

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pedet

Pedet merupakan ternak *replacement stock*. Pemberian suplemen pada pedet prasapah pada awal laktasi diharapkan akan dapat mengendalikan penyebab terjadinya penurunan kemampuan induk dalam mencukupi kebutuhan *nutrient* untuk pedetnya. Pedet harus mendapatkan perhatian khusus dari para peternak, mengingat tingkat kematian dan daya tahan tubuhnya terhadap penyakit (Luthfi dan Affandhy, 2013). Tingkat kematian pedet pada peternakan rakyat masih cukup tinggi, yaitu berkisar antara 7-27% (Utomo *et al.*, 2006 dalam Luthfi dan Affandhy, 2013).

Pedet dan sapi dara yang mengalami pertumbuhan secara optimal diharapkan akan mampu menjadi ternak dengan produktivitas optimal (Luthfi dan Affandhy, 2013). Pedet baru lahir, rumen steril dan tidak terdapat bakteri, memiliki sedikit aktivitas otot, dan juga memiliki sedikit fungsi rumen (Beharka *et al.*, 1998; Quigley, 2001a dalam Mukodiningsih *et al.*, 2010). Jika pedet diberi makan susu, hay, dan biji-bijian dari segera setelah lahir, kontraksi rumen yang normal dapat diukur sedini usia 3 minggu (Quigley, 2001a dalam Mukodiningsih *et al.*, 2010).

2.2. Pelet *Calf Starter*

Calf starter ransum merupakan campuran dari biji-bijian, protein pakan, mineral, vitamin, dan antibiotik (Ahmad *et al.*, 2004). Susu sebagai pakan cair

jika diminum oleh pedet, langsung masuk ke abomasum melalui *oesophagial groove*. Jika pakan *starter* yang dimakan, pakan masuk ke dalam retikulo rumen yang bermanfaat untuk merangsang perkembangannya yang terjadi optimal pada umur 2-6 minggu (Cunningham, 1995).

Pelet dikenal sebagai bentuk massa dari bahan pakan atau ransum yang dipadatkan sedemikian rupa dengan cara menekan melalui lubang cetakan secara mekanis (Hartadi *et al.*, 1990). Pakan diberikan kepada ternak dalam bentuk komplit (*complete feed*), karena dinilai sangat efektif, apalagi pakan tersebut dikemas dalam bentuk pelet. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa pakan komplit berbentuk pelet lebih *acceptable* (bisa diterima) bagi ternak, disamping pemberiannya relatif lebih mudah dan tidak pecah (Tjokroadikoesoemo, 1989). Mutu pelet (kekerasan dan daya tahan) diketahui terutama dipengaruhi oleh karakteristik bahan (Thomas *et al.*, 1998; Cavalcanti dan Behnke, 2005). Kekerasan berkisar 4,5 kg/cm², daya tahan lebih tinggi dari 90%, dan batas diameter mutu pelet yang baik adalah 5 mm (Parker, 1988).

2.3. Limbah Kubis Terfermentasi

Fermentasi spontan adalah fermentasi makanan dengan mikroba yang berperan aktif dalam fermentasi berkembang biak secara spontan, karena lingkungan hidupnya dibuat sesuai untuk pertumbuhannya (Buckle *et al.*, 2004). Kubis sebagai suatu komoditi dapat diawetkan dalam keadaan alami untuk waktu yang pendek (tiga atau empat bulan) atau dapat dilakukan dengan fermentasi bakterial, yang dikendalikan dengan garam. Selama fermentasi, asam yang

terbentuk bertindak sebagai suatu pengawet selain untuk mengembangkan suatu cita-rasa yang dikehendaki.

Sauerkraut adalah istilah dalam bahasa Jerman yang menyatakan rajangan kubis bergaram yang difermentasi di Eropa Barat, asinan ini sudah populer selama berabad-abad. Fermentasi selesai dalam waktu paling sedikit satu minggu. Faktor yang berpengaruh pada fermentasi asinan adalah kadar garam, suhu fermentasi, jenis dan mutu kubis, serta kondisi sanitasi dimana fermentasi yang diinginkan dilaksanakan (Desrosier, 2008). Bahan makanan hasil fermentasi *sauerkraut* (sayur asin kubis) berasal dari bahan irisan kubis, mikroorganisme yang berperan pada tahap awal *Enterobacter cloacae* dan *Erwinia herbicola*, tahap intermediat *Leuconostoc mesenteroides*, kemudian tahap akhir *Lactobacillus plantarum* (Pelczar dan Chan, 2008).

Bakteri asam laktat (BAL) yang berperan dalam fermentasi pada sayuran adalah *Lactobacillus plantarum* (Bacus, 1984). Hampir semua sayuran dapat mengalami fermentasi bertipe asam laktat, yang biasanya dilakukan oleh berbagai jenis *Streptococcus*, *Leuconostoc*, *Lactobacillus*, dan *Pediococcus*. Organisme ini mengubah gula yang terdapat pada sayuran menjadi asam laktat, yang membatasi pertumbuhan organisme lain (Volk dan Wheeler, 1992).

2.4. Probiotik

Probiotik adalah mikroorganisme hidup yang dimasukkan ke dalam saluran pencernaan. Probiotik dan *yeast* (ragi) digunakan untuk merangsang pertumbuhan bakteri yang bermanfaat atau menghambat bakteri patogen. Probiotik yang umum dipakai adalah *Lactobacillus sp.*, *Bacillus subtilis* (lebih

stabil dalam pakan), dan *Streptococcus sp.*. Mekanisme kerja probiotik sebagai berikut, yaitu mengubah populasi bakteri dengan mengurangi populasi bakteri *E. coli*, memproduksi laktat yang mengubah pH usus, memproduksi senyawa mirip antibiotik, dan mengurangi pelepasan toksin (karena populasi *E. coli* dihambat) (Suci dan Hermana, 2012). Bakteri yang umum digunakan sebagai probiotik, yaitu *Lactobacillus* dan *Bifidobacteria*, kedua jenis bakteri ini dapat mempengaruhi peningkatan kesehatan, karena dapat menstimulasi respon imun dan menghambat patogen (Saarela *et al.*, 2000). Limbah kubis merupakan tempat hidupnya bakteri *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus delbrueckii*, *Lactobacillus fermentum*, dan *Lactobacillus brevis* (Schlegel, 1994). Produksi kubis di Indonesia pada tahun 2011 sebesar 1.363.741 ton (Badan Pusat Statistik, 2011).

Pemakaian antibiotik pada ternak banyak diterapkan untuk pencegahan atau pengobatan terhadap penyakit, antibiotik juga umum dipakai untuk pakan imbuhan sebagai pemacu tumbuh untuk meningkatkan kinerja ternak. Mulai 1 Januari 2006, Uni Eropa memutuskan untuk melarang penggunaan antibiotik sebagai pakan imbuhan (Simon, 2005). Produk alternatif pemacu tumbuh yang dapat digunakan sebagai pengganti antibiotik pada ternak. Bahan alternatif tersebut, yaitu probiotik, prebiotik, asam organik, asam lemak, enzim, mineral organik, dan pengikat racun (*toxin binder*) (Haryati, 2011).

2.5. Penyimpanan Pakan

Penyimpanan bahan baku pakan ataupun pakan merupakan suatu faktor yang sangat diperlukan untuk menjamin mutu bahan baku pakan ataupun pakan tetap baik. Bahan pakan dan pakan harus disimpan di suatu tempat yang memiliki

kelembapan dan kesejukan yang cukup, sehingga pakan tidak mudah ditumbuhi jamur, serta menurunkan mutunya. Penyimpanan biasanya menggunakan suatu ruangan, yang biasa disebut gudang. Penyimpanan tersebut bertujuan untuk menghindari bahan pakan atau pakan dari tiga kerusakan, yaitu kerusakan fisik, kimiawi, dan biologis. Kerusakan kimiawi, karena proses ketengikan lemak yang terkandung di dalam bahan baku pakan akan merusak lemak dan vitamin yang larut dalam lemak. Kerusakan biologis, karena adanya serangga, tikus, jamur, dan mikroorganisme lainnya pada bahan baku pakan atau pakan. Misalnya, adanya tikus dapat mengontaminasi bahan baku pakan atau pakan, karena urin dan fesesnya (Suci dan Hermana, 2012).

Hal – hal yang menjadi kendala dalam penyimpanan bahan baku pakan adalah terjadinya perubahan fisik dan kimia, yang sangat mempengaruhi mutu nutritif konsentrat. Perubahan – perubahan tersebut antara lain protein. Pada umumnya kadar protein kasar relatif konstan selama penyimpanan. Aktivitas enzim proteolitik berjalan lambat dalam menghidrolisis protein menjadi polipeptida sederhana dan asam – asam amino. Sehingga, belum dapat terdeteksi secara nyata selama proses penyimpanan. Akan tetapi, akibat pengaruh enzim proteolitik, protein akan mengalami kerusakan lebih – lebih, bila disimpan dalam kondisi kadar air tinggi (Daryatmo, 2002).

Bahaya mikroorganisme terdapat secara nyata sehubungan dengan bahan pengemas, karena beberapa bahan mungkin tercemar oleh mikroorganisme. Kondisi penyimpanan harus sedemikian rupa, sehingga dapat menekan kemungkinan tersebut serendah mungkin. Dalam beberapa hal, sangat diperlukan jaminan, bahwa wadah telah disterilkan sebelum digunakan (Supardi dan

Sukamto, 1999a). Pengemasan berfungsi untuk mempermudah penyaluran bahan baku pakan yang dimulai dari penanganan, penyimpanan, sampai pengangkutan dan menghindari terjadinya tumpahan yang tidak diinginkan. Jenis kemasan yang digunakan juga harus memenuhi syarat, seperti tidak mudah rusak, kuat dalam jangka waktu yang lama, serta mudah diperoleh. Untuk mengemas bahan pakan atau pakan dapat menggunakan karung plastik atau karung goni (Suci dan Hermana, 2012).

2.6. Uji Mutu Pakan

Fungsi dari pengawasan mutu, yaitu untuk menunjukkan kelemahan-kelemahan supaya dapat diperbaiki, dan menjaga agar jangan sampai terulang lagi. Uji mutu dapat dilakukan melalui dua tahap, yaitu saat bahan baku datang, dan saat produk jadi, yang digunakan sebagai parameter mutu bahan baku dan produk pada industri pakan. Pemeriksaan secara fisik dilakukan dengan uji organoleptik yang meliputi uji warna, rasa, bau, dan tekstur serta tingkat kontaminasi. Pengujian kimiawi dilakukan dengan cara menganalisis bahan pakan tersebut di Laboratorium untuk mengetahui kandungannya melalui analisis proksimat, sedangkan pengujian secara biologis dengan cara menggunakan ternak percobaan (Kartadisastra, 1997).

Uji mutu pakan *pellet* CCS (*Complete Calf Starter*), dilihat secara fisik, kimia, dan biologi. Uji pakan secara fisik bertujuan untuk mengetahui daya tahan pakan *pellet*. Uji fisik dapat dilakukan dengan melihat kekerasan dan daya durabilitas *pellet*. Uji pakan secara kimia bertujuan untuk mengetahui kandungan nutrisi pada pakan yang telah dibuat pakan sesuai dengan formula pakan yang

disusun meliputi analisis proksimat dan *Van soest*. Uji pakan secara biologis dilakukan untuk mengetahui beberapa parameter biologis yang sangat diperlukan (performa pedet, perkembangan rumen dengan indikator mikroba, VFA, dan NH_3) (Thomas *et al.*, 1998).

2.6.1. Produksi Protein

Fermentasi tidak spontan terjadi pada makanan yang pada proses pembuatannya ditambahkan mikroba dalam bentuk *starter* dimana mikroba berkembang biak dan aktif mengubah bahan-bahan yang difermentasi menjadi produk yang diinginkan seperti *flavour* yang baik, bentuk yang bagus, dan tekstur bahan makanan yang lebih baik dari bahan makanan yang tidak difermentasi (Prasetya, 1985).

Sesudah kelahiran, pengaruh besar tubuh sangat bergantung kepada keadaan makanan yang diberikan kepadanya (Salisbury dan Van Demark, 1985). Kebutuhan pakan pedet bergantung antara lain umur, bobot badan, dan pertambahan bobot badan (Rahmanto, 2009). Pakan dengan kandungan protein yang cukup dapat berfungsi memperbaiki jaringan, pertumbuhan jaringan baru, metabolisme untuk energi, dan merupakan penyusun hormon (Anggorodi, 1994). Protein merupakan salah satu nutrisi yang dibutuhkan ternak untuk hidup pokok, pertumbuhan, dan produksi (Tillman *et al.*, 1991).

Pemberian protein pakan di dalam rumen akan mengalami : (1) *di by pass* langsung masuk ke abomasum berupa protein kemudian dicerna di usus halus selanjutnya dihasilkan asam amino. Asam amino tersebut diserap dan dibawa darah menuju ke hati; (2) didegradasi mikroba rumen menghasilkan NH_3 yang

dibutuhkan untuk sintesis protein tubuhnya. Mikroba masuk ke usus halus menjadi sumber protein bagi ternak, selanjutnya akan dicerna dan diserap oleh usus halus dan dibawa dalam peredaran darah menuju ke hati. Amonia rumen yang masih ada dibawa ke hati untuk diubah menjadi urea dan dibuang melalui urin. Asam amino hasil pencernaan protein di dalam darah merupakan sumber nitrogen yang digunakan dalam proses metabolisme tubuh, salah satunya untuk sintesis protein kolostrum di dalam sel epitel ambing. Peningkatan protein di dalam ransum yang didukung dengan pencernaan protein yang tinggi akan meningkatkan asam amino yang terserap oleh usus halus dan dibawa darah menuju ke hati selanjutnya dibawa darah menuju ke sel epitel ambing.

Level protein ransum yang meningkat akan meningkatkan pencernaan protein ransum sehingga total asam amino darah juga meningkat. Asam amino selanjutnya diedarkan ke seluruh tubuh, salah satunya ke sel epitel kelenjar ambing untuk sintesis protein kolostrum. Jika energi ransum tidak cukup sebagian asam amino akan mengalami glukoneogenesis dan diubah menjadi glukosa sebagai sumber energi dengan membebaskan NH_3 . NH_3 ini kemudian di hati diubah menjadi urea selanjutnya masuk peredaran darah (Yusuf, 2014).

Protein yang dikonsumsi ruminansia akan mengalami 2 kemungkinan, yaitu protein pakan yang lolos degradasi rumen dan protein mikroba di rumen (Orskov, 1992).

Nilai protein total adalah nilai protein yang tersedia di organ pencernaan pasca rumen, yang terdiri dari protein pakan lolos degradasi rumen dan protein mikroba yang disintesis di rumen. Protein yang tahan degradasi rumen langsung masuk ke abomasum dan usus. Protein total penting untuk diketahui, karena nilai

tersebut mencerminkan besar protein pakan yang lolos dari degradasi mikroba rumen, serta besar konsentrasi protein mikroba yang ada dalam organ pencernaan pasca rumen (Sutardi, 1978).

Amonia yang dibebaskan dalam rumen sebagian besar (82%) dimanfaatkan mikroba rumen untuk mensintesis protein tubuhnya (Arora, 1989). Protein yang tahan degradasi mikroba rumen akan dibawa ke dalam abomasum dan usus halus untuk dicerna dan diserap, serta digunakan untuk sintesis protein tubuh yang berasal dari 2 komponen, yaitu protein mikroba dan protein pakan yang lolos dari degradasi di dalam rumen, sedangkan amonia (NH_3) sebagian digunakan oleh mikroba untuk membentuk protein tubuhnya dan sebagian lagi dibawa ke hati melalui pembuluh darah, selanjutnya amonia diubah menjadi urea (Soebarinoto *et al.*, 1991).

Dalam pemilihan sumber protein bagi ruminansia sekurang – kurangnya harus didasarkan pada tiga hal, yaitu protein itu sanggup mendukung pertumbuhan mikroba secara maksimal, tahan terhadap degradasi dalam rumen, dan bernilai hayati tinggi (Sutardi, 1978).

Pencernaan merupakan perubahan fisik dan kimia yang dialami oleh bahan makanan dalam organ pencernaan. Perubahan tersebut dapat berupa penghalusan makanan menjadi butir-butir atau partikel kecil atau penguraian molekul besar menjadi molekul kecil. Pengertian pencernaan dimulai dengan penempatan makanan di dalam mulut di mana terdapat pemamahan atau pelumatan dengan pengunyahan. Proses pencernaan di mulut ini relatif singkat, karena makanan tidak lama berada dalam rongga mulut. Organ esofagus ini menghubungkan faring dengan retikulum. Bolus bahan makanan yang dibentuk dalam rongga mulut dapat

berjalan melalui esofagus disebabkan karena adanya gerakan peristaltik dari otot esofagus, serta adanya tekanan gaya gravitasi bumi. Gerakan peristaltik tersebut terjadi setelah proses penelanan bolus bahan makanan (peristaltik primer) serta akibat rangsangan bolus-bolus itu sendiri terhadap otot esofagus dalam perjalanannya menuju retikulum-rumen (peristaltik sekunder). Gerakan peristaltik ini dapat berjalan kedua arah, yaitu arah retikulum dan arah rongga mulut (Parakkasi, 1983 dalam Partama, 2013).

Ternak ruminansia mempunyai lambung majemuk yang terdiri atas retikulum, rumen, omasum, dan abomasum. Proses fermentasi yang intensif dan dalam kapasitas besar terjadi di retikulum dengan bantuan mikroba rumen (Satter dan Roffler, 1981).

Mikroba yang ada dalam retikulum ini mampu mengeluarkan enzim pendegradasi pakan serat, yaitu kompleks enzim selulase (endo- β -D-1,4-glukanase; aviselase; eksoglukanase; dan β -D-1,4-glukosidase); dan enzim hemiselulase (endo-1,4- β -xilanase dan β -D-1,4-mannanase) (Purwadaria *et al.*, 2003; 2004 dalam Partama, 2013).

Makanan yang dimakan, setelah melewati esofagus, selanjutnya masuk ke dalam retikulum, kemudian rumen, dan omasum (Partama, 2013). Retikulum, rumen, dan omasum secara bersama-sama disebut perut depan (*forestomach* atau *proventriculus*). Pada ketiga organ pencernaan ini (retikulum, kemudian rumen, dan omasum) terjadi proses fermentasi oleh mikroba rumen, setelah itu masuk ke dalam abomasum (proses fermentasi terhenti karena pH abomasum sangat rendah). Dari abomasum, digesta selanjutnya masuk usus kecil, kemudian sekum,

dan kolon, terakhir masuk ke dalam rektum dan kloaka (Frandsen, 1992 dalam Partama, 2013).

Rumen merupakan ekosistem kompleks yang dihuni oleh beberapa mikroba yang sebagian besar berupa bakteri, protozoa, dan fungi yang berperan penting dalam pencernaan makanan (Preston dan Leng, 1987 dalam Partama, 2013).

Aktivitas mikroba rumen dipengaruhi kadar protein kasar, karbohidrat mudah larut, dan kadar mineral dalam ransum. Abomasum merupakan tempat pertama terjadinya pencernaan pakan secara kimiawi, karena adanya sekresi getah lambung (Arora, 1995 dalam Partama, 2013).

Abomasum, usus halus (*duodenum*, *jejenum*, dan *ileum*), usus besar (*caecum* dan *colon*), dan rektum adalah saluran pencernaan bagian belakang (Frandsen, 1992 dalam Partama, 2013).

Usus halus berfungsi mengatur laju aliran ingesta ke dalam usus besar dengan gerakan peristaltik. Dengan bantuan getah pankreas, getah usus, dan getah empedu, nutrisi hasil akhir fermentasi mikroba diubah menjadi monomer yang cocok diabsorpsi (Arora, 1995 dalam Partama, 2013). Saluran pencernaan yang berfungsi sebagai tempat penyerapan sebagian besar nutrisi adalah usus halus. Usus besar adalah organ terakhir dari saluran pencernaan ternak ruminansia. *Colon* berfungsi sebagai tempat penyerapan air, elektrolit, dan VFA yang berasal dari *ileum* dan *caecum*. Di dalam usus besar, terjadi sedikit proses fermentasi yang menghasilkan VFA dan amonia, di mana hanya 10% dari total VFA yang ada digunakan oleh ternak (Egan, 1980 dalam Partama, 2013). Protein mikroba yang

dihasilkan tidak dapat dimanfaatkan oleh ternak (Leng *et al.*, 1977 dalam Partama, 2013).

Dalam mencerna pakan, ternak ruminansia dibantu oleh mikroba di dalam rumennya. Beberapa peneliti mendapatkan bahwa aktivitas enzimatik mikroba rumen dapat dihilangkan melalui pemberian ransum yang kaya kandungan karbohidrat dan protein yang mudah didegradasi oleh mikroba rumen (Tillman *et al.*, 1998 dalam Partama, 2013).

2.6.2. Bakteri *Escherichia coli*

Coliform merupakan suatu grup bakteri yang digunakan sebagai indikator adanya polusi kotoran dan kondisi sanitasi yang tidak baik terhadap air, makanan, susu, dan produk – produk susu. Adanya bakteri *coliform* di dalam makanan atau minuman menunjukkan kemungkinan adanya mikroorganisme yang bersifat enteropatogenik dan / atau toksigenik yang berbahaya bagi kesehatan.

Bakteri *coliform* dapat dibedakan atas dua grup, yaitu : 1. *coliform* fekal, misalnya *Escherichia coli*, dan 2. *coliform* non-fekal, misalnya *Enterobacter aerogenes*. *E. coli* merupakan bakteri yang berasal dari kotoran hewan maupun manusia, sedangkan *E. aerogenes* biasanya ditemukan pada hewan atau tanaman – tanaman yang telah mati.

Keracunan makanan yang disebabkan oleh *E. coli* enteropatogenik (disebut EPEC) biasanya disebabkan oleh konsumsi air atau makanan yang terkontaminasi oleh *E.coli* penyebab enteritis (Fardiaz, 1993). Enteritis adalah radang usus pada manusia atau penyakit hewan dengan gejala radang pada usus (Rais, 2012). EPEC berbeda dari *E. coli* yang secara normal terdapat di dalam

usus besar. EPEC mempunyai antigen spesifik tertentu, dan menyebabkan gastroenteritis akut atau enteritis, seperti disentri pada manusia. Yang tergolong EPEC termasuk *E. coli* yang bersifat invasif, atau disebut EIEC (*enteroinvasif E. coli*), dan *E. coli* enterotoksigenik, yang disebut juga ETEC. EIEC dapat menembus sel – sel saluran pencernaan, seperti halnya *Shigella*, sedangkan ETEC memproduksi enterotoksin yang sifat – sifatnya menyerupai toksin kolera (Fardiaz, 1993). Kolera adalah penyakit perut yang disertai dengan buang – buang air dan muntah – muntah (Rais, 2012).

E. coli adalah suatu bakteri gram negatif berbentuk batang, bersifat anaerobik fakultatif, dan mempunyai flagela peritrikat. *E. coli* dibedakan atas sifat serologinya berdasarkan antigen O (somatik), K (kapsul), dan H (flagela) (Fardiaz, 1993).

Beberapa bakteri lain yang juga dianggap sebagai penyebab perjangkitan peracunan makanan, meliputi *Bacillus cereus*, galur – galur tertentu *Escherichia coli*, dan *Proteus spp.*. Namun demikian, bila isolat laboratoris itu adalah anggota mikrobiota usus yang normal, sulit sekali membuktikan bahwa organisme itu merupakan penyebabnya (Pelczar dan Chan, 2008).

Kokus anaerobik gram negatif, kelompok bakteri ini memperlihatkan banyak keragaman dalam hal ukuran. Diameter sel untuk berbagai spesies berkisar antara 0,3 sampai 2,5 μm . Dianggap sebagai parasit pada manusia dan hewan, di situ terdapat dalam jumlah besar pada saluran – saluran pernafasan dan pencernaan makanan. Penetapan spesies di dalam kelompok ini terutama didasarkan pada ciri – ciri biokimiawi biakan. Bakteri – bakteri ini tidak dianggap sebagai patogen. Ciri – ciri terpilih, yaitu 1. morfologi sel : sangat kecil (0,3 – 0,5

µm) sampai sel – sel bulat yang lebih besar (2,5 µm) berpasangan, dalam massa, atau rantai, 2. nonmotil, 3. anaerobik, 4. ciri – ciri biokimiawi : merombak karbohidrat dan asam – asam lemak, 5. habitat : saluran pernafasan dan saluran pencernaan manusia dan hewan, dan 6. parasitik.

Salah satu spesies bakteri yang diteliti secara teramat luas ialah *Escherichia coli*, anggota kelompok ini. Bakteri ini, karena merupakan penghuni normal dalam saluran pencernaan manusia dan hewan, maka digunakan secara luas sebagai indikator pencemaran (Pelczar dan Chan, 1986). Kelompok *Enterobacteriaceae*, seperti *Escherichia coli*, *Salmonella*, dan *Shigella* merupakan penghuni usus ("enteron") (Schlegel, 1994).

Mikroorganisme yang menyebabkan *gastroenteritis* (peradangan di perut dan usus) akut dipindahsebarakan lewat makanan tercemar yang dimakan, tidak menjadi terifeksi atau keracunan, entah karena mikroorganisme yang mencemari makanan tersebut tidak berbahaya, atau karena jumlah mikroorganismenya sedikit (Pelczar dan Chan, 2008). Batas cemaran mikroba *Escherichia coli* dalam konsentrat adalah maksimal 5×10^1 CFU/g (Standar Nasional Indonesia, 2009).

Escherichia coli tumbuh pada kisaran suhu 10 – 40°C dengan suhu optimum 37°C, pH optimum 7,0 – 7,5 dengan kisaran pH minimum 4,0 dan maksimum 9,0 (Supardi dan Sukamto, 1999b).

2.6.3. Bakteri *Lactobacillus* sp.

Bakteri asam laktat (BAL) yang berperan dalam fermentasi pada sayuran adalah *Lactobacillus plantarum* (Bacus, 1984). Bakteri asam laktat merupakan antimikroba yang dapat menghambat mikroorganisme patogen terutama gram

negatif, seperti *Salmonella enteritica*, *E. coli*, serta perusak makanan (Ganzle *et al.*, 2000), melalui hidrogen peroksida yang dihasilkan bakteri asam laktat (Jaroni dan Brashears, 2000).

Bifidobacterium bifidum dan *Lactobacillus acidophilus* memproduksi antibiotik dan asam organik (seperti asam laktat dan asam asetat) yang mampu menghambat pertumbuhan bakteri gram negatif. Adanya produksi asam organik, seperti asam asetat, asam laktat, dan asam formiat oleh *Bifidobacterium* dapat menurunkan pH, sehingga pertumbuhan *Coliform* dan organisme patogen lainnya dapat dihambat. *Lactobacillus acidophilus* merupakan probiotik, karena kehadirannya turut menjaga populasi bakteri sehat di dalam tubuh (Hekmat dan Mc.Mahon, 1992).

Bakteri asam laktat adalah bakteri yang melakukan penguraian glukosa atau karbohidrat menghasilkan asam laktat yang akan menurunkan pH, serta menimbulkan rasa asam.

Pada bakteri ini dikenal dua golongan, yaitu mikroba homofermentatif dan mikroba heterofermentatif. Golongan homofermentatif dalam proses fermentasi hanya menghasilkan asam laktat sebagai hasil akhir, sedangkan yang heterofermentatif selain menghasilkan asam laktat juga menghasilkan CO₂, sedikit asam – asam organik lainnya, alkohol, dan ester. Contoh bakteri – bakteri asam laktat : a). *Streptococcus thermophilus*, *S. lactis*, *S. cremoria*, semuanya adalah gram positif, bentuk kokus berantai dan bernilai ekonomis tinggi dalam industri susu, b). *Pediococcus cerevisiae*, gram positif, bentuk koki berpasangan, selain bernilai ekonomis dalam pembuatan bir, juga memiliki peranan dalam fermentasi daging dan sayur – sayuran, c). *Leuconostoc mesenteroides*, *L. dextranicum*,

golongan ini bersifat osmofilik, menyebabkan kerusakan pada bahan pangan yang mengandung gula. Walaupun demikian, golongan ini diperlukan juga guna memulai fermentasi sayuran, sari buah – buahan, anggur, dan bahan pangan yang lain, dan d). *Lactobacillus lactis*, *L. acidophilus*, *L. bulgaricus*, *L. plantarum*, *L. delbruekii*, seperti ini adalah golongan yang menghasilkan asam lebih dari spesies *Pediococcus* dan *Streptococcus*, dan karena itu menjadi lebih dominan pada tahap akhir dari fermentasi asam laktat. Spesies ini penting juga dalam fermentasi susu dan sayur – sayuran.

Proses fermentasi sayur asin dimulai oleh bakteri *Leuconostoc mersenteroides*, lalu diteruskan oleh spesies yang lebih tahan terhadap keadaan yang lebih asam, seperti *Lactobacillus brevis*, *Lactobacillus plantarum*, dan *Pediococcus cerevisiae*.

Suhu mempengaruhi kecepatan fermentasi, perkembangbiakan setiap spesies dan mutu hasil akhir. Suhu antara 25 – 30°C merupakan suhu optimal untuk memperoleh mutu yang baik dari hasil fermentasi, dimana fermentasi sempurna dicapai setelah 2 – 3 minggu. Suhu di atas 30°C akan mendorong pertumbuhan spesies bakteri homofermentatif *Pediococcus cerevisiae* dan *Lactobacillus plantarum*, yang menyebabkan produk akhir tidak berbau dan terlalu asam. Mutu sayur asin yang difermentasikan pada suhu 25°C atau kurang umumnya lebih baik flavor dan warnanya, sebab bakteri asam laktat heterofermentatif bekerja lebih giat. Suhu yang lebih rendah meningkatkan waktu proses fermentasi yang biasanya dapat mencapai 1 tahun (Muchtadi dan Sugiyono, 2014).