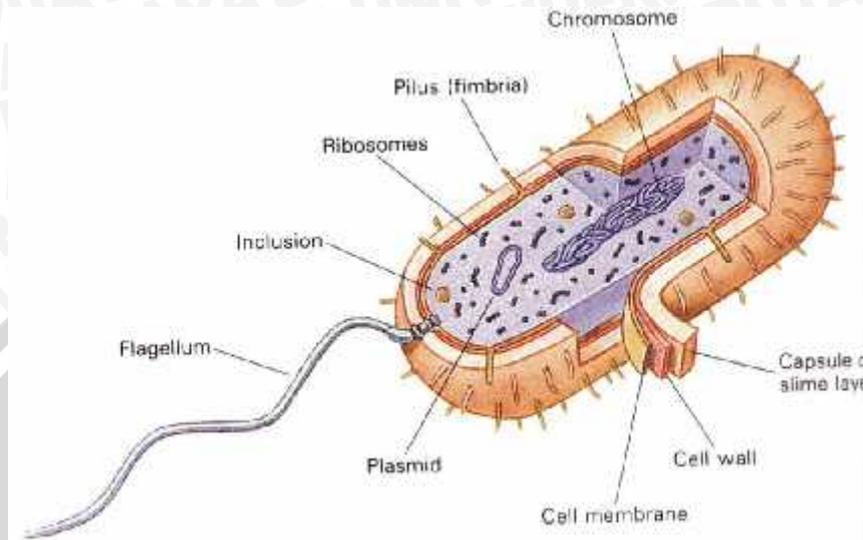
### 3) Pili (Pilus) & Fimbria

Pili adalah struktur berbentuk seperti rambut halus yang menonjol dari dinding sel, pili mirip dengan flagelum tetapi lebih pendek, kaku dan berdiameter lebih kecil dan tersusun dari protein dan hanya terdapat pada bakteri gram negatif. Fimbria adalah struktur sejenis pilus tetapi lebih pendek daripada pilus. Pili & fimbria adalah bulu – bulu tipis khusus yang membantu adhesi ke sel pejamu dan kolonisasi (Gillespie *et al*, 2009). Fimbria juga membantu bakteri untuk melekat pada jaringan manusia spesifik atau ke bakteri lainnya. Selain itu juga berperan untuk proses reproduksi bakteri dan sebagai reseptor virus (James *et al*, 2006).

### 4) Endospora

Suatu bentuk yang inert secara metabolik, dipicu oleh kondisi lingkungan yang tidak cocok, sebagai adaptasi untuk kelangsungan hidup

jangka panjang, sehingga memungkinkan bakteri untuk tumbuh kembali pada kondisi yang sesuai (Gillespie *et al*, 2009).



Gambar 2.9 Struktur Bakteri (Micheal, 2009)

### 2.2.3 Klasifikasi Bakteri

Berdasarkan komposisi dinding sel serta sifat pewarnaannya, yaitu bakteri gram positif dan gram negatif. Selain perbedaan dalam sifat pewarnaan, bakteri gram positif dan gram negatif juga berbeda dalam sensitivitasnya terhadap kerusakan mekanis fisik, terhadap enzim, disinfektan dan antibiotik (Fajriyah, 2008). Bakteri gram positif lebih sensitif terhadap penisilin, tetapi lebih tahan terhadap perlakuan fisik atau enzim dibandingkan bakteri gram negatif. Bakteri gram negatif bersifat lebih konsisten terhadap reaksi pewarnaan, tetapi bakteri gram positif sering berubah sifat pewarnaannya sehingga menunjukkan reaksi gram variabel. Sebagai contoh, kultur bakteri gram positif yang sudah tua dapat dihilangkan kemampuannya untuk menyerap pewarna violet sehingga dapat menyerap pewarna safranin dan berwarna merah seperti bakteri gram negatif.

Perubahan tersebut juga dapat disebabkan oleh perubahan kondisi lingkungan atau modifikasi teknik pewarnaan (Pelczar *et al*, 1977 dalam Fardiaz, 1992).

### 1) Bakteri Gram Positif

Dinding sel Gram-positif memiliki lapisan peptidoglikan yang tebal (20 – 80 nm) dan membran sel. Polisakarida lain dan asam teikoat ikut menyusun dinding sel (Hogg, 2005). Beberapa bakteri gram positif antara lain :

#### 1) *Staphylococcus*

##### a) Bentuk bakteri

Bulat atau lonjong, tidak bergerak, letaknya bergerombol seperti buah anggur, ukurannya sekitar 0,8  $\mu$ .

##### b) Identifikasi

Jika ditanam dalam perbenihan, terlihat koloni – koloni yang dapat berwarna putih, kuning kehijauan atau kuning tua.

##### c) Klasifikasi

Dilihat dari warna koloninya, *staphylococcus* diklasifikasikan menjadi :

- *Staphylococcus albus* = warna putih
- *Staphylococcus citreus* = warna kuning atau kehijauan
- *Staphylococcus aureus* = warna kuning tua atau seperti emas

##### d) Patogenitas

Dari beberapa jenis *staphylococcus*, *staphylococcus aureus* adalah golongan yang patogen. Penyakit ditimbulkan :

- Radang kulit atau dibawah kulit dan menimbulkan bisul yang bernanah (abses).

- Kuman – kuman di dalam abses dapat menembus masuk ke dalam darah yang dapat menimbulkan sepsis dan timbulnya abses di tempat lain (Adam,1992).

## 2) *Streptococcus*

### a) *Streptococcus viridans*

- Bentuk  
Bulat atau lonjong. Bila dilihat dalam preparat, terlihat bakteri berjajar seperti rantai.
- Identifikasi  
Bila ditanam di dalam perbenihan darah, di sekitar koloni warna berubah menjadi coklat kehijauan karena mengandung methemoglobin.
- Klasifikasi  
Yang paling dikenal adalah jenis *Pneumococcus*, berbentuk bulat dan berkelompok dua.
- Patogenitas  
*Streptococcus* jenis *Pneumococcus* menimbulkan radang pada telinga (otitis media) dan radang pada mata (ulcus serpens cornea).

### b) *Beta streptococcus*

- Identifikasi  
Bila ditanam di atas perbenihan darah, maka terlihat di sekeliling koloni berwarna putih karena hemolisis. Pada perbenihan cair yang dicampur darah, bila dibiarkan maka eritrosit akan mengendap, terlihat gundukan eritrosit di bawah dengan cairan putih di atasnya.

- Patogenitas

Penyakit yang ditimbulkan antara lain :

- Angina
- Pneumoni
- Otitis media
- Meningitis
- Febris puerperalis
- Peritonitis (Adam, 1992)

c) *Streptococcus pyogenes*

- Bentuk

Bentuk bundar yang tumbuh dalam rantai panjang

- Patogenitas

Penyebab penyakit pada manusia dari infeksi kulit permukaan yang ringan hingga penyakit sistemik yang mengancam hidup. Infeksi ringan berupa faringitis (radang kerongkongan) dan infeksi kulit setempat (impetigo). Erisipelas dan selulitis menunjukkan adanya pembiakan dan peneyabran *Streptococcus pyogenes* di lapisan dalam kulit (Bisno *et al*, 2003).

## 2) Bakteri Gram Negatif

Dinding sel Gram-negatif memiliki tiga lapisan, yaitu membran dalam, membran luar dan lapisan peptidoglikan yang lebih tipis. Komposisi dinding sel pada bakteri gram negatif mempunyai kandungan lipid yang tinggi (11 – 22%), peptidoglikan (2 – 7 nm) di antara membran dalam dan luar, serta adanya membran luar tebalnya (7 – 8 nm) yang terdiri dari lipid, protein, dan lipopolisakarida. Bakteri gram negatif bersifat lebih konstan terhadap reaksi

pewarnaan (kurang dihambat pewarna basa misalnya kristal violet) dan lebih sensitif terhadap antibiotik lainnya seperti streptomisin. Bentuk sel dari bakteri gram negatif adalah bulat, oval, batang lurus atau melingkar seperti tanda koma, heliks atau fialmen, beberapa mempunyai selubung atau kapsul (Palczar et al, 1977; Hogg, 2005). Jenis bakteri yang termasuk dalam bakteri gram negatif dan bersifat anaerobik fakultatif yaitu (Fardiaz, 1992) :

a. Famili Enterobacteriaceae

Kebanyakan anggota dari famili enterobacteriaceae mempunyai flagela monotrikat, kecuali *Shigella* yang tidak mempunyai flagela. Jenis *Escherichia*, *Enterobacter* dan *Klebsiella* merupakan kelompok koliform dan sering digunakan dalam uji sanitasi air dan susu. Jenis *E.coli* disebut koliform fekal karena ditemukan di dalam saluran usus sehingga sering digunakan sebagai indikator kontaminasi kotoran. *Enterobacter* disebut koliform nonfekal karena bukan merupakan flora normal dalam saluran pencernaan tetapi ditemukan dalam tanaman atau hewan yang telah mati. Jenis *Klebsiella* sering ditemukan dalam saluran pernapasan dan usus (Fardiaz, 1992).

b. Famili Vibrionaceae

Anggota dalam famili Vibrionaceae pada umumnya flagela polar, bersifat oksidase positif dan fermentatif. Dua spesies dari *vibrio*, yaitu *V.Cholerae* dan *V. Parahaemolyticus* merupakan bakteri patogen yang berbahaya bagi manusia. *Photobacterium* dan *Lucibacterium* bersifat luminesens (mengeluarkan cahaya) karena mempunyai enzim luciferinase yang mengoksidasi komponen luciferin sehingga mengeluarkan sinar (Fardiaz, 1992).

### 2.3 Luka

#### 2.4.1 Definisi Luka

Luka adalah sebuah injuri pada jaringan yang mengganggu proses selular normal, luka dapat juga dijabarkan dengan adanya kerusakan pada kontinuitas/kesatuan jaringan tubuh yang biasanya disertai dengan kehilangan substansi jaringan (InETNA, 2004). Ketika timbul luka, ada beberapa efek yang muncul yaitu : hilangnya seluruh atau sebagian fungsi organ, respon stres simpatis, perdarahan dan pembekuan darah, kontaminasi bakteri dan kematian sel (Ismail, 2008).

#### 2.4.2 Definisi Luka Terkontaminasi

Luka terkontaminasi adalah luka yang terpapar oleh lingkungan sekitar dan memiliki kemungkinan mengandung mikroorganisme yang dapat berakibat infeksi (Potter and Perry, 2005; Rosadi, 2009). Lamanya paparan udara terbuka yang dapat menyebabkan suatu luka terkontaminasi mikroorganisme adalah 3-6 jam (Rosadi, 2009). Luka terkontaminasi (*Contaminated Wounds*) terdiri dari luka terbuka, traumatik, luka akibat kecelakaan dan luka akibat proses pembedahan yang tidak menggunakan teknik aseptik dengan baik; dan berisiko tinggi mengalami infeksi. Kemungkinan infeksi yang terjadi pada luka ini sekitar 10% sampai dengan 17% (Suzanne & Smeltzer, 2005; Potter and Perry, 2005). Dengan perawatan luka yang baik, luka terkontaminasi dapat menutup tanpa terjadi infeksi (Glade, 2011).

### 2.4.3 Klasifikasi Luka

Pada umumnya luka dapat diklasifikasikan berdasarkan:

a. Berdasarkan penyebabnya luka dibagi menjadi :

- 1) Luka disengaja (*Intentional Traumatis*) adalah luka akibat terapi, misalnya luka insisi bedah, tusukan jarum ke bagian tubuh.
- 2) Luka tidak disengaja (*Unintentional Traumatis*) adalah luka yang terjadi tanpa diharapkan, misalnya cedera traumatik (luka akibat pisau, luka bakar) (Potter & Perry, 2006).

b. Berdasarkan status integritas kulit

- 1) Luka tertutup adalah luka tanpa robekan pada kulit, luka yang tidak kontak langsung dengan lingkungan sekitar dan tidak berisiko untuk mengalami kontaminasi oleh bakteri, misalnya luka memar. Luka tertutup biasa terjadi karena terpukul oleh benda tumpul, terpelintir, keseleo, daya deselerasi ke arah tubuh misalnya fraktur tulang dan robekan pada organ dalam (Potter & Perry, 2006; Ismail, 2008).
- 2) Luka terbuka adalah luka melibatkan robekan pada kulit atau membran mukosa. Luka yang kontak langsung dengan lingkungan sekitar dan berisiko untuk mengalami infeksi akibat terkontaminasi oleh bakteri, misalnya luka sayat, luka tembak, luka tusuk, dan lain-lain (Potter & Perry, 2006; Ismail, 2008).

c. Berdasarkan mekanisme cedera (Mansjoer, 2000; Ismail, 2008)

1) Luka memar (*Contusion Wound*)

Terjadi akibat benturan oleh suatu tekanan dan dikarakteristikan oleh cedera pada jaringan lunak, perdarahan (Hematoma) dan bengkak.

Hematoma adalah suatu perdarahan dalam jaringan bawah kutis/kulit

akibat pecahnya kapiler dan vena yang disebabkan oleh kekerasan tumpul.

2) Luka lecet, abrasi (*Ekskoriasi*)

Abrasi merupakan luka kulit yang superfisial, akibat cedera pada epidermis yang bersentuhan dengan benda yang memiliki permukaan kasar.

3) Luka tusuk (*Vulnus Punctum*)

Luka tusuk adalah luka akibat tusukan benda runcing yang biasanya kedalaman luka lebih dari lebarnya

4) Luka sayat atau luka iris (*Vulnus Scissum*)

*Vulnus scissum* adalah luka sayat yang ditandai dengan tepi luka berupa garis lurus dan beraturan. Sebagai penyebabnya adalah suatu trauma tajam.

5) Luka compang camping/robek (*Vulnus Laceratum*)

*Vulnus Laceratum* merupakan luka terbuka yang terjadi akibat kekerasan tumpul yang kuat sehingga melampaui elastisitas kulit atau otot. Ciri luka robek adalah bentuk tidak beraturan, tepi tidak rata, akar rambut tampak hancur atau tercabut bila kekerasannya di daerah yang berambut, sering tampak luka lecet, atau memar di sekitar luka.

6) Luka bakar (*Combustio*)

Luka bakar adalah suatu trauma yang disebabkan oleh panas, arus listrik, bahan kimia dan petir yang mengenai kulit, mukosa dan jaringan yang lebih dalam.

d. Berdasarkan tingkat kontaminasi :

- 1) *Clean Wounds* (Luka bersih), yaitu luka akibat proses pembedahan yang tidak mengalami infeksi serta inflamasi. Pada pembedahan tersebut tidak memasuki daerah sistem pernapasan, pencernaan, genital dan urinari. Luka bersih biasanya menghasilkan luka yang tertutup dan kemungkinan terjadinya infeksi luka sekitar 1% - 5%.
- 2) *Clean-contaminated Wounds* (Luka bersih terkontaminasi), merupakan luka akibat proses pembedahan yang memasuki daerah saluran respirasi, pencernaan, genital atau perkemihan namun dalam kondisi terkontrol. Proses penyembuhan luka akan lebih lama. Kontaminasi tidak selalu terjadi dan kemungkinan timbulnya infeksi luka adalah 3% - 11%.
- 3) *Contaminated Wounds* (Luka terkontaminasi), yaitu luka berada pada kondisi yang mungkin mengandung mikroorganisme. Luka ini dapat ditemukan pada luka terbuka karena trauma atau kecelakaan (luka laserasi), fraktur terbuka, luka penetrasi dan pembedahan yang tidak menggunakan teknik aseptik dengan baik. Luka pada kategori ini juga termasuk insisi akut dan inflamasi nonpurulen. Kemungkinan infeksi luka 10% - 17%.
- 4) *Dirty or Infected Wounds* (Luka kotor atau infeksi), yaitu luka yang mengalami infeksi karena organisme yang menyebabkan infeksi pascaoperatif terdapat dalam lapang operatif sebelum pembedahan. Hal ini mencakup luka traumatik yang sudah lama dengan jaringan yang terkelupas tertahan dan luka yang melibatkan infeksi klinis yang sudah ada atau visera yang mengalami perforasi. Kemungkinan terjadinya

infeksi luka lebih dari 27% (Mansjoer, 2000; Potter & Perry, 2006; Suzanne & Smeltzer, 2005).

e. Berdasarkan kedalaman dan luasnya luka :

1) Stadium I (*Non-Blanching Erythema*)

Luka superfisial, yaitu luka yang terjadi pada lapisan epidermis kulit.

2) Stadium II (*partial thickness*)

Luka *partial thickness*, yaitu hilangnya lapisan kulit pada lapisan epidermis dan bagian atas dari dermis. Merupakan luka superficial dan adanya tanda klinis seperti abrasi, blister atau lubang yang dangkal.

3) Stadium III (*full thickness*)

Luka *full thickness*, yaitu hilangnya kulit keseluruhan meliputi kerusakan atau nekrosis jaringan subkutan yang dapat meluas sampai bawah tetapi tidak melewati jaringan yang mendasarinya. Lukanya sampai pada lapisan epidermis, dermis dan fascia tetapi tidak mengenai otot. Luka timbul secara klinis sebagai suatu lubang yang dalam dengan atau tanpa merusak jaringan sekitarnya.

4) Stadium IV

Luka *full thickness* yang telah mencapai lapisan otot, tendon dan tulang dengan adanya destruksi/kerusakan yang luas (Suzanne & Smeltzer, 2005; Ismail, 2008).

#### 2.4.4 Proses Penyembuhan Luka

Fase penyembuhan luka dibagi menjadi 3 fase yaitu:

1) Fase inflamasi

Fase inflamasi adalah respon vaskuler dan seluler yang terjadi akibat perlukaan pada jaringan lunak. Fase ini dimulai segera setelah terjadinya

luka sampai hari kelima. Pada fase ini tubuh berusaha untuk menghentikan perdarahan yang disebut sebagai proses hemostasis dan membersihkan area luka dari benda asing, sel sel mati dan bakteri melalui proses fagositosis untuk mempersiapkan dimulainya proses penyembuhan (Kozier,2010).

Pada awal fase inflamasi, kerusakan pembuluh darah mengakibatkan keluarnya platelet yang berfungsi dalam proses hemostasis. Platelet menutupi vaskuler yang terbuka dengan membentuk clot (bekuan darah) dan juga mengeluarkan substansi vasokonstriksi yang mengakibatkan pembuluh darah kapiler vasokonstriksi, selanjutnya terjadi penempelan endotel yang menutup pembuluh darah (Perdanakusuma,2008).

Kerusakan pada membrane sel merupakan faktor pemicu dimulainya reaksi inflamasi. Begitu terjadi disrupsi pada dinding sel, maka fosfolipid yang merupakan komponen utama membrane sel mengalami ketidakstabilan dalam ikatan kimianya. Hal ini menyebabkan fosfolipid menjadi responsive terhadap enzim fosfolipase sehingga terjadi reaksi kimia yang mengakibatkan transformasi fosfolipid menjadi asam arakidonat. Di lain pihak, asam arakidonat merupakan substrat bagi terbentuknya berbagai mediator inflamasi dan oleh enzim siklooksigenase (COX) dan lipoksigenase (LOX), asam tersebut dirubah menjadi leukotrien, prostaglandin, prostasiklin, dan tromboksan. Keempat mediator yang telah terbentuk menghasilkan serangkaian perubahan pada jaringan tersebut. Pembuluh darah setempat berdilatasi dan menyebabkan eritema dan hipertermia, mengiritasi ujung saraf sehingga menimbulkan nyeri lokal

dan permeabilitas vascular meningkat yang menyebabkan edema (Hasyim, 2008).

Selain itu peningkatan permeabilitas vaskuler menyebabkan terjadinya migrasi plasma, sel darah putih (leukosit), eritrosit dan fibrin. Leukosit utama yang bekerja pada luka adalah neutrofil yang mulai memakan bakteri dan debris kecil. Neutrofil ini akan mati dalam beberapa hari dan meninggalkan eksudat enzim yang menyerang bakteri, pada inflamasi kronik neutrofil yang mati ini membentuk pus. Kemudian leukosit penting yang kedua adalah monosit yang berubah menjadi makrofag. Dalam 24 jam pertama, hanya sedikit monosit yang mencapai luka, tapi jumlahnya terus bertambah hingga hari hari berikutnya hingga pada hari ke lima, sehingga monosit merupakan sel yang paling dominan dalam luka. Sel inilah yang aktif menjalankan fungsi fagositosis. Pada akhir proses inflamasi ini, juga dijumpai fibroblast yang diaktifkan makrofag (Potter & Perry, 2006).

Dengan serangkaian perubahan yang terjadi, maka terjadi respon khas yang meliputi lokalisasi toksin dan mikroba pathogen, serta proses fagositosis mikroba pathogen, toksin dan jaringan yang rusak sehingga jaringan menjadi steril dan siap memasuki fase proliferasi.

## 2) Fase proliferasi

Fase proliferasi berlangsung dari hari ke tiga atau empat sampai hari ke dua puluh empat setelah terjadinya luka. Pada fase ini terjadi angiogenesis yaitu suatu proses pembentukan pembuluh kapiler baru dalam luka yang mempunyai arti penting dalam tahap proliferasi. Jaringan vaskuler yang melakukan invasi ke dalam luka merupakan suatu respon

untuk memberikan oksigen dan nutrisi yang cukup di daerah luka karena biasanya pada daerah luka terdapat keadaan hipoksia dan turunnya tekanan oksigen. (Suriadi,2004). Pada fase proliferasi juga terjadi pembentukan jaringan granulasi yaitu jaringan yang dibentuk oleh gelung kapiler baru. Jaringan granulasi berwarna merah terang (Morrison,2004).

Selanjutnya terjadi kontraksi luka yaitu suatu proses yang berfungsi dalam memfasilitasi penutupan luka. Menurut Suriadi (2004), kontraksi adalah peristiwa fisiologis yang menyebabkan terjadinya penutupan luka terbuka. Kontraksi luka disebabkan karena miofibroblas kontraktile yang membantu menyatukan tepi tepi luka ( Morrison,2004). Kontraksi terjadi bersamaan dengan sintesis kolagen. Hasil dari proses tersebut berupa ukuran luka yang semakin mengecil atau menyatu. Lama fase proliferasi ini berbeda beda tergantung pada jenis luka dan jaringan yang terlibat. Fase ini dapat berlangsung selama 1 hingga 2 minggu pada luka yang dijahit atau lebih lama lagi pada luka yang terbuka.

### 3) Fase maturasi

Fase ini dimulai pada hari ke 24 sampai hari ke 365 setelah terjadinya luka (Morison,2004). Tujuan dari fase maturasi adalah menyempurnakan terbentuknya jaringan baru menjadi jaringan penyembuhan yang kuat dan bermutu. Fibroblast sudah mulai meninggalkan jaringan granulasi, warna kemerahan dari jaringan mulai berkurang karena pembuluh mulai regresi dan serat fibrin dari kolagen bertambah banyak untuk memperkuat jaringan parut. Kekuatan dari jaringan parut mencapai puncaknya pada minggu ke 10 setelah perlukaan. Sintesa kolagen yang telah dimulai sejak fase proliferasi akan dilanjutkan

pada fase maturasi. Selain pembentukan kolagen juga terjadi pemecahan kolagen oleh enzim kolagenase. Kolagen muda yang terbentuk pada fase proliferasi berubah menjadi kolagen yang lebih matang yaitu lebih kuat dengan struktur yang lebih baik (Smeltzer, 2005).

Luka dikatakan sembuh apabila jaringan kulit dapat pulih seperti semula baik struktur yaitu permukaan luka menutup, maupun fungsinya dan didapatkan kekuatan jaringan yang mencapai normal (Mawardi, 2002). Hal ini ditandai dengan beberapa indikator yaitu tidak adanya pus, hilangnya eritema dan edema, tepi luka menutup dan luka kering (Mukti, 2005).

#### **2.4.5 Mekanisme Penyembuhan Luka Terkontaminasi**

Mekanisme penyembuhan luka terkontaminasi terjadi secara intensi primer yaitu dengan menyatukan kedua tepi luka yang berdekatan dan saling berhadapan serta jaringan granulasi yang dihasilkan sangat sedikit. Hal ini seperti yang terjadi pada luka insisi akibat tindakan bedah atau pada laserasi yang tepinya dirapatkan oleh plester kulit. Mekanisme penyembuhan luka insisi terkontaminasi terjadi secara intensi primer karena hanya terdapat sedikit jaringan yang hilang dan kontaminasi yang terjadi minimal. Dalam waktu 10-14 hari, reepitalisasi secara normal sudah sempurna dan biasanya hanya menyisakan jaringan parut tipis yang dengan cepat dapat memudar dari warna merah muda menjadi putih. Meskipun demikian, diperlukan waktu beberapa bulan bagi jaringan untuk memperoleh kembali segala sesuatunya, seperti kekuatan regang sebelumnya (Morisson, 2004).

Penilaian penyembuhan luka dalam praktiknya dapat dilihat melalui faktor-faktor luka yang meliputi sifat-sifat alami dasar luka, yaitu eksudat, bau, nyeri,

tepi luka, eritema kulit sekitar luka, kondisi umum kulit sekitar luka dan infeksi (Morisson, 2004).

#### 2.4.6 Faktor yang Mempengaruhi Penyembuhan Luka

Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi penyembuhan luka adalah sebagai berikut :

##### 1) Usia

Penyembuhan luka pada anak dan dewasa lebih cepat daripada orang tua. Hal ini terjadi karena fungsi fisiologis dan imun pada anak dan orang dewasa lebih baik dibanding dengan orang tua. Orang tua lebih sering terkena penyakit kronis, penurunan fungsi hati yang dapat mengganggu sintesis dari faktor pembekuan darah (Kozier, 2010).

##### 2) Nutrisi

Penyembuhan luka secara normal memerlukan nutrisi yang tepat. Proses fisiologi penyembuhan luka bergantung pada proses tersedianya protein, vitamin (terutama vitamin A dan C) dan mineral (zink dan tembaga). Kolagen adalah protein yang terbentuk dari asam amino yang diperoleh fibroblas dari protein yang dimakan. Vitamin C dibutuhkan untuk mensintesis kolagen. Vitamin A dapat mengurangi efek negatif steroid pada penyembuhan luka. Zink diperlukan untuk pembentukan epitel, sintesis kolagen dan menyatukan serat-serat kolagen (Potter & Perry, 2006).

##### 3) Infeksi

Ada tidaknya infeksi pada luka merupakan penentu dalam percepatan penyembuhan luka. Sumber utama infeksi adalah bakteri. Dengan adanya infeksi maka fase-fase dalam penyembuhan luka akan terhambat (Morison, 2004).

#### 4) Sirkulasi dan Oksigenasi

Sejumlah kondisi fisik dapat mempengaruhi penyembuhan luka. Saat kondisi fisik lemah atau letih maka oksigenasi dan sirkulasi jaringan sel tidak berjalan lancar (InETNA, 2004). Oksigenasi jaringan menurun pada orang yang menderita anemia atau gangguan pernafasan kronik pada perokok. Selain akibat anemia atau merokok, adanya sejumlah besar lemak subkutan dan jaringan lemak yang memiliki sedikit pembuluh darah juga berpengaruh terhadap kelancaran sirkulasi dan oksigenisasi jaringan sel. Ketidاكلancaran sirkulasi dan oksigenisasi jaringan sel akan menyebabkan suplai darah jaringan adipose tidak adekuat. Akibat suplai darah yang tidak adekuat akan menyebabkan orang gemuk lebih mudah mengalami infeksi dan lama untuk sembuh.

Suplai darah yang adekuat perlu bagi tiap aspek penyembuhan. Suplai darah dapat terbatas karena kerusakan pada pembuluh darah Jantung/ Paru. *Hipoksia* mengganggu aliran oksigen dan nutrisi pada luka, serta aktifitas dari sel pertumbuhan tubuh. *Neutropil* memerlukan oksigen untuk menghasilkan oksigen *peroksida* untuk membunuh patogen. Demikian juga *fibroblast* dan *fagositosis* terbentuk lambat.

#### 5) Keadaan luka

Keadaan khusus dari luka mempengaruhi kecepatan dan efektifitas penyembuhan luka. Beberapa luka dapat gagal untuk menyatu dengan cepat. Misalnya luka kotor akan lambat penyembuhannya dibanding dengan luka bersih.

#### 6) Obat

Obat *anti inflamasi* (seperti aspirin dan *steroid*), *heparin* dan *anti neoplastmik* mempengaruhi penyembuhan luka. Penggunaan *steroid* memperlambat penyembuhan dengan menghambat *sintesis kologen*, pasien yang minum *steroid* mengalami penurunan *strenght* luka, menghambat kontraksi dan menghalangi *epitelisasi* (InETNA, 2004). Penggunaan antibiotik yang lama dapat membuat tubuh seseorang rentan terhadap Infeksi luka. Dengan demikian, pengobatan luka akan berjalan lambat dan membutuhkan waktu yang lebih lama.

#### 7) Temperatur

Aktivitas fagositik dan mitosis secara khusus mudah terpengaruh terhadap penurunan temperatur pada area yang mengalami cedera. Kira-kira pada suhu di bawah 28°C, aktivitas leukosit dapat turun sampai nol. Apabila luka basah dibiarkan terbuka lama, maka temperatur permukaan dapat mengalami penurunan sampai paling rendah 12 °C. pemulihan jaringan ke suhu tubuh dan aktivitas mitosis sempurna dapat memakan waktu sampai 3 jam (Morison, 2004).

#### 8) Faktor – faktor psikologis

Pengetahuan tentang luka yang diderita dan ketersediaan dukungan sosial. Pasien yang mengetahui tentang jenis luka yang dialami, komplikasi yang mungkin terjadi serta pengobatan yang diperlukan dapat mempercepat penyembuhan luka. Selain itu adanya dukungan sosial misalnya keluarga juga turut mendorong penyembuhan luka. Dukungan keluarga dapat berupa dukungan finansial ataupun dukungan psikologis (Morison, 2004).

#### 2.4.7 Komplikasi Penyembuhan Luka

Komplikasi dan penyembuhan luka timbul dalam manifestasi yang berbeda-beda. Komplikasi yang luas timbul dari pembersihan luka yang tidak adekuat, keterlambatan pembentukan jaringan granulasi, tidak adanya reepitalisasi dan juga akibat komplikasi post operatif dan adanya infeksi.

Beberapa komplikasi yang mungkin terjadi menurut Morison (2004) adalah:

a. Infeksi

Invasi bakteri pada luka dapat terjadi pada saat terjadi trauma, selama pembedahan, atau setelah pembedahan. Proses peradangan biasanya muncul dalam 36-48 jam. Gejalanya berupa pus, peningkatan drainase, nyeri, kemerahan dan bengkak di sekeliling luka, peningkatan denyut nadi dan temperatur, dan peningkatan jumlah sel darah putih.

b. Perdarahan

Dapat mengindikasikan suatu jahitan yang lepas, sulit membeku pada garis jahitan, infeksi atau erosi dari pembuluh darah oleh benda asing seperti drain. Tanda hipovolemia mungkin akan lambat hadir. Sehingga balutan dan luka di bawah balutan harus sering dilihat selama 24 jam pertama setelah pembedahan dan tiap 8 jam setelah itu. Jika perdarahan berlebihan terjadi, penambahan tekanan balutan luka steril mungkin diperlukan. Pemberian cairan dan intervensi pembedahan mungkin diperlukan.

c. Dehiscence dan eviscerasi

Dehiscence adalah terbukanya lapisan luka sebagian atau total. Eviscerasi adalah keluarnya pembuluh melalui daerah irisan. Beberapa faktor seperti kegemukan, kurang nutrisi, multiple trauma, batuk yang berlebihan, muntah dan dehidrasi mempertinggi resiko mengalami dehiscence luka. Dehiscence dapat

terjadi 4-5 hari setelah operasi sebelum kolagen meluas di daerah luka. Ketika komplikasi tersebut terjadi luka harus ditutup dengan balutan lebar lalu dikompres dengan normal salin dan klen disiapkan untuk segera dilakukan perbaikan di daerah luka.

d. Jaringan parut

Luka yang sembuh kadang tidak dapat kembali seperti semula dan meninggalkan jaringan parut. Faktor yang dapat menyebabkan terjadinya jaringan parut adalah luka yang lebar dan dalam, luka yang memerlukan banyak tindakan untuk menyatukannya kembali dan luka terinfeksi.

#### **2.4.8 Perawatan Luka**

##### **2.4.8.1 Definisi Perawatan Luka**

Perawatan luka adalah suatu tindakan yang mencakup pembersihan luka dan debridement, pengolesan preparat antibiotik topikal serta pembalutan dengan tujuan untuk meningkatkan penyembuhan luka dan mencegah terjadinya komplikasi yang tidak diinginkan. Kassa yang digunakan untuk pembalutan luka dapat terbuat dari bahan biologik, biosintetik dan sintetik. Umumnya bentuk perawatan luka didasarkan pada tipe luka, ukuran luka dan jumlah eksudat yang muncul (Potter & Perry, 2006).

Perawatan luka dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu dengan metode terbuka dan tertutup. Pemilihan metode perawatan luka ini didasarkan atas beberapa pertimbangan, antara lain pencegahan terhadap infeksi, pencegahan terhadap perluasan kerusakan jaringan, waktu penyembuhan luka, penanganan terhadap inflamasi dan eksudat yang timbul, pencegahan terhadap perdarahan dan pencegahan terhadap ekskoriasi kulit sekitar luka (Potter & Perry, 2006).

Pada metode perawatan luka terbuka, luka dibiarkan terbuka agar dapat terpapar udara. Perawatan luka tetap dilakukan seperti biasa dan preparat topikal tetap dioleskan pada luka. Keberhasilan metode ini bergantung pada upaya untuk menjaga lingkungan yang bebas kuman dan mempertahankan kelembaban udara 40-50% untuk mencegah kehilangan cairan melalui penguapan.

Pada metode perawatan tertutup, pemakaian balutan memiliki peranan tersendiri. Balutan oklusif merupakan kassa tipis yang sebelumnya sudah dibubuhi dengan preparat topikal atau yang dipasang setelah luka diolesi dengan salep atau krim antibiotik. Keuntungan yang didapat melalui metode ini antara lain balutan dapat menyerap drainase, melindungi dari mikroorganisme, menjaga suhu dan kelembaban serta memberikan estetika tersendiri sehingga dapat mendukung kondisi psikis pasien (Smeltzer & Bare, 2005).

Dalam manajemen perawatan luka ada beberapa tahap yang dilakukan, yaitu evaluasi luka, pembersihan luka, penjahitan luka, penutupan luka, pembalutan, pemberian antibiotik dan pengangkatan jahitan (Mansjoer, 2000).

- a. Evaluasi luka meliputi anamnesis dan pemeriksaan fisik (lokasi dan eksplorasi).
- b. Pembersihan luka

Untuk melakukan pencucian/pembersihan luka biasanya digunakan cairan atau larutan antiseptik seperti : alkohol, povidone iodine, yodium, normal saline 0,9%. Tujuan dilakukannya pembersihan luka adalah meningkatkan, memperbaiki dan mempercepat proses penyembuhan luka; menghindari terjadinya infeksi; membuang jaringan nekrosis dan debris (InETNA, 2004).

Pada luka terkontaminasi, larutan yang digunakan untuk membersihkan luka adalah larutan antiseptik. Larutan antiseptik mungkin digunakan untuk mensterilkan permukaan luka, namun terdapat banyak bukti bahwa permukaan luka sebenarnya tidak harus dibuat steril agar terjadi penyembuhan (Eriksson, 1985; Van Rijswijk, 1985 dalam Morison, 2004). Antiseptik yang digunakan untuk membunuh bakteri atau untuk menghambat pertumbuhan bakteri memerlukan waktu untuk kontak dengan bakteri. Apabila antiseptik digunakan hanya sambil lalu, sebagai larutan pembersih dan tidak tetap kontak dengan luka setelah pembersihan luka selesai maka antiseptik tersebut menjadi tidak efektif. Maka normal saline dapat dijadikan pilihan sebagai larutan pembersihan luka karena tidak mempunyai efek yang tidak diinginkan (Morison, 2004).

Terdapat dua metode dasar untuk pembersihan luka yaitu teknik *swabbing* dan irigasi. Luka kering (tidak mengeluarkan cairan) dibersihkan dengan teknik *swabbing* dengan prinsip sekali usap menggunakan kasa steril dibasahi dengan air steril atau NaCl 0,9 %. Luka basah dan mudah berdarah dibersihkan dengan teknik irigasi, yaitu disemprot dengan air steril atau NaCl 0,9 %. Irigasi ini bertujuan untuk membuang jaringan mati dan benda asing (Penuntun skill lab Fakultas Kedokteran Universitas Andalas Padang, 2012).

c. Penjahitan luka

Luka bersih dan diyakini tidak mengalami infeksi serta berumur kurang dari 8 jam boleh dijahit primer, sedangkan luka yang terkontaminasi berat dan atau tidak berbatas tegas sebaiknya dibiarkan sembuh per sekundam atau per tertiam.

d. Penutupan dan Pembalutan Luka

Penutupan luka adalah mengupayakan kondisi lingkungan yang baik pada luka sehingga proses penyembuhan berlangsung optimal. Pertimbangan dalam menutup dan membalut luka sangat tergantung pada penilaian kondisi luka. Pembalutan berfungsi sebagai pelindung terhadap penguapan, infeksi, mengupayakan lingkungan yang baik bagi luka dalam proses penyembuhan, sebagai fiksasi dan efek penekanan yang mencegah berkumpulnya rembesan darah yang menyebabkan hematoma.

e. Pemberian Antibiotik

Prinsipnya pada luka bersih tidak perlu diberikan antibiotik dan pada luka terkontaminasi atau kotor maka perlu diberikan antibiotik.

f. Pengangkatan Jahitan

Jahitan diangkat bila fungsinya sudah tidak diperlukan lagi. Waktu pengangkatan jahitan tergantung dari berbagai faktor seperti, lokasi, jenis pengangkatan luka, usia, kesehatan, sikap penderita dan adanya infeksi (Mansjoer, 2000).

#### 2.4.8.2 Tujuan Perawatan Luka

Berikut adalah tujuan perawatan luka :

- 1) Memberikan lingkungan yang memadai untuk penyembuhan luka
- 2) Meningkatkan penyembuhan luka dengan mengabsorpsi cairan/drainase
- 3) Mencegah luka dari kontaminasi bakteri
- 4) Menekan dan imobilisasi luka
- 5) Meningkatkan hemostasis dengan menekan dressing (bila menggunakan elastis verband)
- 6) Membantu menutupnya tepi luka secara sempurna

- 7) Mencegah luka dan jaringan epitel baru dari cedera mekanis
- 8) Menutupi keadaan luka yang tidak menyenangkan
- 9) Mencegah terjadinya komplikasi yang tidak diinginkan (Ismail, 2008)

#### 2.4.8.3 Cairan Perawatan Luka

- 1) Normal Salin 0,9%

Cairan pembersih yang dianjurkan adalah cairan normal saline. Cairan normal saline disebut juga cairan natrium klorida karena terdiri dari Na dan CL, Na dan CL adalah larutan fisiologis yang ada di seluruh tubuh, karena alasan inilah normal saline tidak menimbulkan reaksi hipersensitivitas. Cairan normal saline tersedia dalam beberapa konsentrasi, yang paling sering digunakan adalah normal saline 0,9%, ini adalah konsentrasi normal dari natrium klorida. Normal saline merupakan cairan fisiologis dan tidak membahayakan jaringan luka. Membersihkan luka secara hati-hati dengan normal saline dan memasang balutan yang dibasahi normal saline merupakan cara yang sering digunakan untuk menyembuhkan luka dan melakukan debridement luka. Penggunaan normal saline untuk mempertahankan permukaan luka agar tetap lembab sehingga dapat meningkatkan perkembangan dan migrasi jaringan epitel (Potter & Perry, 2006)

- 2) *Povidone iodine 10%*

*Povidone iodine 10%* biasa digunakan sebagai antiseptik untuk mengobati berbagai macam luka seperti luka sayat, luka pasca operasi, luka gores, luka lecet serta luka bakar yang tidak terlalu luas (Lexi-Comp's Drug Information Handbook, 2006 dalam DINKES Provinsi Jawa Barat, 2011). *Povidone iodine* merupakan kompleks polimer *Polyvinylpyrrolidone* dengan

iodine (PVP-I). Kandungan  $I_2$  dalam *Povidone iodine 10%* mampu membunuh mikroorganisme penyebab infeksi baik bakteri gram positif maupun negatif, spora bakteri maupun jamur termasuk mikroorganisme yang resisten terhadap antibiotik (Gennaro, 1990).

Povidone iodine bersifat bakteristatis dengan kadar 640 $\mu$ g/ml dan bersifat bakterisid pada kadar 960  $\mu$ g/ml. Dalam 10% povidone iodine mengandung 1% iodium yang mampu membunuh bakteri dalam 1 menit dan membunuh spora dalam waktu 15 menit. Mekanisme kerja povidone iodine dimulai setelah kontak langsung dengan jaringan maka elemen iodine akan dilepaskan secara perlahan-lahan dengan aktifitas menghambat metabolisme enzim bakteri sehingga mengganggu multiplikasi bakteri yang mengakibatkan bakteri menjadi lemah (Gunawan, 2007).

Namun, disamping sebagai bahan antiseptik yang efektif membunuh mikroba, *povidone iodine* memiliki efek samping seperti iritasi, rasa terbakar, nyeri pada sisi luka (Lilley & Aucker, 1999). Iritasi terjadi sebagai akibat fungsi toksik dari iodine dan hanya akan terjadi pada beberapa orang yang sensitif terhadap iodine, kombinasi iodine dengan PVP (*Polyvinylpyrrolidone*) akan mengurangi efek iritasinya tetapi berkurang efek antimikrobanya. Selain efek samping yang telah disebutkan di atas, povidone iodine juga dapat menyebabkan perubahan warna kulit. Penggunaan iodine dapat mengubah pigmentasi kulit menjadi merah gelap, efek ini akan berkurang dengan kombinasi PVP (*Polyvinylpyrrolidone*) (AWMA, 2011 dan Phitchard, 2011).

### 3) *Betaine polyhexanide* 0,1 %

*Betaine polyhexanide* mulai digunakan sebagai bahan perawatan luka pada tahun 2010 dan telah diakui oleh *Food and Drug Administration* (FDA) Amerika sebagai bahan perawatan luka yang efektif dan sangat mudah untuk digunakan (B. Braun, 2011).

*Betaine polyhexanide* adalah bahan pembersih luka yang kandungannya terdiri dari air murni dan dua unsur utama, yaitu : *Poliheksametilena biguanide* ( PHMB ) (0,1%) dan *Betaine* ( 0,1 %). *Betaine polyhexanide* dapat digunakan untuk membersihkan luka, membersihkan eksudat, rehidrasi dan dekontaminasi luka akut dan kronis yang dapat berisiko infeksi termasuk luka bedah dan trauma, borok di kaki, ulkus decubitus, ulkus kaki diabetik, luka bakar derajat pertama dan kedua. Kombinasi dari PHMB dengan surfaktan ( *betaine* ) memiliki kemampuan untuk membersihkan debris, bakteri dan biofilm dari luka (Bradbury S. & Fletcher J., 2011; Medscape, 2011).

PHMB adalah senyawa sintetik yang telah digunakan selama lebih dari 60 tahun dalam berbagai bentuk , termasuk pembersih mulut dan baru-baru ini digunakan sebagai produk manajemen luka. Hal ini telah teruji secara klinis dan aman untuk digunakan karena tidak menimbulkan resistensi dan toksisitas minimal. PHMB secara struktural mirip dengan peptida antimikroba alami (*antimicrobial peptides/AMPs*). AMP memiliki spektrum yang luas terhadap bakteri, virus dan fungi. AMP merupakan molekul yang bermuatan positif yang dapat mengikat membran sel bakteri dan menyebabkan lisis sel dengan menghancurkan integritas membran. PHMB diduga bekerja dengan memecah lapisan lipopolisakarida ( LPS ) dari dinding sel bakteri untuk

membunuh bakteri. Hal ini terjadi dengan cepat sehingga tidak memungkinkan bakteri untuk resistens terhadap PHMB (Bradbury S. & Fletcher J., 2011).

Betaine adalah surfaktan amfoterik alkaloid yang cocok untuk digunakan secara dermatologis. Pada tingkat molekuler, betaine memiliki tegangan permukaan lebih rendah dari air, sehingga lebih efisien untuk digunakan sebagai pembersih luka. Betaine juga dapat mengganggu produksi lakton homoserine, sebuah molekul sinyal yang digunakan oleh sel-sel biofilm, yang memainkan peran dalam patogenisitas biofilm. Kemampuan betaine untuk mengganggu biofilm sangat bermanfaat karena biofilm biasanya tahan terhadap bahan pembersihan luka seperti normal saline (Bradbury S. & Fletcher J., 2011).

Kontraindikasi *Betaine polyhexanide* yaitu tidak boleh digunakan pada orang yang diduga memiliki alergi terhadap betain atau PHMB. Tidak digunakan pada sistem saraf pusat, telinga bagian dalam, mata dan pada tulang rawan hialin selama operasi (Medscape, 2011). Penggunaan *Betaine polyhexanide* dalam jangka waktu yang panjang dapat menyebabkan iritasi (B. Braun, 2014).

## **2.5 Tikus Putih (*Rattus norvegicus*) Galur Wistar**

### **2.5.1 Karakteristik Umum**

Tikus adalah binatang yang memiliki kemampuan menyesuaikan diri yang paling baik dengan lingkungannya (Adnan, 2007). Tikus yang paling banyak digunakan sebagai hewan percobaan adalah tikus putih (*Rattus Norvegicus*) galur wistar. Tikus ini memiliki beberapa keunggulan antara lain penanganan dan

pemeliharaan yang mudah karena tubuhnya kecil, sehat dan bersih, kemampuan reproduksi tinggi dengan masa kebuntingan singkat (Adnan, 2007).

Klasifikasi tikus putih adalah sebagai berikut :

Kingdom	: Animalia
Phylum	: Chordata
Subvilum	: Vertebrata
Kelas	: Mamalia
Subkelas	: Theria
Ordo	: Rodentia
Subordo	: Sciurognathi
Famili	: Muridae
Subfamili	: Murinae
Genus	: Rattus
Spesies	: <i>Rattus norvegicus</i>
Galur/Stain	: Wistar (Myers dan Armitage, 2004)

Ciri tikus putih (*Rattus norvegicus*) galur wistar adalah mempunyai kepala lebar, mata kecil, telinganya panjang dan tidak berambut, memiliki ekor panjang (tidak melebihi panjang tubuhnya). Tikus memiliki sepasang gigi seri berbentuk pahat tidak berhenti tumbuh pada setiap rahangnya, sehingga untuk mempertahankan ukurannya mengerat apa saja. Warna *Rattus norvegicus*, yaitu putih merupakan bangsa albino termasuk tikus laboratorium. Hewan ini melakukan aktivitasnya pada malam hari (*nocturnal*). Tikus laboratorium jarang hidup lebih dari 3 tahun. Berat badan pada umur 4 minggu dapat mencapai 35-40 gram dan setelah dewasa rata-rata 200-250 gram. Tikus jantan dapat mencapai 500 gram, tetapi tikus betina jarang lebih dari 350 gram. Total panjang

tubuh 440 mm, panjang ekor 205 mm. Ekskresi urin per hari 5,5 ml/100 grBB (Adnan, 2007).

Penelitian ini menggunakan Tikus Putih (*Rattus norvegicus*) Galur Wistar sebagai hewan coba karena:

1. Masih tergolong satu kelas dengan manusia yaitu mamalia, sehingga proses fisiologisnya hampir sama.
2. Mengeluarkan CO<sub>2</sub> saat ekspirasi dan perawatannya mudah.

### 2.5.2 Data Biologis

**Tabel 2.3 Data Biologis Tikus Putih (*Rattus norvegicus*)**

Kriteria	Keterangan
Lama hidup	2-3 tahun, dapat sampai 4 tahun
Lama produksi ekonomis	1 tahun
Lama bunting	20-22 hari
Kawin sesudah beranak	1-24 jam
Umur disapih	21 hari
Umur dewasa	40-60 hari
Umur dikawinkan	10 minggu (jantan dan betina)
Siklus kelamin	Poliestrus
Siklus estrus (birahi)	4-5 hari
Lama estrus	9-20 jam
Perkawinan	Pada waktu estrus
Berat dewasa	300-400 gram jantan; 250-300 gr betina
Berat lahir	5-6 gram
Jumlah anak	Rata-rata 9, dan dapat 20
Susu	73% air, 14-16% lemak, 9-10% protein,

	2-3% gula
Puting susu	12 puting, 3 pasang di daerah dada dan 3 pasang di daerah perut
Perkawinan kelompok	3 betina dengan 1 jantan
Kecepatan tumbuh	5 g/hari

Sumber : Mangkoewidjojo dan Smith (1998)

### 2.5.3 Kandang

Prinsip kandang tikus laboratorium ditempatkan pada kotak yang mudah disterilkan dan tahan lama. Tetapi persyaratan yang penting adalah persyaratan fisiologis dan tingkah laku, yaitu meliputi menjaga lingkungan tetap kering dan bersih, suhu memadai dan memberi ruang yang cukup untuk bergerak dengan bebas dalam berbagai posisi. Kandang harus cukup kuat, tidak mudah rusak dan tahan disteril ulang dengan suhu sampai 120°C dan tahan disterilkan dengan bahan kimia (Mangkoewidjojo, 1987 dalam Laksono, 2009). Kandang harus dibuat dari bahan yang baik, mudah dibongkar, mudah dibersihkan dan mudah dipasang lagi. Kandang harus tahan gigitan, hewan tidak mudah lepas, hewan tampak jelas dari luar. Selanjutnya sistem kandang harus dilengkapi makanan dan minuman yang mudah dicapai oleh tikus. Cara membersihkan kandang dengan mengganti alasnya, misalnya sekam diganti 3 hari sekali agar tetap kering dan tidak lembab (Laksono, 2009).

### 2.5.4 Makanan Tikus Putih (*Rattus norvegicus*)

Kebutuhan pakan seekor tikus setiap harinya kurang lebih 10% dari bobot tubuhnya jika pakan tersebut pakan kering dan dapat ditingkatkan sampai 15% dari bobot tubuhnya jika pakan dikonsumsi berupa pakan basah. Konsumsi pakan per harinya 5 gr/100 gr BB. Pakan yang diberikan pada tikus umumnya

tersusun dari komposisi alami dan mudah diperoleh dari sumber daya komersial. Namun, pakan yang diberikan pada tikus sebaiknya mengandung nutrisi dalam komposisi yang tepat. Pakan ideal untuk tikus yang sedang tumbuh harus memenuhi kebutuhan zat makanan antara lain protein 12%, lemak 5%, dan serat kasar kira-kira 5%, harus cukup mengandung vitamin A, vitamin D, asam linoleat, tiamin, riboflavin, pantotenat, vitamin B12, biotin, piridoksin, dan kolin sertamineral-mineral tertentu. Protein pakan yang diberikan pada tikus harus mengandung asam amino esensial yaitu, Arginin, Histidin, Isoleusin, Leusin, Methionin, Fenilalanin, Treonin, Tryptofan, dan Valine (Adnan, 2007).

Bahan dasar makanan tikus dapat juga bervariasi, misalnya protein 20-25%, lemak 5%, pati 5-50%, serat kasar 5%, vitamin dan mineral 3%. Setiap hari seekor tikus dewasa makan antara 12-20 gram makanan. Makanan yang diberikan adalah ABS (Ayam Buras Super) *comfeed* dengan komposisi air maksimal 12%. Keperluan mineral dalam makanan tikus adalah kalsium 0,5%, fosfor 0,4%, magnesium 400 mg/kg, kalium 0,36%, natrium, yodium, besi, mangan dan seng (Mangkoewidjojo, 1987 dalam Laksono, 2009).

### **2.5.5 Minuman Tikus Putih (*Rattus norvegicus*)**

Tikus dewasa mengkonsumsi air minum per hari 8-11 ml/100gr BB. Untuk memenuhi kebutuhan tikus, dapat menggunakan botol yang ditempatkan dalam kandang tikus (Mangkoewidjojo, 1987 dalam Laksono, 2009).