

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Sapi Friesian Holstein

Sapi merupakan hewan ternak yang penting sebagai sumber daging, susu, tenaga kerja dan kebutuhan lainnya. Sapi menghasilkan sekitar 50% (45%-55%) kebutuhan daging di dunia, 95% kebutuhan susu dan 85% kebutuhan kulit (Wahid 2000 dan Ismail 2008). Sapi berasal dari famili Bovidae, seperti bison, banteng, kerbau (*Bubalus*), kerbau Afrika (*Syncherus*), dan anoa (Ismail 2008).

Sapi Friesian Holstein (FH) merupakan salah satu bangsa sapi perah yang berasal dari provinsi Belanda Utara dan provinsi Fries Holand Barat. Sapi perah jenis ini diperkirakan masuk ke Indonesia sejak tahun 1891. Di Pulau Jawa ditemukan sapi FH hasil turunan seperti sapi Grati dari Pasuruan yang diduga merupakan perkawinan sapi FH dengan sapi lokal. Sapi FH dapat berproduksi dengan baik jika dipelihara di daerah yang mempunyai temperatur kurang dari 20°C. Peternakan sapi perah di Indonesia hanya terbatas di daerah tertentu yang berhawa dingin/sejuk, misalnya di Jawa Barat (Lembang, Pangalengan), Jawa Tengah (Temanggung, Boyolali), Jawa Timur (Pasuruan, Malang), dan Sulawesi Selatan (Sinjai dan Enrekang). Sapi FH bersifat jinak dan tenang sehingga mudah untuk ditangani (Ismail 2008). Jenis sapi ini mudah ditemui di seluruh penjuru dunia.



Gambar 1. Sapi perah jenis Friesian Holstein
(Sumber : Holstein Cross 2008)

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Menurut Sigit (2004), klasifikasi sapi perah adalah sebagai berikut :

Kingdom	: Animalia
Fillum	: Chordata
Kelas	: Mamalia
Ordo	: Artiodactyla
Subordo	: Ruminansia
Familia	: Bovidae
Subfamilia	: Bovinae
Genus	: <i>Bos</i>
Spesies	: <i>Bos taurus</i>

Sapi jenis ini berwarna putih dan hitam atau berwarna coklat dan putih (Gambar 1). Sapi FH merupakan ras sapi perah yang memproduksi susu dengan jumlah paling banyak dibandingkan dengan jenis sapi perah lainnya (Tyler dan Hensminger 2006). Sapi FH dara dapat dikawinkan pertama kali pada umur 15 bulan, ketika berat badan mencapai 250 kg. Sapi FH dapat hidup lebih lama, namun umur produktif sapi ini hanya sampai 6 tahun (Ansi-Okstate 2008). Berat badan betina dan jantan dewasa masing-masing berkisar antara 300-680 kg dan 300-1000 kg dengan konsumsi energi sebesar 15 kalori/ kgBB/ hari (Smith dan Mangkoewidjojo 1988). Data biologis sapi FH dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data biologis sapi (Smith dan Mangkoewidjojo 1988)

Lama bunting	: 280 hari (275-283)
Berat dewasa	: 300-680 kg betina, 350-1000 kg jantan
Berat lahir	: 22-50 kg
Jumlah anak	: 1, kadang-kadang 2 ekor
Suhu (rektal)	: 38,0 ⁰ C - 39,0 ⁰ C (rata-rata 38,6 ⁰ C)
Pernafasan	: 27 - 40/ menit
Denyut jantung	: 40 - 58/ menit
Tekanan darah	: 121 - 166 sistol, 18 - 120 diastol
Konsumsi energi	: kira-kira 15 kalori/ kg/ hari
Immunitas pasif	: hanya melalui usus, dari kolostrum

Rata-rata produksi susu FH di Amerika Serikat mencapai 23.382 pound atau 10.606 kg susu dalam satu masa laktasi, dengan kadar lemak relatif rendah berkisar antara 3,5-3,7% (USDA 2004). Produksi susu rata-rata di Indonesia dapat



mencapai 6360 kg/tahun (Sutardi 1983). Sapi perah mengalami cekaman panas yang berakibat pada menurunnya produktivitas jika berada di lokasi dengan suhu tinggi dan kelembaban udara yang tidak mendukung (Ismail 2008).

2.2. Kolostrum

Kolostrum merupakan sekresi kelenjar ambing yang terkumpul selama beberapa minggu terakhir masa kebuntingan, dan dikeluarkan dari aliran darah di bawah pengaruh hormon estrogen dan progesteron (Tizard 2004). Kolostrum adalah cairan pra-susu yang dihasilkan oleh induk mamalia dalam 24-48 jam pertama setelah partus. Kolostrum mensuplai berbagai faktor kekebalan dan faktor pertumbuhan pendukung kehidupan ditambah dengan kombinasi zat gizi (nutrien) yang sempurna (Sanken 2008). Lebih dari 90 bahan bioaktif alami terkandung di dalam kolostrum. Di samping itu juga kolostrum mengandung limfosit, monosit dan neutrofil serta protein (terutama albumin dan globulin). Kolostrum juga mengandung vitamin A, E, karoten dan riboflavin dengan konsentrasi tinggi (Frandsen 1992). Kolostrum merupakan bahan yang mengandung faktor kekebalan, faktor pertumbuhan dan faktor nutrisi. Faktor-faktor tersebut bekerja secara sinergis dalam memulihkan dan menjaga kesehatan tubuh hewan neonatus (Scott *et al.* 1979; Frandsen 1992; Thapa 2005; Sanken 2008).

a. Faktor kekebalan

Sekitar 90% penyakit masuk melalui gastrointestinal (usus) terutama pada anak yang baru lahir (neonatus) sehingga dibutuhkan suatu perlindungan yang mampu mencegah hal tersebut. Kondisi demikian memerlukan faktor kekebalan yang dapat menghalangi kuman patogen masuk ke dalam saluran gastrointestinal (usus). Faktor kekebalan ini dapat diperoleh dalam bentuk kolostrum dari induk. Menurut Thapa (2005), kolostrum sapi mengandung 20% IgG sedangkan kolostrum manusia hanya mengandung 2% IgG. Kolostrum sapi mengandung IgG dengan konsentrasi 4-40 kali lebih banyak dibandingkan dengan kolostrum manusia (Sanken 2008).

Studi membuktikan bahwa IgG dalam kolostrum sapi mampu melawan bakteri, jamur, virus. Imunoglobulin dalam kolostrum telah banyak digunakan

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang memurnikan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



untuk pengobatan *trombositopenia*, anemia, *neutropenia*, *myastenia gravis*, *guillain barre syndrom*, *systemic lupus*, *rheumatoid arthritis*, *bullous pamphigoid*, *kawasaki's syndrome*, sindrom kelelahan (*fatigue*) kronik & penyakit Crohn (Thapa 2005).

Kolostrum mengandung imunoglobulin G (IgG), imunoglobulin M (IgM), imunoglobulin A (IgA), imunoglobulin E (IgE), laktoferin, transferin, glikoprotein, laktoalbumin, sitokin dan oligosakarida. Menurut Tizard (2004), imunoglobulin utama di dalam kolostrum hewan domestik pada umumnya adalah IgG, yaitu 65-90% dari total antibodi. Imunoglobulin G berperan dalam menetralkan toksin dan kuman patogen yang berbahaya (Tizard 2004). Imunoglobulin G terdiri dari 2 macam sub-kelas yaitu IgG1 dan IgG2. Perbedaan pada keduanya terletak pada rantai H (Tabel 2) yang berhubungan dengan beberapa fungsi biologis tertentu (Butler 1983). Imunoglobulin G1 berperan dalam pengaturan respon kekebalan sekunder, fiksasi komplemen, bertindak sebagai opsonin oleh makrofag, dan imunoglobulin utama yang berperan dalam transfer kekebalan pasif untuk anak baru lahir (Butler 1983; Roit *et al.* 1998; Tizard 2004). Imunoglobulin G2 berperan dalam fiksasi komplemen, sebagai mediator sitoksisitas sel neutrofil PMN (*polymorphonuclear*) dan presipitasi agen (Butler 1983). IgA berperan dalam melindungi selaput lendir, menetralkan toksin atau virus dan mencegah perlekatan toksin atau virus pada permukaan sel sasaran. IgA juga dapat meningkatkan efek bakteriolitik dengan cara mengaktifkan komplemen. IgM berperan sebagai pengontrol antibodi yang terdiri atas lima monomer (pentamer) dengan berat molekul sekitar 900 kDa (Larson 1992), sedangkan IgE berperan terhadap respon alergi.

Komponen lain yang terdapat di dalam kolostrum adalah laktoferin, transferin, glikoprotein, laktoalbumin, dan sitokin (Tabel 3). Laktoferin adalah antioksidan alami yang paling kuat dalam mencegah radikal bebas. Transferin mengikat dan mengangkut zat besi (Fe) dan oligosakarida yang merupakan oligosakarida dari karbohidrat yang mengikat bakteri penyerang dinding usus dan lambung (Stott *et al.* 1981).

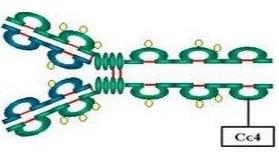
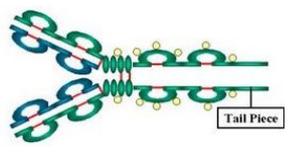
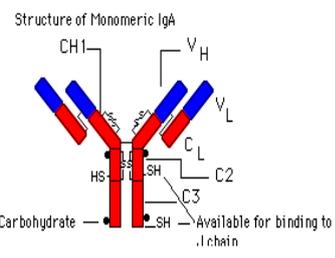
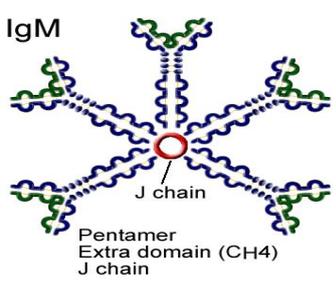
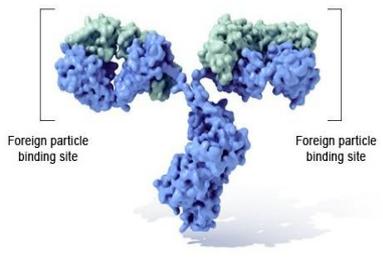
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Tabel. 2. Jenis dan bentuk imunoglobulin dalam kolostrum (Roitt *et al.* 1998)

No	Jenis dan Bentuk Imunoglobulin	Keterangan
1	<p>Imunoglobulin E</p> 	<p>Berperan terhadap respon alergi.</p>
	<p>Imunoglobulin D</p> 	<p>Rantai δ mempunyai berat molekul 60.000-70.000 dan 12% terdiri dari karbohidrat. Fungsi utama IgD belum diketahui tetapi merupakan imunoglobulin permukaan sel limfosit B bersama IgM dan diduga berperan dalam diferensiasi sel.</p>
	<p>Imunoglobulin A</p> 	<p>Terdiri dari 2 jenis yaitu IgA dalam serum dan IgA dalam mukosa. IgA berbentuk dimer yang terdiri dari 2 molekul monomer, dan sebuah komponen sekretori serta sebuah rantai J dengan berat molekul sekitar 385 kDa.</p>
	<p>Imunoglobulin M</p> 	<p>Kandungan dalam kolostrum sekitar 7%. Terdiri atas lima monomer (pentamer) dengan berat molekul sekitar 900 kDa. Molekul monomer dihubungkan satu dengan lainnya dengan ikatan disulfida pada domain CH4 menyerupai gelang dan tiap monomer dihubungkan satu dengan lain pada ujung permulaan dan akhirnya oleh protein J yang berfungsi sebagai kunci.</p>
	<p>Imunoglobulin G</p> 	<p>Merupakan komponen utama dalam kolostrum sapi yaitu sekitar 85-90%. Terdiri dari 2 rantai berat H dan 2 rantai ringan L. IgG pada sapi terdiri dari 2 macam sub-kelas yaitu IgG1 dan IgG2 dengan berat molekul 150 kDa.</p>

Tabel 3. Perbedaan konsentrasi imunoglobulin antara kolostrum dengan susu (Tizard 2004).

Imunoglobulin	Kolostrum (mg/100 ml)	Susu Biasa (mg/100 ml)
IgA	100-700	10-50
IgM	300-1300	10-20
IgG	3400-8000	50-750

Tabel 4. Perbandingan Komposisi Kolostrum dan Susu Sapi (Blum dan Hammon 2000)

Kriteria	Kolostrum sapi	Susu sapi
Bahan kering (g/l)	245	122
Laktosa (g/l)	18	7
Energi (MJ/l)	6	2.8
Lemak (g/l)	64	39
Protein (g/l)	133	32
Asam amino esensial (mmol/l)	390	ND
Asam amino non esensial (mmol/l)	490	ND
Imunoglobulin G (g/l)	81	<2
Laktoferin (g/l)	1.84	ND
Transferin (g/l)	0.55	ND
Insulin ($\mu\text{g/l}$)	65	1
Glukagon ($\mu\text{g/l}$)	0.16	0.01
Prolaktin ($\mu\text{g/l}$)	280	15
Hormon pertumbuhan ($\mu\text{g/l}$)	1.4	<1
<i>Insulin-like growth factor-I</i> ($\mu\text{g/l}$)	310	<2
<i>Insulin-like growth factor-II</i> ($\mu\text{g/l}$)	150	ND

Keterangan : ND = tidak terukur.

b. Faktor pertumbuhan

Kolostrum mengandung faktor-faktor pertumbuhan untuk otot, tulang, jaringan saraf, jaringan ikat, tulang rawan dan kulit. Kolostrum dapat digunakan untuk penyembuhan luka akibat trauma atau pembedahan. Faktor pertumbuhan kolostrum meliputi *transforming growth factor* (TGF) a dan b, *insulin-like growth factor-1* (IGF-1) dan IGF-2, dan *growth hormone* (Sanken 2008).

Faktor nutrisi

Faktor nutrisi di dalam kolostrum meliputi vitamin, mineral dan asam amino yang berguna untuk melengkapi kandungan kolostrum menjadi lebih sempurna. Vitamin dalam kolostrum terdiri dari vitamin B1, B2, B6, B12, E, A dan *retinoic*



acid. Kolostrum juga mengandung mineral seperti kalsium (Ca), zat besi (Fe), magnesium (Mg), *phospor* (P), dan *zinc* (Zn). Kolostrum juga mengandung asam amino esensial dan non-esensial. Asam amino esensial terdiri dari lisin yang berfungsi membantu penyerapan Ca dan mengatur antibodi. Asam amino non-esensial yang terkandung antara lain adalah sistin, tirosin dan prolin. Prolin (*Proline Rich Polipeptide/ PRP*) berguna untuk mengaktifkan sistem imun yang menurun dan menekan sistem imun yang terlalu aktif (Sanken 2008).

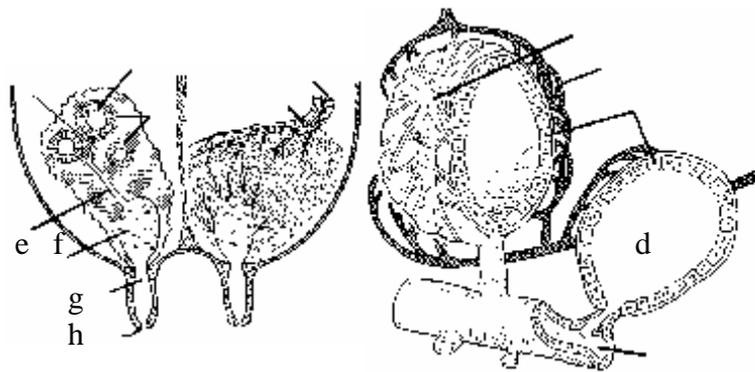
3. Kolostrogenesis

Kelenjar ambing digolongkan ke dalam kelenjar pelengkap sistem reproduksi karena hubungannya yang erat dengan hormon dan fungsi-fungsi reproduksi. Susu dibuat oleh kelenjar ambing. Ambing sapi terbagi dua yaitu ambing kiri dan ambing kanan. Masing-masing ambing terbagi dua yaitu kuartir depan dan kuartir belakang (Gambar 2). Sekresi kelenjar ambing menjamin terjadinya transfer kekebalan pasif dan sebagai penyedia nutrisi untuk neonatus (Hidayat *et al.* 2009).

Kolostrogenesis merupakan bagian dari laktogenesis atau pembentukan susu. Laktogenesis terdiri atas dua tahap yaitu laktogenesis tahap I dan laktogenesis tahap II. Laktogenesis tahap I ditandai dengan produksi suatu cairan yang disebut pre-kolostrum. Laktogenesis tahap II dimulai segera sebelum induk melahirkan, ketika kelenjar ambing pertama kali melepaskan kolostrum sampai kelenjar ambing menghasilkan susu non-kolostrum. Kolostrogenesis diatur oleh hormon laktogenik diantaranya adalah estrogen, progesteron, dan prolaktin. Transfer imunoglobulin dari sirkulasi darah ke sekresi susu atau kolostrum terjadi segera sebelum, sewaktu dan sesudah induk melahirkan (Toelihere 2006). Selama masa kebuntingan terjadi, proliferasi seluler saluran ambing dan alveoli berada di bawah pengaruh hormon progesteron dan estrogen yang berasal dari ovarium dan plasenta (Hidayat *et al.* 2009).

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Gambar 2. Penampang Kelenjar Ambing (Hidayat *et al.* 2009)

- | | |
|-----------------------------|-------------------|
| a. Pembuluh darah | e. Saluran susu |
| b. Sel epitel | f. Ruang kisterna |
| c. Alveole (gelembung susu) | g. Ruang puting |
| d. Ruang alveole | h. Lubang puting |

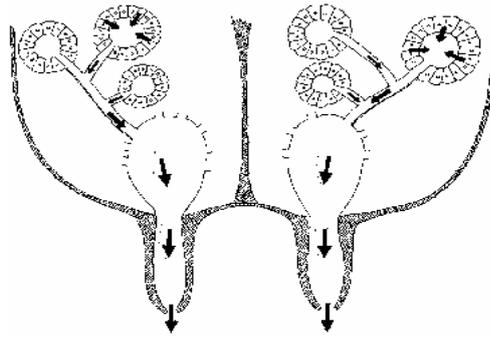
Kolostrogenesis terjadi pada waktu kelahiran bersamaan dengan penurunan kadar progesteron dan estrogen di dalam darah dan peningkatan kadar prolaktin atau hormon laktogenik dari kelenjar hipofisa. Prolaktin dibutuhkan untuk memulai sekresi susu dan mempertahankan laktasi. Peningkatan prolaktin didukung oleh stimulasi ambing melalui penghisapan dan pengeluaran kolostrum atau air susu dari alveoli kelenjar susu (Hidayat *et al.* 2009).

Susu mengalir melalui saluran-saluran halus dari gelembung susu ke ruang sisterna dan ruang puting susu. Dalam keadaan normal, lubang puting susu akan tertutup. Lubang puting menjadi terbuka akibat rangsangan syaraf atau tekanan sehingga air susu dari ruang sisterna dapat mengalir keluar (Hidayat *et al.* 2009). Gerakan menyusui dari pedet, usapan atau basuhan air hangat pada ambing merupakan rangsangan pada otak melalui jaringan syaraf (Gambar 3). Selanjutnya otak akan mengeluarkan hormon oksitosin ke dalam darah. Hormon oksitosin menyebabkan otot-otot pada kelenjar susu bergerak dan lubang puting membuka sehingga susu mengalir keluar (Hidayat *et al.* 2009).

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



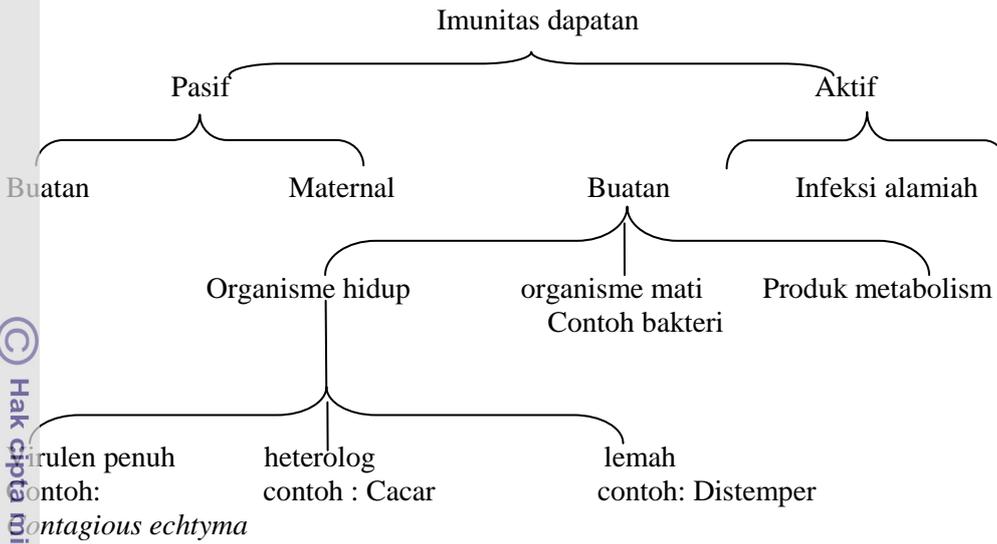
Gambar 3. Proses Pengeluaran Susu (Hidayat *et al.* 2009)

4. Vaksinasi

Vaksinasi adalah pemberian vaksin ke dalam tubuh individu untuk memberikan kekebalan terhadap suatu penyakit (Kreier dan Mortensen 1990). Pemberian vaksin pada prinsipnya dapat mencegah terjadinya infeksi. Pencegahan dengan vaksinasi akan memberikan dampak yang lebih baik karena tidak menimbulkan resistensi dan tidak meninggalkan residu pada ternak (Soeripto 2001). Vaksinasi dapat menggunakan vaksin aktif atau vaksin inaktif/ pasif (Soeripto 2001; Tizard 1987).

Kekebalan atau sistem imun yang terbentuk dapat terjadi secara pasif dan aktif (Gambar 4) (Tizard 1987). Antibodi yang dipindahkan secara pasif memberikan perlindungan cepat, tetapi karena cepat dikatabolisis, perlindungan ini makin berkurang dan akhirnya resipien menjadi rentan lagi terhadap infeksi ulang. Imunisasi aktif melibatkan pemberian antigen kepada hewan sehingga hewan menanggapi dengan meningkatkan respons kebal protektif berperantara antibodi atau sel atau kedua-duanya. Imunisasi ulang atau keterpaparan pada infeksi akan mengakibatkan respons kebal sekunder. Kerugian dari bentuk imunisasi aktif adalah perlindungan tidak dibentuk segera. Namun, sekali terbentuk akan berlangsung lama dan berkemampuan perangsangan ulang (Tizard 1987).

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Gambar 4. Klasifikasi tipe imunitas dapatan dan cara yang digunakan untuk membuat perlindungan (Tizard 1987).

5. *Escherichia coli*

Escherichia coli merupakan bakteri non-spora dan termasuk ke dalam bakteri Gram negatif yang bergerak dengan flagella peritrikus. Bakteri ini bersifat fakultatif anaerob dengan menghasilkan gas dari fermentasi karbohidrat. Berukuran panjang 2,0-6,0 μm dan lebar 1,1-1,5 μm , bentuk bervariasi mulai dari bentuk kokus (bulat), sampai berbentuk filamen panjang (Gambar 5). Beberapa strain mukoid menghasilkan polimer ekstraseluler yang secara umum di kenal sebagai antigen K dan asam polisakarida yang tersusun oleh *solanic acid* yang di kenal dengan antigen M. Bakteri ini menghasilkan berbagai jenis fimbriae yang penting selama penetrasi ke sel inang, dengan struktur dan antigen fimbriae yang berbeda pada setiap strain *E. coli* (Percival 2004). Bakteri ini mempunyai flagella yang berfungsi sebagai alat gerak, fimbriae dan mempunyai ruang periplasmik (Gambar 6).

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

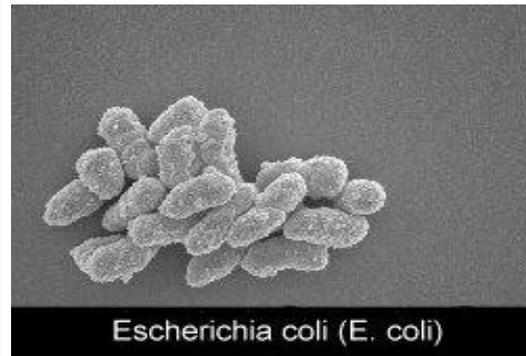
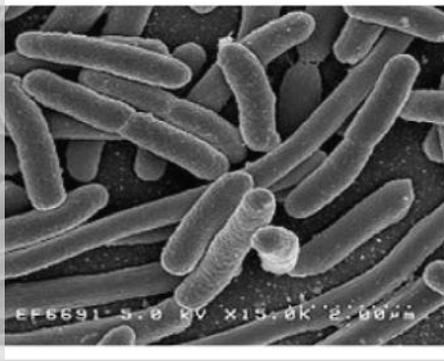
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

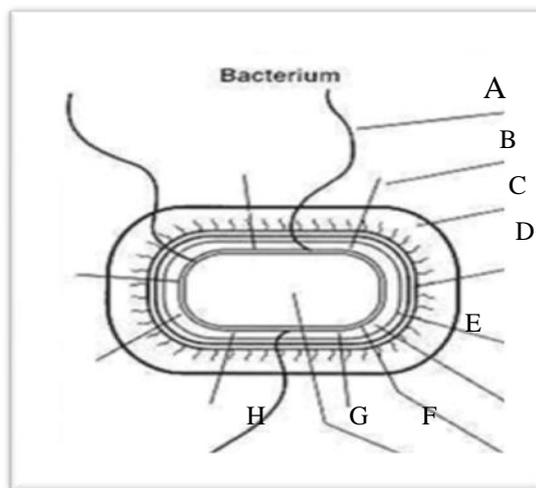
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Klasifikasi *E. coli* menurut Todar (2008) sebagai berikut:

Kingdom	: Bakteria
Fillum	: Proteobacteria
Kelas	: Gamma Proteobacteria
Ordo	: Enterobakteriales
Familia	: Enterobacteriaceae
Genus	: <i>Escherichia</i>
Spesies	: <i>Escherichia coli</i>



Gambar 5. Morfologi *Escherichia coli*.
(Sumber : Anonim 2009)



Keterangan gambar :

- A. flagella
- B. fimbriae
- C. kapsul/mikrokapsul
- D. *outer membrane*
- E. lapisan tipis yang keras (*thin rigid layer*)
- F. ruang periplasmik
- G. *inner membrane*
- H. sitoplasma

Gambar 6. Struktur *Escherichia coli*
(Sumber : Anonim 2009)

E. coli pertama kali diidentifikasi oleh Theodor Escherich yang mempelajari flora yang ada di dalam usus. Escherich menggambarkan organisme *Bacterium coli* yang menyebabkan infeksi ekstraintestinalis. Sampai dengan tahun 1940, *E. coli* diklasifikasikan lebih dari 70 serogrup khususnya berdasarkan

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



antigen O (Percival 2004). *E. coli* mempunyai antigen O, H dan K. Dewasa ini telah ditemukan 150 tipe antigen O, 90 tipe antigen K dan 50 tipe antigen H. Antigen K dibedakan lagi berdasarkan sifat-sifat fisiknya menjadi 3 tipe yaitu: L, A, dan B (Karsinah *et al.* 1994).

Bakteri ini diklasifikasikan sebagai mikroba normal pada manusia yang tidak berbahaya, yang terletak di bagian distal traktus intestinal. Bakteri ini sering menyebabkan diare pada hewan yang baru lahir baik melalui *fecal oral* dari induk maupun terpapar dari lingkungan. Namun kebanyakan strain *E. coli* tidak bersifat patogen. Dampak individu/ hewan yang terpapar *E. coli* adalah infeksi akut pada traktus urinari dan juga dapat menyebabkan sepsis. Selain itu dapat juga menjadi enteritis akut, *traveller's diare*, disentri, dan *colitis haemorrhagic* yang biasanya disebut sebagai diare berdarah (*blood diarrhea*). Derajat infeksi yang dibutuhkan untuk menghasilkan diare dan infeksi setiap strain adalah level 10^5-10^{10} untuk strain EPEC, 10^8-10^{10} untuk strain ETEC, dan 10^8 untuk strain EIEC. Jumlah ini tergantung dari umur, jenis kelamin, dan keasaman lambung (Percival 2004).

Faktor- faktor patogenitas menurut Karsinah *et al.* (1994):

1. Antigen permukaan

Terdapat dua jenis tipe fimbriae pada *E. coli* yaitu tipe *mannosa sensitif* (pili) dan tipe *mannosa resisten* (CFAs I dan II). Kedua fimbriae ini digunakan sebagai faktor kolonisasi (*Colonization factor*) yaitu perlekatan sel kuman pada jaringan inangnya.

2. Enterotoksin

Enterotoksin yang telah diisolasi dari *E. coli* ada dua yaitu toksin LT (*heat labil/termolabil*) dan ST (*heat stabil/ termostabil*). Kedua toksin ini diatur oleh plasmid yang mampu pindah dari satu sel kuman ke sel kuman lainnya. Terdapat dua macam plasmid yaitu 1 plasmid yang mengkode pembentukan toksin LT dan ST dan 1 plasmid lainnya mengatur pembentukan ST saja.



E. coli diklasifikasikan berdasarkan ciri khas sifat-sifat virulensinya dan setiap grup menimbulkan penyakit melalui mekanisme yang berbeda, antara lain:

Enterotoxigenic E. coli (ETEC)

ETEC menghasilkan satu atau dua jenis toksin protein yaitu *heat labil* (LT) dan *heat stabil* (ST). Faktor virulensi tambahan dari ETEC adalah *colonization factor* (CFA-I dan CFA-II). Faktor virulensi LT, ST, CFA-I serta CFA-II dikode oleh plasmid yang dapat dipindahkan (Karsinah *et al.* 1994).

Toksin LT bekerja merangsang enzim adenil siklase yang terdapat di dalam sel epitel mukosa usus halus, menyebabkan peningkatan aktivitas enzim tersebut dan terjadinya peningkatan permeabilitas sel epitel usus. Hal ini akan menyebabkan terjadinya akumulasi cairan di dalam usus dan berakhir dengan diare. Toksin ST bekerja dengan cara mengaktivasi enzim guanilat siklase yang menghasilkan siklik guanosis monofosfat, menyebabkan gangguan absorpsi klorida dan natrium dan menurunkan motilitas usus halus (Karsinah *et al.* 1994).

Patogenesis diare yang terjadi akibat ETEC meliputi terjadinya kolonisasi pada usus kecil dan produksi serta aksi enterotoksin yang bertanggung jawab dalam merusak keseimbangan pergerakan cairan dan elektrolit di dalam epitel usus. Kolonisasi pada usus kecil oleh ETEC tergantung pada pili. Pili berperan dalam penempelan yang spesifik oleh bakteri pada titik sel epitel. Pili K99 ditemukan pada ETEC dari serogrup 8, 9, 20, 64, dan 101. Produksi antigen K99 dimediasi oleh plasmid dan bergantung pada suhu. Strain dari O grup 101 menghasilkan K99 yang paling banyak dibandingkan dengan strain yang lain dari grup O (Gyles dan Charles 1993).

Enteropathogenic E. coli (EPEC)

Enteropathogenic E. coli menyebabkan diare yang berakhir pada kematian yang menyerang individu, dengan dosis infeksi berkisar antara 10^8 - 10^{10} organisme. Transmisi terjadi secara kontak langsung dari individu yang terinfeksi ke individu yang lain tanpa melalui air yang terkontaminasi. Strain ini terdiri dari beberapa serogrup yaitu O55 H6, NM, O86 H34, NM O111 H2, H12, NM O119

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



H6, NM O125ac H21, O126 H27, NM O128 H2, H12 O142 H6 (Percival 2004). Strain ini juga merupakan penyebab penyakit enteritis akibat diare perjalanan (*traveller's diarrhoea*). Onset penyakit berkisar antara 17-72 jam dengan durasi selama 6 jam sampai 3 hari. Terjadinya diare karena strain ini menyerang sel mukosa usus dengan menggunakan Tir (*translocated intimin reseptor*) sehingga terjadi perubahan struktur sel usus (Bell dan Kyriakides 1998). Perubahan pada ultrastruktur sel usus merupakan penyebab utama terjadinya diare (Gyles and Charles 1993).

Enteroinvasive E. coli (EIEC)

Pasien yang terinfeksi dengan EIEC ditandai dengan diare berair sampai berkembang menjadi diare berdarah. Dosis infeksi berkisar antara 10^6 - 10^{10} organisme. Masa inkubasi di dalam saluran pencernaan berkisar antara 1-3 hari, dengan durasi infeksi selama 1-2 minggu (Percival 2004). Strain ini menginvasi sel di kolon dan menyebar secara lateral dari satu sel ke sel yang lain. Gejala yang ditimbulkan hampir sama dengan *Shigella* yaitu diare profus (disentri), muntah, demam, sakit kepala, kelemahan otot dan kram (Bell dan Kyriakides 1998).

Enterohaemorrhagic E. coli (EHEC)

Jenis strain ini menghasilkan *shiga-like toxin* yang bersifat sitotoksik. Masa inkubasi berkisar antara 3-8 hari dengan durasi infeksi 1-12 hari. Strain ini juga menyebabkan dua kondisi yang berbeda yaitu *colitis haemorrhagic* dan *haemolytic uraemic syndrome (HUS)*. Kondisi HUS ditandai dengan terjadinya trombositopenia, mikroangiopati, anemia hemolitik dan gagal ginjal (Bell dan Kyriakides 1998).

Enteraggative E. coli (EAEC)

Strain ini menyebabkan diare berair yang tidak mengandung darah dan tidak diikuti dengan demam. Strain ini melekat di usus halus dan menghasilkan toksin (Bell dan Kyriakides 1998).

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Hak cipta dilindungi IPB Institut Pertanian Bogor Bogor Agricultural University



2.6. Enzyme-Linked Immunosorbent Assay (ELISA)

Menurut Tizard (1987), ELISA merupakan salah satu jenis uji primer. Uji jenis ini merupakan uji yang mengukur tanggap kebal humoral yang paling peka dibandingkan dengan uji yang lain. Beberapa kelebihan yang dimiliki oleh uji ini adalah *reagen* yang dipergunakan lebih tahan lama dan beragam, mulai dari uji yang paling sederhana hingga uji yang paling rumit (Voller dan Bidwell 1986), sangat sensitif dan tidak berbahaya sebab tidak menggunakan bahan radioaktif (Suwarno 2003).

Prinsip dasar ELISA adalah mengukur interaksi antara antigen dan antibodi. Ligan mengikat antibodi atau antigen yang akan dideteksi oleh antibodi yang telah dikonjugasi dengan enzim. Enzim akan menginduksi perubahan warna dari substratnya dan kemudian diukur oleh spektrofotometer (*reader*) secara otomatis. Substrat yang digunakan harus dipilih yang cocok dengan enzim untuk dikonjugasi. Kromogen yang terdapat dalam substrat merupakan indikator warna terjadinya reaksi enzim dengan substrat. Tingkat perubahan warna sebagai indikator reaksi enzim dengan substrat tersebut merupakan penanda konsentrasi antigen/ antibodi yang diukur (Murtini 2004).

ELISA merupakan salah satu uji serologis yang dapat dimanfaatkan dengan berbagai tujuan. Dalam diagnosis penyakit infeksi, ELISA dapat digunakan untuk mendeteksi adanya antigen dan antibodi. Uji inipun dapat digunakan untuk mendiagnosa penyakit non infeksi, evaluasi program vaksinasi, memonitor hormon, obat-obatan, antibiotik, toksin, pestisida, komponen serum, protein onkofetal, sitokin dan penyakit-penyakit autoimun. Penggunaan ELISA yang tepat akan menghasilkan pengujian yang sensitif, spesifik, prediktif, dan praktis untuk sampel yang banyak (Burgess 1995; Suwarno 2003).

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.