

## BAB II

### KAJIAN PUSTAKA

#### 2.1 Deskripsi dan Karakteristik Markisa Ungu

Markisa adalah tumbuhan yang berasal dari luar negeri, tergolong ke dalam tanaman genus *Passiflora*, berasal dari daerah tropis dan sub tropis di Amerika. Nama lain yang dikenal untuk buah ini diantaranya *maracujá* (Portugis), *maracuyá* (Spanyol), *Passion Fruit* (Inggris), *Granadilla* (Amerika Selatan dan Afrika Selatan), *Pasiflora* (Israel), dan Lạc tiên, Chanh dây atau Chanh leo (Vietnam) (Hamuq, 2011). Di negara asalnya (Brasil) markisa tumbuh liar dihutan-hutan basah yang mempunyai ratusan spesies (Fianti, 2011).

Markisa asam, atau yang biasa disebut dengan markisa ungu ini memiliki beberapa nama yang umum dipakai, seperti *granadilla* atau *passion fruit* (Inggris), markisa atau rambusa (Indonesia), dan termasuk ke dalam famili *Passifloraceae*, dimana genus *Passiflora* adalah yang paling mendominasi (Karsinah, 2010). Tanaman ini merupakan salah satu dari sekitar 400 jenis tanaman dari genus *Passiflora*. Buah ini memiliki ciri-ciri berbentuk bulat sampai oval, buah muda berwarna hijau, buah tua (masak) berwarna ungu berbintik-bintik putih, dengan kulit buah agak tebal dan keras, memiliki diameter 5-7 cm, dan rasa buah asam manis dengan sari buah berwarna kuning dan beraroma wangi.

Allah berfirman dalam surat Al-An'am ayat 99:

وَهُوَ الَّذِي أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَخْرَجْنَا بِهِ نَبَاتَ كُلِّ شَيْءٍ فَأَخْرَجْنَا مِنْهُ خَضِرًا  
مُخْرَجٌ مِنْهُ حَبًّا مُتَرَاكِبًا وَمِنَ النَّخْلِ مِنَ النَّخْلِ مِنْ طَلْعِهَا قِنْوَانٌ دَانِيَةٌ وَجَنَّاتٍ مِّنْ أَعْنَابٍ

وَالزَّيْتُونَ وَالرَّمَانَ مُشْتَبِهًا وَغَيْرَ مُتَشَبِهٍ ۗ انظُرُوا إِلَى ثَمَرِهِ إِذَا أَثْمَرَ وَيَنْعِهِ ۗ إِنَّ فِي

ذَٰلِكُمْ لَآيَاتٍ لِّقَوْمٍ يُؤْمِنُونَ ﴿٩٩﴾

“dan Dialah (Allah) yang menurunkan air hujan dari langit, lalu Kami tumbuhkan dengan air itu segala macam tumbuh-tumbuhan. Maka Kami keluarkan dari tumbuh-tumbuhan itu tanaman yang menghijau. Kami keluarkan dari tanaman yang menghijau itu butir yang banyak; dan dari mayang korma mengurai tangkai-tangkai yang menjulai, dan kebun-kebun anggur, dan (kami keluarkan pula) zaitun dan delima yang serupa dan yang tidak serupa. perhatikanlah buahnya di waktu pohonnya berbuah dan (perhatikan pulalah) kematangannya. Sesungguhnya pada yang demikian itu ada tanda-tanda (kekuasaan Allah) bagi orang-orang yang beriman.” (QS. Al An’am [6]: 99).

Tanda-tanda kekuasaan Allah selalu ada bagi orang yang beriman kepada-Nya. Allah menurunkan air hujan dari langit untuk kemudian ditumbuhkannya segala macam tumbuh-tumbuhan yang bermanfaat bagi makhluknya, khususnya manusia, karena manusia dimuliakan Allah dengan memberikannya akal untuk berfikir. Maksud dari firman Allah “dan (kami keluarkan pula) zaitun dan delima yang serupa dan yang tidak serupa”, diantaranya adalah buah markisa, dimana buahnya sekilas menyerupai buah delima di bagian luarnya, dan isi buahnya yang berupa pulp markisa yang juga menyerupai isi buah delima. Pun demikian dengan lanjutan ayat tersebut, “perhatikanlah buahnya di waktu pohonnya berbuah dan (perhatikan pulalah) kematangannya”. Buah markisa, seperti yang telah dijelaskan oleh Karsinah (2010), berwarna hijau saat masih muda dan berwarna merah keunguan atau kuning saat sudah masak. Dan sesungguhnya pada yang demikian itulah terdapat tanda-tanda (kekuasaan Allah) bagi orang-orang yang beriman.

Tanaman markisa dapat berbunga sepanjang tahun, tetapi musim bunga yang utama adalah bulan Agustus-Oktober dan panen raya pada bulan November-

Januari (Sunarjono,1998). Markisa asam di Indonesia yang sudah dibudidayakan secara komersial adalah markisa ungu, yang ditanamkan di daerah dataran tinggi. Daerah penghasil markisa ungu masih terpusat di beberapa Kabupaten di Propinsi Sumatera Utara dan Sulawesi Selatan (Karsinah, 2010). Rukmana (2003) mengatakan bahwa markisa ungu dapat tumbuh di daerah tropis baik di dataran tinggi maupun di dataran rendah. Tanaman markisa ungu telah berkembang di Australia hingga ke daerah pesisir Queensland sebelum tahun 1900 dan sampai sekarang telah memasok hingga 70% kebutuhan markisa dunia. Sementara itu, Dwiragupti (1999) mengatakan bahwa markisa jenis ini di Indonesia hanya diusahakan secara intensif di daerah dataran tinggi, yaitu di Kabupaten Gowa (Sulawesi Selatan) dan Kabupaten Karo (Sumatera Utara).



Gambar 2.1 Markisa Ungu (*Passiflora edulis* var. Sims)  
Sumber: Data Primer Hasil Penelitian, 2014

Buah markisa atau *passion fruit* dihasilkan oleh tanaman dari famili *Passifloraceae*, yang berupa tanaman merambat atau menjalar hingga 20 meter dan bersifat menahun. Terdapat lebih dari 400 spesies *Passiflora*, *Passiflora edulis* merupakan spesies yang paling banyak dibudidayakan. Dari spesies *Passiflora edulis*, terdapat dua varietas markisa yaitu markisa ungu (*Passiflora*

*edulis* L.) dan markisa kuning (*Passiflora edulis* var. *flavicarpa*) (Samson, 1986; Morton, 1987; Nasakone and Paull, 1998; Lancashire, 2004).

Klasifikasi markisa ungu (*Passiflora edulis* var. Sims) adalah sebagai berikut:

Kingdom: Plantae

Subkingdom: Tracheobionta

Super Divisi: Spermatophyta

Divisi: Magnoliophyta

Kelas: Magnoliopsida

Sub Kelas: Dilleniidae

Ordo: Violales

Famili: Passifloraceae

Genus: *Passiflora*

Spesies: *Passiflora edulis* Sims

Sumber: [www.plantamor.com](http://www.plantamor.com), 2014

Buah markisa mempunyai keunggulan-keunggulan antara lain: memiliki rasa spesifik yang sangat kuat (Nasakone and Paull, 1998) sehingga dapat memberikan citarasa yang khas terhadap produk olahannya.

Markisa banyak jenisnya, namun empat jenis markisa yang banyak dibudidayakan di Indonesia, adalah (Fianti, 2011) :

1. Markisa Ungu (*Passiflora edulis* var. *edulis*)
2. Markisa Konyal (*Passiflora lingularis*)
3. Markisa Kuning (*Passiflora edulis* var. *flavicarpa*)
4. Markisa Erbis (*Passiflora quadrangularis*)

Spesies *Passiflora edulis* adalah spesies yang memiliki ciri-ciri spesifik markisa dari beberapa spesies yang terdapat dalam famili Passifloraceae. Karsinah (2010) mengatakan bahwa dalam spesies ini terdapat dua varietas yang berbeda, yaitu:

- a. Varietas *edulis* atau yang biasa dikenal dengan markisa ungu, dimana yang termasuk dalam varietas ini adalah markisa asam dengan kulit buah berwarna ungu (*purple*), merah (*red*), atau hitam (*black granadilla*). Varietas ini sering pula disebut dengan *siuh* atau *purple passion fruit* (*Passiflora edulis* var. *edulis* Sims). Dapat tumbuh dan berkembang baik di daerah subtropis dan dataran tinggi tropis.
- b. Varietas *flavicarpa* atau yang biasa disebut dengan markisa kuning, merupakan markisa asam dengan kulit buah berwarna kuning, biasa disebut pula dengan *rola* atau *yellow passion fruit* (*Passiflora edulis* var. *flavicarpa* Deg). Jenis ini dapat beradaptasi di dataran rendah tropis.

Tanaman markisa ungu (*Passiflora edulis* var. Sims.) ini biasanya hanya dimanfaatkan sebagai tanaman pekarangan, tanaman pagar, tanaman sisipan serta tanaman pelindung di beberapa lahan usaha tani ataupun di beberapa lahan peternakan. Buah ini tidak begitu populer di masyarakat, sehingga menurut Dwiragupti (1999) buah yang berasa asam dengan aroma wangi ini biasanya dimanfaatkan sebagai bahan baku produk olahan seperti sirup, sari buah, selai, jeli, es krim, tepung markisa dan dodol.

### 2.1.1 Perbedaan Markisa Ungu dengan Markisa Kuning

Terdapat dua jenis markisa yang banyak dikenal, yaitu markisa ungu (*Passiflora edulis*) yang tumbuh di dataran tinggi, dan markisa kuning (*Passiflora flavicarva*) yang tumbuh di dataran rendah. Beberapa daerah yang menjadi sentra produksi markisa ini antara lain Sumatera Utara, dan Sulawesi Selatan. Sementara itu, ada pula varian markisa yang tumbuh di daerah Sumatera Barat yang disebut sebagai markisa manis (*Passiflora edulis* forma *flavicarva*).

Markisa ungu berasal dari Brazilia, sedangkan markisa kuning tidak diketahui secara jelas asalnya, diduga berasal dari Amazon wilayah Brazilia juga, atau *Passiflora edulis* dan *Passiflora lingularis* (Morton, 1987). Di Indonesia, markisa ungu banyak dibudidayakan di Sulawesi Selatan dan Sumatera Utara, sedangkan markisa kuning banyak dijumpai di Sumatera Barat, Lampung dan Jawa Barat (Rukmana, 2003).

Buah markisa ungu berdiameter 3,5-7 cm dan panjang 4-9 cm, markisa kuning berukuran lebih besar yaitu berdiameter 6-8 cm dan panjang 7 cm (Nasakone and Paull, 1998), sedangkan markisa kuning yang tumbuh di daerah Ciawi, diameter buah dapat mencapai 8 cm dan panjang 10 cm, dalam 1 kg berisi 6-7 buah. Sari buah markisa ungu berwarna kuning cerah, sedangkan sari buah markisa kuning berwarna orange tua (Nasakone and Paull, 1998; Morton, 1987). Beberapa varietas markisa kuning yang tumbuh di Ciawi memiliki warna sari buah kuning cerah mirip sari buah markisa ungu, ada yang berwarna orange tua dan juga antara kuning cerah. Beragamnya warna sari buah markisa kuning yang

tumbuh di Ciawi kemungkinan disebabkan oleh segregasi gen dari markisa yang masuk ke Ciawi yang mungkin merupakan hasil persilangan.

Perbedaan nyata antara markisa ungu dan kuning tidak hanya pada warna kulit, ukuran buah dan warna sari buah, tetapi juga pada rasa sari buah dan kandungan zat gizinya, yang disajikan dalam tabel di bawah ini:

Tabel 2.1 Komposisi Gizi Buah Markisa per 100 gram

<b>Komponen</b>	<b><i>P. edulis</i> L.</b>	<b><i>P. edulis</i> var. <i>flavicarpa</i></b>	<b><i>P. edulis</i> L.<sup>1</sup></b>	<b><i>P. edulis</i> var. <i>flavicarpa</i><sup>2</sup></b>
Air	85.6 g	84.9 g	75.1 g	84.20 g
Energi	213 kj	222 kj	90 kj	-
Protein	0.39 g	0.67 g	2.2 g	0.67 g
Lemak	0.05 g	0.18 g	0.7 g	0.18 g
Karbohidrat	13.65 g	13.72 g	21.2 g	14.45 g
Serat	0.04 g	0.17 g	-	0.20 g
Abu			0.8 g	0.49 g
Kalsium	3.6 mg	3.8 mg	13 mg	4.0 mg
Phosphor	12.5 mg	24.6 mg	64 mg	-
Besi	0.24 mg	0.36 mg	1.6 mg	0.36 mg
Potasium	-	-	348 mg	278 mg
Vitamin A	717 IU	2410 IU	700 IU	2410 IU
Vitamin C	29.8 mg	20.0 mg	30 mg	18.20 mg
Thiamin	trace	trace	trace	-
Riboflavin	0.13 mg	0.10 mg	0.13 mg	-
Niasin	1.46 mg	2.24 mg	1.5 mg	2.24 mg
Folat	-	-	-	8 mcg

Sumber: Wenkam (1990).

1 USDA dalam Morton (1987)

2 USDA dalam ititropical.com

Pada tabel tersebut terlihat bahwa kandungan vitamin A, niasin, Ca, Fe dan P pada markisa kuning lebih tinggi dibandingkan pada markisa ungu. Citarasa yang khas pada markisa disebabkan oleh asam-asam organik (yang tersaji dalam tabel 2.2) dan rasio antara gula dan asam yang dikandungnya. Markisa kuning mempunyai kandungan asam lebih tinggi dibandingkan markisa ungu dengan asam sitrat sebagai komponen mayoritas. Nilai pH kedua varietas markisa berada

pada kisaran 3. Total kandungan karbohidrat kedua varietas markisa berkisar antara 15- 20%. Ratio gula/asam markisa kuning adalah 3:8 dan markisa ungu adalah 2:1, sehingga markisa kuning memiliki rasa lebih asam dibanding markisa ungu (Lancashire, 2004).

Tabel 2.2 Kandungan Asam Organik Markisa Kuning dan Ungu dalam 100 gram

Komponen asam	Markisa kuning (meq)	Markisa ungu (meq)
Asam sitrat	55,00	13,1
Asam malat	10,55	3,86
Asam laktat	0,58	7,49
Asam malonat	0,13	4,95
Asam suksinat	trace	2,42
Asam askorbat	0,06	0,05

Sumber: Lancashire (2004).

### 2.1.2 Kandungan Nutrisi Markisa Ungu

Buah markisa ungu mengandung nutrisi lengkap yang baik untuk tubuh. Rukmana (2003), mengatakan bahwa buah dari *Passiflora edulis* var. Sims. ini merupakan salah satu makanan berserat. Selain berfungsi sebagai antioksidan, menurut database Departemen Pertanian Amerika *cit.* Sawitra (2009), dalam 100 g buah markisa asam mengandung 400 kJ energi dan beberapa vitamin penting seperti 30 mg vitamin C, 64 µg vitamin A, 0,13 mg vitamin B<sub>1</sub>, 1,5 mg vitamin B<sub>2</sub>, 14 µg vitamin B<sub>3</sub>.

Buah markisa ungu terdiri dari kurang-lebih 45% kulit buah dan 55% bagian yang dapat dimakan dari bobot buah segar. Dari 100 gram bagian buah yang dapat dimakan mengandung 69-80 gram air, 2,3 gram protein, 2,0 gram lemak yang hampir semuanya terdapat dalam biji, 16 gram karbohidrat, 3,5 gram serat, 10 mg kalsium, 1,0 mg zat besi, 20 SI vitamin A, 0,1 mg riboflavin, 1,5 mg niasin, 20-80

mg vitamin C dan sedikit sekali tiamin (Karsinah, 2010). Nilai energi sebanyak 385 kJ/100 gram (Karsinah, 2007).

Disamping itu, dari 100 g bagian buah yang dapat dimakan mengandung 69-80 g air, 2,3 g protein, 2,0 g lemak (hampir semuanya berada dalam biji), 16 g karbohidrat, 3,5 g serat, 10 mg Ca, 1,0 mg Fe, 20 SI vitamin A, sedikit sekali tiamin, 0,1 mg riboflavin, 1,5 mg nisin, dan 20-80 g vitamin C serta nilai energi sebanyak 385 kJ/100g (Sari, 2013). Kandungan fitokimianya antara lain *passiflorine, harmin, harman, harmol, harmalin, viteksin, isoviteksin, krisin, karoten, nisin, riboflavin, karotenoid 0,058%, flavonoid 1,000%, dan alkaloid 0,700%*. Di Madeira, jus markisa diberikan sebagai stimulan pencernaan dan pengobatan untuk kanker lambung. Selain itu jus markisa juga dapat digunakan sebagai obat penenang (Karsinah, 2010).

Brazil merupakan negara penghasil markisa yang banyak melakukan penelitian kandungan *phytonutrient* baik pada buah maupun daunnya. Markisa ungu mengandung vitamin C dan karoten, merupakan sumber riboflavin yang baik dan sumber niasin yang sangat bagus. Asam amino bebas pada jus markisa ungu adalah arginin, asam aspartat, glisin, leusin, lisin, prolin, treonin, tirosin dan valin. Markisa ungu mengandung karotenoid 1,160%, flavonoid 1,060%, dan alkaloid 0,012%. Jus markisa ungu ini dapat digunakan sebagai obat penenang.

Karsinah (2010) mengatakan, hasil penelitian di Fiji menunjukkan bahwa biji markisa asam menghasilkan 23% minyak yang sama dengan minyak bunga matahari dan minyak kedelai, yang dapat digunakan sebagai bahan baku industri. Biji yang dikeringanginkan dilaporkan mengandung kadar air 5,4%, lemak 23,8%,

serat kasar 53,7%, protein 11,1%, ekstrak N-bebas 5,1%, abu total 1,84%, abu tidak larut dalam HCl 0,35%, kalsium 80 mg, zat besi 18 mg, fosfor 640 mg/100 g. Minyak biji mengandung asam lemak jenuh 8,90% dan asam lemak tidak jenuh 84,09%. Asam lemak mengandung palmitat 6,78%, stearat 1,76%, arachidat 0,34%, oleat 19,0%, linoleat 59,9% dan linolenat 5,4%.

### 2.1.3 Manfaat Buah Markisa

Selain komponen zat gizi tersebut pada Tabel 2.1, markisa juga mengandung karotenoid 1,16% pada varietas ungu, 0,06% pada varietas kuning; flavonoid 1.06% pada ungu, 1% pada kuning; alkaloid (terutama *harman* yang dapat mengurangi *nervous*) 0.01% pada ungu, 0.70% pada kuning (Morton, 1987). Menurut Lancashire (2004), di dalam sari buah markisa terdeteksi 7 alkaloid, empat diantaranya telah teridentifikasi yaitu *harman*, *harmol*, *harmin* dan *harmalin*. Tes farmakologi menunjukkan sari buah markisa memiliki efek *sedative* atau mengurangi *nervous*.

Selain buahnya, bagian lain dari tanaman markisa juga bermanfaat bagi kesehatan. Tanaman ini juga mengandung beberapa vitamin dan mineral yang relatif tinggi (Wenkam, 1990) yang diketahui berfungsi dalam metabolisme tubuh. Selain itu beberapa peneliti mengungkapkan bahwa markisa juga mengandung alkaloid yang berfungsi dapat menenangkan syaraf (Morthon, 1987; Lanchasier, 2004). Hasil penelitian tersebut memperkuat penggunaan markisa sebagai ramuan tradisional seperti yang telah dilakukan di Brazilia, Peru dan negara-negara Amerika Latin lainnya selama berabad-abad tidak hanya untuk menenangkan

syaraf tapi juga untuk penyakit lainnya (Rain-tree.com, 1996-2002; Cedarvale Natural Health, 1999-2002).

Cedarvale Natural Health (1999-2002) menginformasikan bahwa minyak biji buah markisa telah digunakan sebagai obat alami untuk relaksasi, sebagai *depressant* yang membantu mengurangi perasaan nerves pada waktu pagi. Buah markisa dapat mengurangi ketegangan otot, menurunkan nerves, sakit kepala, kejang otot dan *spasms*, serta menurunkan tekanan darah, sedangkan daunnya bagus untuk *nervous insomnia*.

#### **2.1.4 Kegunaan Buah Markisa Sebagai Bahan Obat**

Ketertarikan bidang industri yang berhubungan dengan farmasi telah banyak ditemukan terutama di daerah Eropa, yang menggunakan *glycoside, passiflorine* sebagai obat penenang (*sedative*) (Karsinah, 2010). Ahli Kimia dari Italia telah mengekstrak *passiflorine* dari daun *P. edulis* Sims yang dikeringanginkan. Di Madeira, jus markisa diberikan sebagai stimulan pencernaan dan pengobatan untuk kanker lambung. Mengonsumsi ekstrak buah markisa ungu juga dapat mengurangi gejala asma dan meningkatkan daya tahan tubuh (Karsinah, 2010).

Tanaman markisa telah berabad-abad digunakan dalam ramuan tradisional di negara asalnya Brazilia, daun markisa digunakan sebagai *sedative* atau *calming tonic*, sedangkan sari buahnya sebagai *heart tonic*. Satu cangkir seduhan daun atau dua gelas sari buah secara alamiah dapat menenangkan anak sangat hiperaktif (autis). Minuman yang dibuat dari bunga markisa biasa digunakan untuk mengobati asma, batuk dan bronkhitis. Di Peru, negara di Amerika Latin juga

menggunakan sari buah markisa untuk mengobati infeksi saluran kencing dan sebagai diuretik (Rain-tree.com, 1996-2002).



Gambar 2.2 Bagian dalam Buah Markisa Ungu

Daun markisa ungu mengandung alkaloid, meliputi *harman* yang dapat menurunkan tekanan darah. Di banyak negara di Amerika, daun markisa ungu secara tradisional digunakan sebagai obat gelisah (*anxiety*) dan gangguan urat syaraf (*nervousness*). Daunnya kaya akan polifenol yang dilaporkan sebagai antioksidan alami. Antioksidan berperan sebagai pelindung tubuh dari radikal bebas, termasuk di antaranya sel kanker. Peneliti di University of Florida menemukan bahwa ekstrak markisa kuning dapat membunuh sel kanker secara *in vitro*. Fitokimia yang berperan sebagai anti-kanker tersebut adalah karotenoid dan polifenol. Di Suriname, daun markisa kuning digunakan untuk pengobatan tradisional untuk menenangkan urat syaraf, obat diare, disentri dan insomnia. Di samping jus dan daun yang berkhasiat obat, bunga markisa juga bermanfaat sebagai obat penenang ringan dan dapat membantu untuk merangsang tidur dan masalah menopause (Karsinah. 2010).

Manusia telah diperintahkan untuk memakan makanan yang halal dan baik oleh Allah *Subhanahu wa Ta'ala*, seperti yang telah difirmankan-Nya dalam Al-Qur'an surat An Nahl ayat 114 yang berbunyi:

فَكُلُوا مِمَّا رَزَقَكُمُ اللَّهُ حَلَالًا طَيِّبًا وَاشْكُرُوا نِعْمَتَ اللَّهِ إِن كُنتُمْ إِيَّاهُ تَعْبُدُونَ ﴿١١٤﴾

Artinya: “Maka makanlah yang halal lagi baik dari rezki yang telah diberikan Allah kepadamu; dan syukurilah nikmat Allah, jika kamu hanya menyembah kepada-Nya saja”.

Allah telah memerintahkan manusia untuk memakan makanan yang telah dirizkikan kepadanya, dengan memilih makanan yang halal lagi baik. Seperti kata “حَلَالًا طَيِّبًا” dalam ayat tersebut, dapat memiliki arti makanan yang tidak merusak tubuh, melainkan makanan yang dapat memberi manfaat bagi metabolisme tubuh, misalnya untuk melancarkan sistem pencernaan pada tubuh manusia. Seperti memakan makanan yang mengandung bakteri asam laktat yang berfungsi sebagai probiotik untuk membunuh bakteri-bakteri patogen di dalam saluran pencernaan.

Demikian pula dengan kata “وَاشْكُرُوا نِعْمَتَ اللَّهِ” menunjukkan perintah Allah untuk mensyukuri segala kenikmatan yang telah Dia berikan, salah satunya dengan mengkonsumsi makanan yang halal dan baik bagi tubuh, seperti mengkonsumsi makanan yang bersifat probiotik, yang diantaranya dimiliki oleh Bakteri Asam Laktat (BAL) dapat memberikan efek positif bagi tubuh untuk menjaga kesehatan.

## 2.2 Bakteri Asam Laktat dan Karakteristiknya

Bakteri asam laktat merupakan bakteri yang mampu menghasilkan asam laktat, hidrogen peroksida, antimikroba dan hasil metabolisme lain yang

memberikan pengaruh positif bagi kesehatan dan tumbuh pada pH lingkungan yang rendah. Secara ekologis, kelompok bakteri ini sangat bervariasi dan anggota spesiesnya dapat mendominasi macam-macam makanan, minuman atau habitat lain seperti tanaman, jerami, rongga mulut hewan (Sudarmadji, 1989).

Beberapa kriteria yang harus dimiliki oleh mikroorganisme untuk dapat dimanfaatkan sebagai probiotik adalah (Haryanto, 2005):

- 1) Memiliki aktivitas antimikroba
- 2) Resistensi terhadap seleksi saluran pencernaan seperti asam lambung, cairan empedu dan getah pankreas
- 3) Mampu berkoloni dalam saluran pencernaan
- 4) Mampu meningkatkan kemampuan penyerapan usus.

Bakteri asam laktat diisolasi untuk menghasilkan antimikroba yang dapat digunakan sebagai probiotik. Manfaat bagi kesehatan yang berkaitan dengan bakteri asam laktat, diantaranya memperbaiki daya cerna laktosa, mengendalikan bakteri patogen dalam saluran pencernaan, penurunan serum kolesterol, menghambat tumor, kanker, antimutagenik dan antikarsinogenik, menstimulir sistem imun, pencegahan sembelit, produksi vitamin B, produksi bakteriosin dan inaktivasi berbagai senyawa beracun. Konsumsi probiotik dapat menimbulkan efek terapeutik pada tubuh dengan cara memperbaiki keseimbangan mikroflora dalam saluran pencernaan (Fuller, 1989).

Bakteri asam laktat (BAL) merupakan kelompok bakteri gram positif, tidak membentuk spora (Yousef, 2003), katalase negatif yang dapat memproduksi asam laktat dengan cara memfermentasi karbohidrat, non-motil atau sedikit motil,

mikroaerofilik sampai anaerob, toleran terhadap asam, kemoorganotrofik dan membutuhkan suhu mesofilik. (Axelson, 1998; Reddy, 2008), bersifat anaerob tetapi mampu mentoleransi adanya oksigen dan memetabolisme karbohidrat melalui jalur fermentasi (Yousef, 2003). Kisaran temperatur pertumbuhan untuk bakteri asam laktat biasanya 15° C - 45° C. Sedangkan suhu optimum untuk pertumbuhan bakteri asam laktat pada suhu 30° C - 37° C (Barrow, 1993).

Makhluk Allah terkecil ini juga telah disebutkan Allah dalam Al-Qur'an dengan kata-kata “ذَرَّةٌ” sebagai zat atau substansi materi yang paling kecil, yang terdapat dalam surat Saba' ayat 3:

وَقَالَ الَّذِينَ كَفَرُوا لَا تَأْتِينَا السَّاعَةُ ۗ قُلْ بَلَىٰ وَرَبِّي لَتَأْتِيَنَّكُمْ عِلْمُ الْغَيْبِ لَا يَعْزُبُ عَنْهُ مِثْقَالُ ذَرَّةٍ فِي السَّمَوَاتِ وَلَا فِي الْأَرْضِ وَلَا أَصْغَرُ مِنْ ذَلِكَ وَلَا أَكْبَرُ إِلَّا فِي كِتَابٍ مُّبِينٍ ﴿٣﴾

*Artinya: dan orang-orang yang kafir berkata: "Hari berbangkit itu tidak akan datang kepada kami". Katakanlah: "Pasti datang, demi Tuhanku yang mengetahui yang ghaib, Sesungguhnya kiamat itu pasti akan datang kepadamu. tidak ada tersembunyi daripada-Nya sebesar zarahpun yang ada di langit dan yang ada di bumi dan tidak ada (pula) yang lebih kecil dari itu dan yang lebih besar, melainkan tersebut dalam kitab yang nyata (Lauh Mahfuzh)" (QS. Saba' [34]: 3).*

Berdasarkan Ayat tersebut dijelaskan bahwa Allah tidak hanya menciptakan sesuatu dengan ukuran yang sedang, melainkan Allah juga menciptakan sesuatu yang besar dan juga yang kecil baik yang ada di langit maupun di bumi. Salah satu contoh dari ciptaan Allah yang kecil adalah mikroorganisme, yang dalam ayat tersebut tertulis dengan kata “ذَرَّةٌ”. Organisme mikro ini tidak dapat dilihat

dengan mata telanjang karena ukurannya yang sangat kecil, melainkan dilihat menggunakan bantuan alat yang disebut dengan mikroskop. Karena mikroba tersusun dari organel-organel kecil penyusun sel yang dalam al-Qur'an disebutkan dengan kata "أَصْغَرَ مِنْ ذَلِكَ" (lebih kecil dari itu), yang dapat dimanfaatkan oleh manusia, salah satunya adalah bakteri asam laktat yang dimasukkan ke dalam makanan untuk dikonsumsi sebagai makanan probiotik.

Salminen (1998) dan Yousef (2003) mengatakan bahwa bakteri asam laktat (BAL) merupakan kelompok bakteri gram positif yang tidak membentuk spora dengan katalase negatif. Sneath *et al.*, (1986) mengatakan bahwa pengelompokannya juga berdasarkan morfologi, metabolit dan sifat-sifat fisiologinya. Deskripsi tentang bakteri ini diantaranya adalah memproduksi asam laktat sebagai komponen utama setelah fermentasi karbohidrat. Beberapa kelompok BAL secara umum dibagi menjadi genus *Streptococcus*, *Pediococcus*, *Leuconostoc*, dan *Lactobacillus* (Sumanti, 2008) :

- a. *Streptococcus thermophilus*, *Streptococcus lactis* dan *Streptococcus cremoris*. Semua spesies ini merupakan bakteri gram positif berbentuk bulat (kokus) yang terdapat sebagai rantai, dan semuanya memiliki nilai ekonomis yang penting dalam industri susu.
- b. *Pediococcus cerevisiae*. Bakteri ini adalah bakteri gram positif berbentuk bulat, khususnya terdapat berpasangan atau berempat (tetrads). Walaupun jenis ini tercatat sebagai perusak bir dan anggur, bakteri ini berperan penting dalam fermentasi daging dan sayuran.

- c. *Leuconostoc mesenteriodes* dan *Leuconostoc dextranicum*. Spesies ini adalah gram positif berbentuk bulat yang terdapat secara berpasangan atau rantai pendek. Bakteri-bakteri ini berperan dalam perusakan larutan gula dengan produksi pertumbuhan dekstran berlendir. Walaupun demikian, bakteri-bakteri ini merupakan jenis yang penting dalam permulaan fermentasi sayuran dan juga ditemukan dalam sari buah, anggur dan bahan pangan lainnya.
- d. *Lactobacillus lactis*, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus bulgaricus*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus fermentum* dan *Lactobacillus delbureckii*. Organisme-organisme ini adalah bakteri berbentuk batang, gram positif dan sering berbentuk pasangan dan rantai dari sel-selnya. Jenis ini umumnya lebih tahan terhadap keadaan asam daripada jenis-jenis *Pediococcus* atau *Streptococcus*. Oleh karenanya jenis ini lebih banyak terdapat pada sayuran.

Beberapa kriteria penting untuk karakter fisiologi yang merupakan seleksi kelayakan bakteri sebagai produk antara lain uji pertumbuhan atau resistensi bakteri asam laktat pada pH rendah. Fetlinski dan Stepaniak (1994) menyebutkan bahwa dapat tidaknya suatu bakteri sebagai probiotik tergantung resistensi BAL terhadap pH rendah, garam empedu, dan kemampuan untuk hidup dalam sistem pencernaan.

### 2.3 Fermentasi oleh Bakteri Asam Laktat

Fermentasi mempunyai pengertian aplikasi metabolisme mikroba untuk mengubah bahan baku menjadi produk yang bernilai tinggi, seperti asam-asam

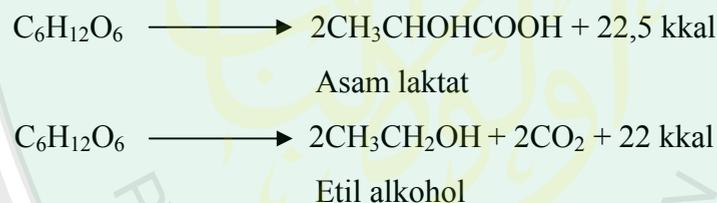
organik, protein sel tunggal, antibiotika, dan biopolymer. Fermentasi merupakan proses yang relatif murah yang pada hakekatnya telah lama dilakukan oleh nenek moyang kita secara tradisional dengan produk-produknya yang sudah biasa dikonsumsi manusia sampai sekarang, seperti tape, tempe, oncom, dan lain-lain (Nurhayani, 2000).

Bakteri Asam Laktat (BAL) diantaranya dapat didapatkan dari buah yang telah difermentasi. Fermentasi secara teknik dapat didefinisikan sebagai suatu proses oksidasi anaerobik atau parsial anaerobik karbohidrat yang menghasilkan alkohol serta beberapa asam. Fermentasi sendiri berasal dari bahasa latin "*ferfere*" yang berarti mendidihkan, sedangkan menurut ilmu kimia yaitu terbentuknya gas-gas CO<sub>2</sub> dari suatu cairan kimia. Hidayat (2006) menjelaskan bahwa fermentasi dapat didefinisikan sebagai perubahan gradual oleh enzim beberapa bakteri, khamir dan jamur untuk memperoleh energi yang diperlukan untuk metabolisme dan pertumbuhannya melalui pemecahan senyawa-senyawa organik secara anaerobik. Gula seperti glukosa, fruktosa, dan sukrosa sebagai bahan dasar ketika difermentasi dalam kondisi anaerob akan menghasilkan etanol, asam laktat, asam butirat, aseton, dan hidrogen. Proses fermentasi ini akan mengakibatkan terjadinya perubahan kondisi asam atau penurunan pH (Sari, 2013). Penurunan pH yang terjadi ini mengindikasikan adanya aktifitas mikroba dalam menguraikan karbohidrat.

Fermentasi adalah perubahan kimia dalam bahan pangan yang disebabkan oleh enzim. Enzim yang berperan dapat dihasilkan oleh mikroorganisme atau enzim yang telah ada dalam bahan pangan. (Buckle, 1985). Ferdiaz dan Winarno

(1984) mengatakan bahwa fermentasi merupakan suatu reaksi oksidasi atau reaksi dalam sistem biologi yang menghasilkan energi di mana donor dan aseptor adalah senyawa organik. Senyawa organik yang biasa digunakan adalah zat gula. Senyawa tersebut akan diubah oleh reaksi reduksi dengan katalis enzim menjadi senyawa lain.

Fermentasi adalah suatu proses terjadinya perubahan struktur kimia dari bahan-bahan organik dengan memanfaatkan aktivitas agen-agen biologis terutama enzim sebagai biokatalis. Teknologi fermentasi merupakan salah satu cara pengolahan dan pengawetan makanan, baik secara konvensional maupun modern, dengan memanfaatkan mikroba baik langsung maupun tidak langsung. Berikut adalah reaksi fermentasi (Pradani dan Evi, 2009):



Fermentasi spontan merupakan proses fermentasi tanpa ditambahkan starter dan terjadi dengan sendirinya dengan bantuan mikroflora alami. Karakteristik dari proses ini adalah adanya bakteri asam laktat yang termasuk bakteri heterofermentatif. Bakteri asam laktat penting dalam pencapaian produk yang stabil dengan rasa dan aroma yang khas. Pertumbuhan bakteri asam laktat menghasilkan asam laktat, asam asetat, etanol, manitol, dekstran, ester dan CO<sub>2</sub>. Kombinasi dari asam, alkohol dan ester akan menghasilkan rasa yang spesifik dan disukai (Carl, 1971).

Pemanfaatan bakteri asam laktat pada makanan memiliki dampak positif terhadap kualitas makanan yaitu bersifat biopreservatif karena asam laktat yang dihasilkan akan menurunkan pH. Nilai pH dapat turun sampai 4, yang dapat berpengaruh terhadap daya simpan dan rasa juga mikroba patogen tidak dapat tumbuh pada pH ini. Keasaman tersebut juga dapat menyebabkan terjadinya koagulasi protein sehingga tekstur bahan pangan akan berubah (Ray, 1996).

Ferdiaz (1992) mengatakan bahwa faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan bakteri adalah zat makanan, pH, air, oksigen dan senyawa penghambat pertumbuhan. Sedangkan menurut Buckle (1985) selain zat makanan, suhu, pH dan aktivitas air, pertumbuhan bakteri juga dipengaruhi oleh waktu.

Produk fermentasi dapat digunakan sebagai bahan atau suplemen produk pangan atau pakan. Proses fermentasi ini selain untuk meningkatkan nilai gizi juga untuk meningkatkan pendapatan masyarakat. Lebih jauh lagi produk fermentasi dapat dijadikan bahan pangan untuk mengatasi masalah kekurangan gizi (Nurhayani, 2000).

Salah satu produk pangan fungsional yang banyak beredar luas di pasaran adalah produk pangan fermentasi yang mengandung probiotik. Probiotik merupakan mikrobia hidup yang dapat mempengaruhi kesehatan dengan cara menyeimbangkan mikrobia dalam usus serta menghambat pertumbuhan mikrobia patogen. Adanya asam laktat sebagai metabolit bakteri asam laktat dapat menghalangi pertumbuhan bakteri patogen.

Produk yang dikatakan sebagai probiotik harus mengandung bakteri probiotik dengan jumlah minimal  $10^7$  cfu/ml. Bakteri tersebut harus tahan

terhadap pengolahan, tahan terhadap garam empedu, mampu melewati asam lambung dengan pH berkisar 3-5, dan mampu bertahan hidup di dalam saluran pencernaan sehingga dapat memberikan efek kesehatan yang baik bagi tubuh. Potensi inilah yang menjadi alasan bakteri asam laktat, khususnya *Lactobacillus* digunakan sebagai agensi probiotik (Retnowati, 2014). Probiotik mempunyai manfaat terapeutik seperti membantu pengobatan *lactose intolerance*, mencegah kanker usus besar, dan menurunkan kadar kolesterol dalam darah (Halim, 2013).

Winarti (2010) mengatakan bahwa probiotik akan efektif jika:

- a) Menimbulkan efek yang bermanfaat bagi tubuh
- b) Bukan patogen dan tidak toksik
- c) Mengandung sejumlah besar sel hidup ( $10^8 - 10^{12}$ )
- d) Bertahan hidup dalam system pencernaan dan tahan terhadap enzim pencernaan tubuh
- e) Tetap hidup saat disimpan dan dikonsumsi
- f) Mempunyai sifat sensoris yang baik
- g) Diisolasi dari spesies yang sama seperti lingkungan tubuh

Penggunaan kultur starter indigenous (lokal) dari produk aslinya akan memudahkan dalam mengendalikan proses fermentasi serta memberikan hasil fermentasi yang lebih baik dan sesuai dengan karakteristik produk yang diinginkan. Fermentasi urutan (sosis khas Bali) menggunakan starter dari *Lactobacillus plantarum* dan *Pediococcus acidilactici* yang diisolasi dari urutan tradisional (fermentasi spontan) mampu menghasilkan karakteristik sosis yang baik daripada urutan dari fermentasi spontan (Antara, 2002; Antara, 2010).

Asam-asam organik dari produk fermentasi merupakan hasil hidrolisis asam lemak dan juga sebagai hasil aktivitas pertumbuhan bakteri. Penentuan kuantitatif asam organik pada produk fermentasi adalah penting untuk mempelajari kontribusi bagi aroma sebagian besar produk fermentasi, alasan gizi, dan sebagai indikator aktivitas bakteri (Bevilacqua, 1989). Asam-asam organik juga sering digunakan sebagai *acidulants* (bahan pengasam) yang dapat menurunkan pH, sehingga pertumbuhan mikroba berbahaya pada produk fermentasi akan terhambat (Winarno, 1997).

#### **2.4 Eksopolisakarida**

Penerimaan konsumen terhadap yogurt salah satunya tergantung pada sifat fisik, diantaranya adalah tekstur. Tekstur yogurt terbentuk dari agregasi misel kasein akibat adanya asam laktat yang kekuatannya berasal dari jumlah dan kekuatan ikatan antara kasein-kasein (Umam, 2007). Kekuatan ikatan tersebut mudah mengalami kerusakan diantaranya akibat perlakuan mekanis, sehingga masih diperlukan suatu perlakuan untuk lebih menstabilkan gel. Salah satunya dengan menambahkan interaksi antara bakteri asam laktat-eksopolisakarida-kasein dalam yogurt (Vuys dan Degeest, 1999).

Kemampuan untuk memproduksi polisakarida banyak dimiliki oleh berbagai jenis bakteri. Mikroorganisme dapat mensintesa polisakarida seperti glikogen yang disimpan pada sitoplasma, yaitu dinding sel dari polisakarida struktural seperti peptidoglikan dan asam *lipoteichoic* pada bakteri Gram positif. Sedangkan pada bakteri Gram negatif, polisakarida ini disimpan sebagai lipopolisakarida pada membran terluar. Di sisi lain beberapa bakteri juga mampu

mensekresikan lapisan polisakarida pada permukaan sel yang bergabung dengan glikoprotein dan biasa disebut *glikoralyx*. Polisakarida ekstraseluler ini tidak digunakan sebagai sumber energi dan sumber karbon oleh mikroorganisme (Harrah, 2006). Eksopolisakarida digunakan oleh bakteri untuk melindungi diri dari berbagai macam cekaman lingkungan (Santi, 2008).

Eksopolisakarida (EPS) adalah polimer gula atau polisakarida yang disekresikan oleh mikroba keluar sel dinding sel bakteri (Tallon, 2003; Zubaidah, 2008), jamur dan alga (Vuys, 2001). Eksopolisakarida yang dihasilkan mikroorganisme banyak digunakan pada industri karena sifat fisiko-kimianya serupa dengan polisakarida dari tanaman (selulosa, pektin dan pati) dan rumput laut (alginat dan keraginan). Eksopolisakarida juga berperan dalam rasa di mulut, tekstur, dan persepsi rasa dari produk fermentasi (Zubaidah, 2008; Susilowati, 2011). Eksopolisakarida (EPS) digunakan juga untuk bahan penghantar (*carrier*) senyawa aktif insulin oral pada industri farmasi (Dinoto, 2010) dan sebagai aditif pangan (pengental, penstabil dan pengemulsi).

Awalnya EPS yang ditambahkan untuk berbagai formulasi makanan hanya digunakan sebagai agen pengental dan stabilizers yang sedang populer di industri makanan sebelum diidentifikasi efeknya terhadap pencernaan, metabolisme, dan kesehatan manusia. Awal penelitian terhadap makanan manusia telah ditegaskan bahwa EPS aman untuk dikonsumsi pada konsentrasi yang lebih tinggi daripada yang ditambahkan untuk mengubah tekstur makanan (Farnworth, 2007).

Selain itu, efek kesehatan dari eksopolisakarida adalah pada sistem imunitas, dimana beberapa EPS, seperti halnya polisakarida lain, memiliki sifat

merangsang kekebalan yang bergantung pada stereokimianya, ukuran molekul, atau jumlah dan jenis residu gula yang membentuk EPS. EPS juga memiliki struktur yang penting untuk efek imunostimulan. EPS juga berperan pada pencernaan kolesterol dengan menurunkan kadar kolesterol serum, dengan melapisi lapisan dari mukosa usus sehingga dapat mengurangi penyerapan kolesterol (Farnworth, 2007). Efek pada diabetes dengan memperlambat respon glikemik dimana viskositas pada makanan ini mempercepat makanan keluar perut. Ekspolisakarida ini juga memiliki aktivitas sebagai antitumor (Mozzi, 1995).

Dari beberapa penelitian diketahui bahwa sintesis EPS dalam media nutrient menunjukkan bahwa polimer ini secara kontinyu dieksresikan beberapa saat setelah pertumbuhan dan saat pembelahan sel berhenti. Di bawah kondisi optimal, sekitar 0,75 % karbohidrat dikonversi menjadi EPS tiap jam. Selanjutnya 0,25% glukosa dimanfaatkan untuk membentuk intraseluler polisakarida (glikogen). Kecepatan konversi yang tinggi hanya diperoleh dalam suspensi sel yang diaerasi dengan pemanfaatan karbohidrat yang maksimal dengan adanya ion  $K^+$ ,  $Mg^{2+}$ , dan  $Ca^{2+}$ . Penurunan yang terbesar pada level ini diikuti oleh pengeluaran oksigen atau penghilangan  $K^+$ . Produksi EPS sangat sedikit pada fase logaritma (Sutherland, 1977).

EPS menjadi dua kelompok besar berdasarkan komposisi kimianya dan mekanisme sintesisnya yaitu homopolisakarida dan heteropolisakarida. Homopolisakarida adalah polimer yang terdiri dari satu macam monosakarida misalnya glukosa atau fruktosa saja. Contoh EPS homopolisakarida adalah *Dextran*, *Levans*, *Curdlan* dan *Pullulans*. Heteropolisakarida adalah polisakarida

yang biasanya mengandung 2 - 4 macam monosakarida seperti glukosa, galaktosa, mannosa, fruktosa dan rhamnosa. Contoh EPS heteropolisakarida adalah EPS bakteri asam laktat. Eksopolisakarida bakteri asam laktat merupakan heteropolisakarida (Malaka, 2004).

Pada umumnya eksopolisakarida dapat diperoleh secara optimum pada pH 7, suhu 30-37° C dengan menggunakan sukrosa atau glukosa sebagai sumber karbon (Pham *et al.*, 2000; Vogel, 2002). Berat molekul EPS adalah sekitar  $1 \times 10^6 - 2 \times 10^6$  Da yang merupakan polimerisasi beberapa ratus sampai beberapa ribu tetra-heptasakarida (Petry *et al.*, 2000).

EPS disintesa dalam fase-fase pertumbuhan yang berbeda dengan kondisi yang bervariasi tergantung dari jenis mikroorganismenya. Proses sintesa dapat dibagi menjadi dua prinsip dasar yaitu tempat sintesa dan prekursor alami misalnya sintesa di luar dinding sel atau pada membran sel. Sintesa heteropolisakarida berbeda dengan sintesa monosakarida yang disintesa pada membran sitoplasma dengan memanfaatkan prekursor yang terbentuk intraselular. Gula nukleotida berperan penting dalam sintesa heteropolisakarida sehingga peranannya dalam interkonversi monosakarida atau disakarida (gula) sebaik aktivasi gula yang dibutuhkan untuk polimerisasi monosakarida menjadi polisakarida (Cerning, 1990).

Heteropolisakarida disintesa dengan prekursor polimerisasi yang dibentuk dalam sel sitoplasma. Dalam hal ini gula nukleotida berperan penting untuk pembawa isoprenoid lipida yang berlokasi dalam membran sitoplasma. Pembawa lipida berperan juga dalam sintesis lipopolisakarida dinding sel, peptidoglikan

dan asam teikoat, juga berkompetisi dalam komponen membran terfasilitasi selama fase pertumbuhan yang berbeda. Kompetisi ini mungkin dapat dijelaskan sebagai munculnya eksopolimer dan kapsul selama fase pertumbuhan dengan kondisi yang berbeda (Marshall *et al.*, 1995). Beberapa enzim pada metabolisme karbohidrat adalah esensial pada pembentukan EPS. Lipida isoprenoid atau lipida pembawa glikosil juga membutuhkan sejumlah enzim.

Beberapa EPS yang telah banyak digunakan dalam bidang kesehatan diantaranya  $\beta$ -glukan,  $\beta$ -mannan, xanthan, curdlan, gellan dan dekstran. Xanthan dan dekstran adalah dua contoh EPS yang telah menjadi produk komersial sejak bertahun-tahun yang lalu (Malik, 2008). Salah satu contoh dari EPS adalah dekstran, yang merupakan polimer dari glukosa yang manfaatnya sangat penting dalam industri farmasi sebagai bahan formulasi obat-obatan juga dalam industri makanan sebagai bahan pengental (Triantarti, 2007). EPS telah lama dilaporkan memiliki potensi untuk aplikasi di bidang industri farmasi, kesehatan dan pangan (Malik, 2008). EPS juga banyak diaplikasikan pada industri makanan sebagai pengental sehingga meningkatkan tekstur, viskositas dan sifat rheologi produk (Sutherland, 1998). Selain itu EPS mempunyai efek kesehatan karena terdapat aktivitas immunostimulator, antitumor dan aktivasi makrofag dan limfosit untuk meningkatkan ketahanan tubuh, serta bersifat prebiotik (Tallon, 2006).

Beberapa mikroba, termasuk bakteri asam laktat (BAL) yang bersifat probiotik, memiliki kemampuan menghasilkan eksopolisakarida seperti *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus rhamnosus*, *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus reuteri*, *Bifidobacterium longum*.

Berbagai jenis strain dari *L. plantarum* telah diteliti dapat menghasilkan eksopolisakarida (Tallon, 2006).

Eksopolisakarida (EPS) dihasilkan oleh beberapa strain dari spesies bakteri asam laktat, diantaranya jenis homopolisakarida dihasilkan oleh *Leuconostoc mesenteroides*, sedangkan jenis heteropolisakarida dihasilkan oleh *Streptococcus thermophilus* OR 901, *Lactobacillus bulgaricus* CNRZ 1187 (Vuys dkk., 1998). Sukrosa adalah sumber karbon utama dalam fermentasi dekstran, yang akan dikonversi menjadi dekstran oleh enzim *Dextranase*. Enzim ini dihasilkan oleh bakteri *Leuconostoc mesenteroides* (Triantarti, 2007). Namun strain-strain tersebut belum digunakan secara ekstensif dalam produksi komersial karena produksi EPSnya dalam jumlah sedikit (kurang dari 500 mg/ liter) dan biosintesisnya sangat tidak stabil (Vuys dan Degeest, 1999).

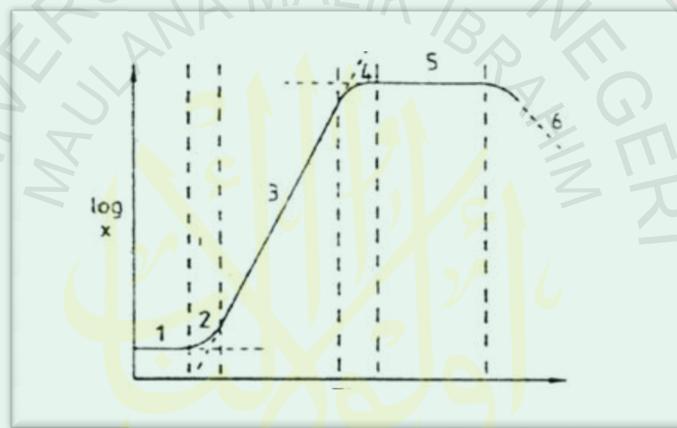
Viskositas dalam susu fermentasi tidak selalu berkorelasi dengan produksi EPS, hal ini sebagian karena viskositas dan ketegasan dalam yoghurt terkait dengan protein koagulasi dan produksi EPS. Beberapa galur menghasilkan banyak EPS dengan berat molekul variabel atau struktur kimia mempengaruhi tekstur konsentrasi total (Farnworth, 2007).

## 2.5 Pertumbuhan Mikroorganisme

Setiap mikroorganisme mempunyai kurva pertumbuhan. Kurva pertumbuhan bakteri mempunyai beberapa fase, yaitu :

- 1) Fase lag, yaitu fase penyesuaian sel-sel dengan lingkungan
- 2) Fase akselerasi, yaitu fase mulainya sel-sel membelah

- 3) Fase eksponensial, merupakan fase perbanyak jumlah sel, aktivitas sel sangat meningkat
- 4) Fase deselerasi, yaitu waktu sel-sel mulai kurang aktif membelah
- 5) Fase stasioner, yaitu fase dimana jumlah sel yang bertambah dan jumlah sel yang mati relatif seimbang
- 6) Fase kematian dipercepat, jumlah sel-sel yang mati lebih banyak dari pada sel-sel yang masih hidup.



**Gambar 2.3** Kurva pertumbuhan mikroba

Keterangan: 1) Fase Lag; 2) Fase Akselerasi; 3) Fase Eksponensial; 4) Fase Deselerasi; 5) Fase Stasioner; 6) Fase Kematian (Gandjar, 2006).

Eksopolisakarida merupakan produk metabolit sekunder dari bakteri asam laktat. Metabolit sekunder adalah senyawa metabolit yang tidak esensial bagi pertumbuhan organisme (Verpoorte, 2000). Metabolit sekunder ini dikeluarkan untuk mempertahankan diri dari kondisi lingkungan yang kurang menguntungkan. Pembentukan polisakarida oleh bakteri asam laktat merupakan mekanisme untuk penyimpanan karbon atau energi dalam bentuk polimerik. Secara umum, produksi EPS dimulai selama fase eksponensial dan dapat mencapai maksimum pada fase stasioner (Petry *et al*, 2000; Farnworth, 2007).

Malaka (2007) mengatakan bahwa eksopolisakarida dieksresikan keluar sel sebagai produk metabolit sekunder saat kondisi lingkungannya tidak menguntungkan, yang saat ini merupakan produk bioaktif. Karena selain jumlah bakteri yang bertambah dan yang mati relatif seimbang, pada fase ini diproduksi pula metabolit sekundernya. Sehingga eksopolisakarida lebih baik diambil pada fase ini.

Pertumbuhan sel bakteri berbanding terbalik dengan produksi EPS. Mekanisme pembentukan EPS yang tinggi diperoleh pada saat laju pertumbuhan sel terjadi dengan kecepatan rendah, sel-sel bakteri akan lebih banyak menghasilkan *isoprenoid glycosyl lipid carriers* yang berperan sebagai prekursor untuk pembentukan dinding sel dan produksi EPS. *Isomer isoprenoid glycosyl lipid carriers* berada di dalam membran sel yang berfungsi sebagai penerima residu molekul gula. Semakin banyak prekursor yang dihasilkan maka semakin tinggi produksi EPS. Sebaliknya pada laju pertumbuhan yang cepat prekursor ini akan lebih banyak dimanfaatkan dalam pembentukan dinding sel dan kurang tersedianya bagi pembentukan EPS (Sutherland, 1998).

## **2.6 Identifikasi Spesies Bakteri Menggunakan Microbact 12**

Salah satu cara pengidentifikasian mikroorganisme yaitu dengan menganalisa kemampuan metabolismenya dengan menggunakan suatu metode uji biokimia. Uji biokimia meliputi kemampuan mikroorganisme dalam menggunakan berbagai jenis sumber karbon dan senyawa kimia lainnya. Uji biokimia yang beragam dan semakin banyak jenis senyawa pengujian maka akan menghasilkan pengidentifikasian spesifik hingga tingkat spesies (Buckle, 1987).

Prinsip kerja dari *Microbact* yaitu dengan mereaksikan suspensi isolat ke dalam sumur-sumur yang telah berisi sumber karbon dan senyawa-senyawa biokimia lain yang berjumlah 12 jenis. Kit *Microbact* 12E dan *Microbact* 12B adalah sistem identifikasi komersial untuk bakteri secara umum dan bakteri Gram negatif dan Gram positif golongan enterobacter. *Microbact* 12E untuk bakteri Gram negatif dan *Microbact* 12B untuk bakteri Gram positif. Tes ini terdiri dari 12 substrat biokimia yang berbeda, tes ditempatkan di sumur *microbact*. Pengujian dengan menggunakan *Microbact* akan mempermudah metode pengidentifikasian suatu mikroorganisme. *Microbact* mempunyai sistem yang dirancang untuk mengidentifikasi bakteri dengan komposisi substrat dan pereaksi yang telah distandarisasi. Pengujian dengan *Microbact* memiliki beberapa ketentuan sebelum dilakukan pengujian, yaitu sampel isolat yang digunakan merupakan isolat yang telah dimurnikan dan dilarutkan ke dalam garam fisiologis (Oxoid, 2004).

Suspensi bakteri yang dilarutkan ke dalam garam fisiologis ditambahkan ke masing-masing 12 sumur uji biokimia yang tersedia. Setelah diinkubasi selama 18-24 jam pada suhu 37°C reagen yang sesuai ditambahkan dan perubahan warna tes pada tiap sumur yang berbeda dicatat. Evaluasi hasil dilihat melalui sumur-sumur *microbact* apakah positif atau negatif dengan cara membandingkan dengan tabel warna dan hasilnya ditulis pada formulir *Patient Record*. Angka-angka *oktal* didapat dari penjumlahan reaksi positif saja dari tiap-tiap kelompok (3 sumur didapatkan 1 angka *oktal*). Nama bakteri dilihat dengan komputer berdasarkan angka oktalnya (Oxoid, 2004).