

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Susu

Susu adalah sekresi ambing hewan yang diproduksi dengan tujuan penyediaan makanan bagi anaknya yang baru dilahirkan karena berfungsi sebagai makanan tunggal bagi mahluk yang baru dilahirkan dan mulai tumbuh, susu mempunyai nilai gizi yang sempurna. Pada umumnya yang disebut susu adalah susu sapi, yang berasal dari jenis sapi perah FH (Friesian Holstein), yang berwarna putih total hitam atau hitam total putih. Secara alami susu merupakan suatu emulsi lemak dalam air. Kadar air susu sangat tinggi yaitu rata-rata 87.5 %, dan di dalamnya teremulsi berbagai zat gizi penting seperti protein, lemak, gula, vitamin, dan mineral (Koswara, 2009).

Susu merupakan sumber protein dengan mutu yang sangat tinggi, dengan kadar protein dalam susu segar 3.5 %, dan mengandung lemak yang kira-kira sama banyaknya dengan protein. Karena itu, kadar lemak sering dijadikan sebagai tolak ukur mutu susu, karena secara tidak langsung menggambarkan kadar protein susu. Beberapa jenis sapi perah, khususnya dari *Bos Taurus* misalnya Jersey dan Guernsey mampu memproduksi susu dengan kadar lemak mendekati 5% (Koswara, 2009).

Gula dalam susu disebut laktosa, kadarnya sekitar 5 - 8 %. Laktosa memiliki daya kemanisan sangat rendah, yaitu hanya 16% daya kemanisan sukrosa. Laktosa merupakan senyawa yang banyak digunakan dalam pembentukan sel otak, khususnya bagi anak-anak usia di bawah 7 tahun,

agar jumlah maupun perkembangan sel otaknya berlangsung dengan normal dan lancar (Koswara, 2009).

Mineral yang banyak terdapat dalam susu adalah kalsium dan posfor yang berfungsi untuk pertumbuhan tulang. Sehingga bagi bayi dan anak-anak yang sedang tumbuh dan berkembang, susu merupakan sumber mineral yang penting. Mineral lain seperti klorida, kalsium, magnesium dan natrium terlarut dalam air. Sedangkan sebagian kalsium posfat dan protein tidak berada dalam larutan murni, tetapi dalam bentuk dispersi koloid (kalsium posfat kaseinat) yang menyebabkan susu terkesan berwarna putih opaque. Vitamin yang tinggi terdapat dalam susu adalah niasin dan riboflavin. Tingginya kandungan riboflavin, susu tampak berwarna kehijau-hijauan (Koswara, 2009).

2.2 Fermentasi

Fermentasi dapat terjadi karena adanya aktivitas mikroba penyebab fermentasi pada substrat organik yang sesuai. Terjadinya fermentasi ini dapat menyebabkan perubahan sifat bahan pangan sebagai akibat dari pemecahan kandungan-kandungan bahan pangan (Winarno *et al.*, 1980a). Pada umumnya cara-cara pengawetan pangan ditujukan untuk menghambat atau membunuh mikroba sebaliknya, fermentasi adalah suatu cara pengawetan yang mempergunakan mikroba tertentu untuk menghasilkan asam atau komponen lainnya yang dapat menghambat mikroba perusak lainnya. Fermentasi secara teknik dapat didefinisikan sebagai suatu proses oksidasi anaerobik dari karbohidrat dan menghasilkan alkohol serta beberapa asam.

Hasil dari fermentasi terutama tergantung pada berbagai faktor yaitu jenis bahan pangan (substrat), macam mikroba dan kondisi di sekelilingnya yang

mempengaruhi pertumbuhan dan metabolisme mikroba tersebut. Mikroba yang bersifat fermentatif dapat mengubah karbohidrat dan turunan-turunannya terutama menjadi alkohol, asam dan CO₂.

Mikroba proteolitik dapat memecah protein dan komponen-komponen nitrogen lainnya sehingga menghasilkan bau busuk yang tidak diinginkan, sedangkan mikroba lipolitik akan memecah atau menghidrolisa lemak, fosfolipida dan turunannya dengan menghasilkan bau yang tengik (Winarno *et al.*, 1980a). Bila alkohol dan asam yang dihasilkan oleh mikroba fermentatif cukup tinggi maka pertumbuhan mikroba proteolitik dan lipolitik dapat dihambat. Prinsip fermentasi sebenarnya adalah mengaktifkan pertumbuhan dan metabolisme dari mikroba pembentuk alkohol dan asam, dan menekan pertumbuhan mikroba proteolitik dan lipolitik.

Gula yang terdapat di dalam susu difermentasi oleh bakteri *Streptococcus lactis* sehingga dihasilkan asam laktat yang menyebabkan turunnya pH. Penurunan pH ini mengendapkan protein susu, reaksi tersebut terjadi pada waktu pembuatan keju. Asam yang dihasilkan dari fermentasi dengan adanya oksigen dapat dipecah lebih lanjut oleh ragi (Winarno *et al.*, 1980a). Faktor –faktor yang mempengaruhi fermentasi yaitu substrat (medium), suhu, pH (keasaman), oksigen, jumlah mikroba, alkohol, garam, dan air.

Suhu fermentasi sangat menentukan macam mikroba yang dominan selama fermentasi. Kebanyakan bakteri dalam kultur laktat mempunyai suhu optimum 30°C, tetapi beberapa kultur dapat membentuk asam dengan kecepatan yang sama pada suhu 37°C maupun 30°C. Suhu yang lebih tinggi dari 40°C pada umumnya menurunkan kecepatan pertumbuhan dan pembentukan asam oleh

bakteri asam laktat, kecuali kultur yang digunakan dalam pembuatan yoghurt yaitu *Lactobacillus bulgaricus* dan *Streptococcus thermophilus* memiliki suhu optimum 40-45°C (Rahman, 1992). Inkubasi dengan suhu 43°C selama 4 jam terjadi peningkatan produksi berbagai enzim dari *Lactobacillus bulgaricus* dan *Streptococcus thermophilus* antara lain enzim laktase dan *8-orthonitrophenol β-D-galactopyranoside*.

2.3 Susu Fermentasi

Beberapa jenis produk susu fermentasi yaitu yoghurt, susu asidofilus, kefir, dan koumiss. Namun, tidak semuanya beredar di Indonesia dalam bentuk siap minum. Bakteri *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* dan *Streptococcus thermophilus* sebagai kultur starter dalam fermentasi susu menghasilkan yoghurt yang selama ini sering dikonsumsi dan banyak tersedia di pasaran. Susu asidofilus menggunakan bakteri *Lactobacillus acidophilus*, sedangkan kefir diproduksi dengan bantuan beberapa mikroorganisme antara lain *Lactobacillus kefir*, beberapa genera dari *Leuconostoc*, *Lactococcus*, dan *Acetobacter*, serta beberapa jenis ragi yaitu *Kluyveromyces marxianus*, *Saccharomyces unisporus*, *Saccharomyces cerevisiae*, dan *Saccharomyces exiguus*. Koumiss dihasilkan dari proses fermentasi oleh *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* dan *Kluyveromyces marxianus* (Supriyono, 2008)

Susu yang difermentasi memiliki rasa dan aroma yang khas tergantung dari mikroorganisme yang dipakai. Yoghurt mempunyai tekstur yang agak kental sampai kental atau semi padat dengan konsistensi yang homogen akibat dari penggumpalan protein karena asam organik yang dihasilkan oleh kultur starter. Susu asidofilus, kefir, dan koumiss memiliki konsistensi cair seperti krim asam

yang sedikit lebih kental dibanding susu segar karena hanya sedikit protein yang terkoagulasi oleh asam yang dihasilkan oleh mikroba. Kefir dan koumiss memiliki rasa seperti minuman berkarbonasi atau effervescent yang khas karena adanya CO₂ yang dihasilkan dari fermentasi alkohol oleh khamir. Kandungan alkohol pada kefir berkisar antara 0.5-1%, sedangkan pada koumiss berkisar antara 0.7-2.5% (Surono, 2004).

Bakteri probiotik dalam susu fermentasi telah terbukti secara klinis dapat menyehatkan saluran pencernaan manusia. Bakteri probiotik sendiri berarti suplemen mikroba hidup yang memberikan efek positif terhadap manusia dan hewan dengan memperbaiki keseimbangan mikroorganisme usus. Habitat asli bakteri probiotik yaitu usus manusia maupun hewan (Supriyono, 2008).

Beberapa efek kesehatan lain yang dapat diperoleh dari bakteri asam laktat dan probiotik antara lain dapat memperbaiki daya cerna laktosa bagi penderita *lactose intolerance*, mengendalikan jumlah bakteri patogen dalam usus, meningkatkan daya tahan alami terhadap infeksi dalam usus, menurunkan serum kolesterol, menghambat tumor, antimutagenik dan antikarsinogenik, meningkatkan sistem imun, mencegah sembelit, memproduksi vitamin B dan bakteriosin (senyawa antimikroba), inaktivasi berbagai senyawa racun, dan menghasilkan metabolit-metabolit seperti H₂O₂ dan asam laktat. Susu fermentasi memiliki begitu banyak sifat fungsional yang bermanfaat bagi kesehatan tubuh (Sari, 2007).

2.4 Kefir

Kefir adalah produk susu yang difermentasikan dengan menggunakan bakteri asam laktat seperti *Lactobacillus lactis*, *Lactobacillus delbrueckii subsp.*

bulgaricus bersama ragi dan menghasilkan asam dan alkohol. Pada tahap akhir proses dilakukan pematangan dalam kemasan tertutup agar terbentuk karbonat (Albaarri dan Murti, 2003). Bakteri yang dominan pada kefir adalah dari golongan *Lactobacillus* (Surono, 2004). *Lactobacillus bulgaricus* dan *Streptococcus thermophilus* merupakan mikroorganisme yang cocok diaplikasikan pada daerah yang panas, tropis dan subtropis (Savadogo *et al.*, 2003). Perbandingan khamir dan *Lactobacillus* pada biji kefir adalah 1 : 1, sedangkan pada minuman kefir (*kefir drink*) adalah 1 : 1,4 (Farnwoth, 2005).

Kefir berasal dari pegunungan Kaukasian sebelah utara atau sebelah timur laut Mongolia, dan telah diproduksi selama ratusan tahun dalam skala rumah tangga secara tradisional dalam kantung kulit, atau dalam tembikar. Bahan untuk pembuatan kefir biasanya adalah susu sapi atau susu kambing. Kefir diproduksi di negara-negara di Rusia dan hanya sedikit diproduksi di negara-negara Eropa (Surono, 2004). Kefir mengandung 0,5 – 1,0 % alkohol dan 0,9 – 1,1 % asam laktat. Produk ini sangat populer di Uni Soviet, dimana konsumsi kefir mencapai 4,5 kg per kapita per tahun (Rahman, 1992).

Kefir diperoleh melalui proses fermentasi susu pasteurisasi menggunakan starter berupa butir atau biji kefir (*kefir grain/kefir granule*), yaitu butiran-butiran putih atau krem dari kumpulan bakteri, antara lain *Streptococcus sp.*, *Lactobacilli* dan beberapa jenis ragi/khamir nonpatogen. Bakteri berperan menghasilkan asam laktat dan komponen flavor, sedangkan ragi menghasilkan gas asam arang atau karbon dioksida, dan sedikit alkohol. Itulah sebabnya rasa kefir di samping asam juga sedikit ada rasa alkohol dan soda, yang membuat rasa kefir lebih segar, dan

kombinasi karbon dioksida dan alkohol menghasilkan buih yang menciptakan karakter mendesis pada produk (Usmiati, 2007).

Bibit atau inokulan dalam pembuatan kefir disebut biji kefir. Biji tersebut berwarna putih kekuningan dan tidak dapat larut dalam air maupun beberapa pelarut lainnya. Bila biji kefir dimasukkan dalam susu maka biji tersebut akan mengembang karena menyerap air dan warnanya berubah menjadi putih. Biji kefir mengandung 24% polisakarida yang bersifat lengket (antara lain mengandung amilopektin) serta mikroba simbiotik yaitu khamir (*Saccharomyces kefir* dan *Torula kefir*), *Lactobacilli* (*Lactobacillus caucasicus*), *Leuconostocs* serta *Streptococci lactate* (Rahman, 1992).

Fermentasi pada susu yang telah diinokulasi dengan biji kefir berlangsung kira-kira 24 jam. Selama waktu berlangsungnya fermentasi, bakteri asam laktat homofermentatif *streptococci* tumbuh dengan cepat, ditandai dengan turunnya pH. Rendahnya pH membantu pertumbuhan *lactobacilli*, akan tetapi menyebabkan jumlah *streptococcus* berkurang. Adanya khamir pada biji kefir, mendorong pertumbuhan bakteri *streptococcus* yang menghasilkan aroma. Selama fermentasi, pertumbuhan bakteri asam laktat disokong oleh khamir dan bakteri asam asetat (Koroleva, 1988).

Bibit kefir dapat dipakai ulang beberapa kali dan bibit ini diperoleh dengan cara pemisahan melalui penyaringan. Kemudian biji kefir dicuci dan direndam dalam air dingin dan disimpan pada suhu 4°C. Penyimpanan dengan cara basah ini hanya tahan satu minggu. Bila akan disimpan dalam jangka waktu yang lama, biji kefir harus dikeringkan dengan cara dibungkus kain bersih selama 36 – 48 jam

pada suhu kamar, kemudian disimpan pada suhu 4°C. Biji kefir kering ini dapat dipertahankan aktivitasnya lebih dari satu tahun (Rahman, 1992).

2.5 Ubi Ungu

2.5.1 Sejarah singkat

Ubi jalar atau ketela rambat (*sweet potato*) diduga berasal dari benua Amerika. Para ahli botani dan pertanian memperkirakan daerah asal tanaman ubi jalar adalah Selandia Baru, Polinesia, dan Amerika bagian tengah. Nikolai Ivanovich Vavilov, seorang ahli botani Soviet, memastikan daerah sentrum primer asal tanaman ubi jalar adalah Amerika Tengah (Purwono, 2009).

Ubi jalar mulai menyebar ke seluruh dunia, terutama negara-negara beriklim tropis, diperkirakan pada abad ke-16. Penyebaran ubi jalar pertama kali terjadi ke Spanyol melalui Tahiti, Kepulauan Guam, Fiji, dan Selandia Baru. Orang-orang Spanyol dianggap berjasa menyebarkan ubi jalar ke kawasan Asia, terutama Filipina, Jepang, dan Indonesia (Purwono, 2009)

Pada tahun 1960-an penanaman ubi jalar sudah meluas hampir di semua propinsi di Indonesia. Daerah sentra produksi ubi jalar pada mulanya terpusat di Pulau Jawa. Pada tahun 1968, Indonesia merupakan negara penghasil ubi jalar nomor empat di dunia karena berbagai daerah di Indonesia menanam ubi jalar. Sentra produksi ubi jalar yang termasuk lima daerah terluas penanaman komoditi ini adalah Propinsi Jawa Barat, Jawa Tengah, Jawa Timur, Irian Jaya, dan Sumatera Utara (Rukmana, 1997).

2.5.2. Sifat fisik

Ubi jalar memiliki ukuran, bentuk, warna kulit, dan warna daging bermacam-macam, tergantung pada varietasnya. Ukuran umbi tanaman ubi jalar

bervariasi, ada yang besar dan ada pula yang kecil. Bentuk umbi tanaman ubi jalar ada yang bulat, bulat lonjong (oval), dan bulat panjang. Kulit umbi ada yang berwarna putih, kuning, ungu, jingga, dan merah. Demikian juga daging umbi tanaman ubi jalar ada yang berwarna putih, kuning, jingga, dan ungu muda. Struktur kulit tanaman ubi jalar juga bervariasi antara tipis sampai tebal dan bergetah.

Umbi tanaman ubi jalar memiliki tekstur daging bervariasi, ada yang masir (mempur) dan ada pula yang benyek berair. Rasa umbi tanaman ubi jalar pun bervariasi, ada yang manis, kurang manis, dan ada pula yang gurih. Warna daging umbi memiliki hubungan dengan kandungan gizi, terutama kandungan beta karoten. Umbi yang berwarna jingga atau oranye mengandung betakaroten lebih tinggi daripada jenis ubi jalar lainnya. Demikian pula, daging umbi yang berwarna oranye memiliki rasa yang lebih manis daripada daging umbi yang berwarna lain (Juanda dan Bambang, 2000).

2.5.3. Kandungan gizi

Ubi jalar merupakan sumber karbohidrat dan sumber kalori yang cukup tinggi. Kandungan karbohidrat ubi jalar menduduki peringkat keempat setelah padi, jagung, dan ubi kayu. Ubi jalar merupakan sumber vitamin dan mineral sehingga cukup baik untuk memenuhi gizi dan kesehatan masyarakat. Vitamin yang terkandung dalam ubi jalar adalah vitamin A (betakaroten), vitamin C, thiamin (B1), dan riboflavin (vitamin B12). Sedangkan mineral yang terkandung dalam ubi jalar adalah zat besi (Fe), fosfor, kalsium (Ca), dan Natrium (Na). Kandungan zat gizi lainnya yang terdapat dalam ubi jalar adalah protein, lemak, serat kasar, kalori, dan abu (Juanda dan Bambang, 2000).

Karbohidrat yang dikandung ubi jalar masuk dalam klasifikasi *low glyceemic index*, artinya komoditi ini sangat cocok untuk penderita diabetes. Mengonsumsi ubi jalar tidak secara drastis menaikkan gula darah, berbeda halnya dengan sifat karbohidrat dengan *glyceemic index* tinggi, seperti beras dan jagung. Sebagian besar serat ubi jalar merah merupakan serat larut, yang menyerap kelebihan lemak/kolesterol darah, sehingga kadar lemak/kolesterol dalam darah tetap aman terkendali (Hasyim dan Yusuf, 2008).

Dilihat dari kandungan gizinya yang sangat lengkap, ubi jalar dapat memenuhi kebutuhan gizi bagi kesehatan tubuh. Zat-zat yang terkandung di dalamnya dapat mencegah berbagai penyakit, membangun sel-sel tubuh, menghasilkan energi, dan meningkatkan proses metabolisme tubuh.

2.5.4. Keunggulan zat gizi

Ubi ungu (*Ipomoea batatas*) biasa disebut *Ipomoea batatas blackie* karena memiliki kulit dan daging umbi yang berwarna ungu kehitaman (ungu pekat). Ubi ungu mengandung pigmen anthosianin yang lebih tinggi daripada ubi jalar jenis lain. Pigmennya lebih stabil bila dibandingkan anthosianin dari sumber lain seperti kubis merah, elderberries, blueberries, dan jagung merah (Aripnur, 2010).

Keberadaan senyawa anthosianin pada ubi jalar yaitu pigmen yang terdapat pada ubi alar ungu atau merah dapat berfungsi sebagai komponen pangan sehat dan paling komplet. Sekelompok antosianin yang tersimpan dalam ubi jalar mampu menghalangi laju kerusakan sel radikal bebas akibat nikotin, polusi udara, dan bahan kimia lainnya. Selain itu, antosianin juga memiliki kemampuan sebagai antimutagenik dan antikarsinogenik terhadap mutagen dan karsinogen yang terdapat pada bahan pangan dan olahannya, mencegah gangguan pada fungsi hati,

antihipertensi dan menurunkan kadar gula darah (antihyperglisemik). Hampir semua zat gizi yang terkandung dalam ubi ungu mendukung kemampuannya memerangi serangan jantung koroner.

Dibanding ubi jalar putih, tekstur ubi jalar merah/ungu memang lebih berair dan kurang pasir (sandy), tapi lebih lembut. Rasanya tidak semanis yang putih padahal kadar gulanya tidak berbeda. Ubi jalar putih mengandung 260 mkg (869 SI) betakaroten per 100 gram, ubi merah yang berwarna kuning emas tersimpan 2900 mkg (9675 SI) betakaroten, ubi merah yang berwarna jingga 9900 mkg (32967 SI). Makin pekat warna jingganya makin tinggi kadar betakarotennya yang merupakan bahan pembentuk vitamin A dalam tubuh. Secangkir ubi jalar merah kukus yang telah dilumatkan menyimpan 50000 SI betakaroten, setara dengan kandungan betakaroten dalam 23 cangkir brokoli, yang menggemirakan perebusan hanya merusak 10% kadar betakaroten, sedangkan penggorengan atau pemanggangan dalam oven hanya 20%. Namun penjemuran menghilangkan hampir separuh kandungan betakaroten, sekitar 40% (Hasyim dan Yusuf, 2008).

Menyantap sepori ubi jalar merah kukus/rebus sudah memenuhi anjuran kecukupan vitamin A 2100-3600 mkg sehari. Didukung masukan zat gizi lain selain betakaroten, warna jingga pada ubi jalar juga memberi isyarat akan tingginya kandungan senyawa lutein dan zeaxantin, antioksidan. Keduanya termasuk pigmen warna sejenis klorofil merupakan pembentuk vitamin A. Lutein dan zeaxantin merupakan senyawa aktif yang memiliki peran penting menghalangi proses perusakan sel.

Serat alami oligosakarida yang tersimpan dalam ubi jalar ini sekarang menjadi komoditas bernilai dalam pemerikayaan produk pangan olahan, seperti

susu. Selain mencegah sembelit, oligosakarida memudahkan buang angin. Kandungan serat bermanfaat bagi keseimbangan flora usus dan prebiotik, merangsang pertumbuhan bakteri yang baik bagi usus sehingga penyerapan zat gizi menjadi lebih baik dan usus lebih bersih (Hasyim dan Yusuf, 2008). Berikut adalah tabel perbandingan kandungan gizi ubi ungu, putih dan kuning:

Tabel 2.1. Perbandingan kandungan gizi ubi ungu, putih, dan merah dalam tiap 100 gram bahan segar.

No	Kandungan Gizi	Ubi Ungu	Ubi Putih	Ubi Kuning*)
1	Kalori (kal)	123,00	123,00	136,00
2	Protein (g)	1,80	1,80	1,10
3	Lemak (g)	0,70	0,70	0,40
4	Karbohidrat (g)	27,90	27,90	32,30
5	Kalsium (mg)	30,00	30,00	57,00
6	Fosfor (mg)	49,00	49,00	52,00
7	Zat Besi (mg)	0,70	0,70	0,70
8	Natrium (mg)	-	-	5,00
9	Kalium (mg)	-	-	393,00
10	Niacin (mg)	-	-	0,60
11	Vitamin A (SI)	7.700,00	60,00	900,00
12	Vitamin B1 (mg)	0,90	0,90	0,10
13	Vitamin B2 (mg)	-	-	0,04
14	Vitamin C (mg)	22,0	22,0	35,00
15	Air (g)	68,50	68,50	-
16	Antosianin (µg)	110,15	30,2	32,2

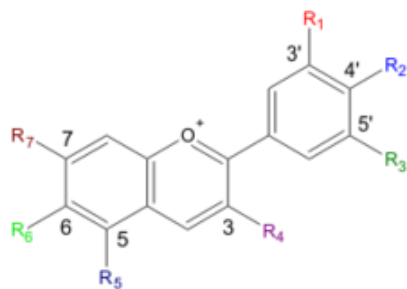
Keterangan: *) *Food and Nutrition Research Center Handbook I, Manila*

-) Tidak ada data

(Sumber: Direktorat Gizi Depkes RI, 198 dalam Rukmana, 1997 dan Balitkabi, 2001)

2.5.5 Aktivitas antioksidan ubi ungu

Warna ungu dari ubi ungu berasal dari pigmen alami yang terkandung di dalamnya. Pigmen hidrofilik antosianin termasuk golongan flavonoid yang menjadi pewarna pada sebagian besar tanaman, yaitu warna biru, ungu dan merah. Hingga saat ini telah ditemukan 23 jenis pigmen antosianidin basis (aglikon) dan 6 yang umum ditemukan di tanaman adalah pelargonidin, cyanidin, peonidin, delphinidin, petunidin dan malvidin (Kim *et al.*, 2012).



Gambar 1. Struktur antosianin (Gross, 1991)

Konsentrasi antosianin inilah yang menyebabkan beberapa jenis ubi ungu mempunyai gradasi warna ungu yang berbeda (Kim *et al.*, 2012). Ubi ungu yang berbeda kultivar memiliki kandungan antosianin yang berbeda pula. Antosianin memberikan efek kesehatan yang sangat baik yaitu sebagai antioksidan dan antikanker karena defisiensi elektron pada struktur kimianya sehingga bersifat reaktif menangkal radikal bebas (Jiao *et al.*, 2012).

Antosianin yang diekstrak dari ubi ungu juga dapat menangkal secara signifikan pembentukan peroksida lemak. Pada penelitian terhadap ekstrak ubi ungu telah ditemukan sebanyak 16 jenis antosianin dengan menggunakan teknik HPLCDAD (Jiao *et al.*, 2012). Antosianin dapat terdegradasi karena beberapa faktor yaitu: pH, suhu, struktur, cahaya, oksigen, pelarut, enzim, dan ion logam (Jiao *et al.*, 2012). Shan *et al.* (2007) melaporkan bahwa antosianin ubi ungu berfungsi sebagai antioksidan alami.

Aktivitas antioksidan dari antosianin ubi ungu dihitung menggunakan metode DPPH (α -diphenyl- β -picrilhydrazyl) (Molyneux, 2004). Metode ini didasarkan kepada reaksi pemberian ion hidrogen dari bahan pangan yang mengandung antioksidan sehingga mengurangi warna ungu DPPH-radikal bebas, menjadi DPPH-H warna kuning yang tidak lagi bersifat radikal bebas (Kumaran dan Karunakaran, 2006). Pengurangan jumlah absorpsi DPPH (yang diukur

menggunakan panjang gelombang 517 nm) menunjukkan kemampuan anti radikal bebas bahan pangan sumber antioksidan (Jiao *et al.*, 2012).

Tingkatan suhu dan lama pemanasan memiliki pengaruh yang kuat pada stabilitas antosianin (Patras *et al.*, 2010). Miller *et al.* (1996) melaporkan bahwa perlakuan suhu tinggi yaitu blanching (95⁰C selama 3 menit) yang dikombinasi dengan pasteurisasi dalam pengolahan buah blueberry menjadi puree mengakibatkan hilangnya 43% total antosianin monomer akan tetapi nilai warna polimer ternyata meningkat dari 1% sampai 12% , dibandingkan dengan tingkat asli yang ditemukan di buah segar. Patras *et al.* (2010) melaporkan bahwa pemanasan dapat menyebabkan pengurangan kerja enzim polifenol oksidase. Miller *et al.* (1996) melaporkan bahwa antosianin dari wortel hitam cukup stabil selama pemanasan pada 70-80⁰C. Jiao *et al.* (2012) dan Terahara dan Yamaguchi (2004) menyatakan bahwa aktivitas antioksidan tepung ubi ungu mengalami peningkatan seiring dengan peningkatan konsentrasi yang diujikan pada metode DPPH-radikal bebas. Yudiono (2011) memaparkan bahwa aktivitas antioksidan ubi ungu adalah 72,64%.

2.6 Tepung Ubi Ungu

Ubi jalar dapat diproses menjadi tepung yang bisa diolah menjadi aneka produk makanan yang mempunyai nilai tambah tinggi. Hal ini sejalan dengan pendapat para ahli pangan bahwa pemanfaatan bahan pangan berkarbohidrat tinggi dalam bentuk tepung lebih menguntungkan, karena lebih fleksibel, mudah dicampur, dapat diperkaya zat gizinya (fortifikasi), ruang tempat lebih efisien, daya tahan simpan lebih lama, dan sesuai dengan tuntutan kehidupan modern yang serba praktis (Winarno, 2003b).

Tepung ubi jalar dapat dibuat secara langsung dari ubi jalar yang dihancurkan dan kemudian dikeringkan, tetapi dapat pula dibuat dari gaplek ubi jalar yang dihaluskan (digiling) dan kemudian diayak (disaring). Pembuatan tepung ubi jalar dilakukan dengan cara pengeringan/ penjemuran irisan tipis daging ubi jalar yang telah dikupas dan dicuci bersih. Pengeringan tepung ubi jalar dengan pengering oven adalah pada suhu 60°C selama 10 jam, sedangkan dengan pengering kabinet adalah pada suhu 60°C selama 5 jam, dan dengan pengering tipe drum (drum dryer) adalah pada suhu 110°C dengan tekanan 80 psia dan kecepatan putar 17 rpm. Setelah kering, irisan ini dihancurkan dan diayak sampai menjadi tepung dengan tingkat kehalusan tertentu (80-100 mesh) (Ambarsari *et al.*, 2009).

Langkah-langkah yang perlu dilakukan dalam pembuatan tepung ubi jalar adalah pembersihan dan pengupasan umbi, pensawutan ataupun pengirisan umbi, pengeringan, dan pengayakan hingga diperoleh produk dalam bentuk tepung halus (Ambarsari *et al.*, 2009). Berikut ini adalah rekomendasi persyaratan mutu fisik dan kimia tepung ubi ungu:

Tabel 2.2. Persyaratan mutu fisik dan kimia tepung ubi ungu

Parameter	Komponen Mutu	Tepung Ubi ungu
Fisk	Bentuk	Serbuk
	Bau	Normal
	Warna	Normal (sesuai warna umbi)
	Benda asing	Tidak ada
	Kehalusan (lolos ayakan 80 mesh)	Min. 90%
Kimia	Air (%bb)	7,28
	Abu (%)	5,31
	Lemak (%)	0,81
	Protein (%)	2,79
	Serat kasar (%)	4,72

Sumber: Ambarsari *et al.* (2009)

2.7 Antioksidan

Antioksidan adalah suatu senyawa yang pada konsentrasi rendah secara signifikan dapat menghambat atau mencegah oksidasi substrat dalam reaksi rantai (Halliwell dan Whitemann, 2004; Leong dan Shui, 2002). Antioksidan dapat melindungi sel-sel dari kerusakan yang disebabkan oleh molekul tidak stabil yang dikenal sebagai radikal bebas. Antioksidan dapat mendonorkan elektronnya kepada molekul radikal bebas, sehingga dapat menstabilkan radikal bebas dan menghentikan reaksi berantai. Contoh antioksidan antara lain β karoten, likopen, vitamin C, vitamin E, dan polifenol (Sies, 1997).

Antioksidan dikelompokkan menjadi antioksidan enzim dan vitamin. Antioksidan enzim meliputi superoksida dismutase (SOD), katalase, dan glutathion peroxidases (GSH.Prx). Antioksidan vitamin meliputi alfa tokoferol (vitamin E), beta karoten dan asam askorbat (vitamin C). Antioksidan vitamin lebih populer sebagai antioksidan dibandingkan enzim. Antioksidan yang termasuk ke dalam vitamin dan fitokimia disebut flavonoid. Flavonoid memiliki kemampuan untuk meredam molekul tidak stabil yang disebut radikal bebas.

2.7.1 Klasifikasi antioksidan

Antioksidan dapat dikelompokkan menjadi dua bagian, yaitu antioksidan primer atau alami dan antioksidan sekunder atau sintetik.

A. Antioksidan primer atau alami

Antioksidan adalah zat yang dapat mencegah atau menghambat proses oksidasi sehingga membentuk senyawa yang lebih stabil. Antioksidan golongan polifenol adalah kelompok yang paling banyak terdapat dalam buah-buahan, sayuran, tanaman polongan, biji-bijian, teh, rempah-rempah, dan anggur

(Borowska, 2008). Berikut adalah pengelompokan antioksidan primer (Hurrell, 2003):

1. Antioksidan mineral adalah kofaktor antioksidan enzim. Keberadaannya mempengaruhi metabolisme makromolekul kompleks seperti karbohidrat. Contoh: selenium, tembaga, besi, seng, dan mangan.
2. Antioksidan vitamin, dibutuhkan untuk fungsi metabolisme tubuh. Contoh: vitamin C, vitamin E, vitamin B.
3. Fitokimia adalah senyawa fenolik, yang bukan vitamin maupun mineral. Senyawa yang termasuk ke dalam golongan fitokimia adalah senyawa flavonoid. Flavonoid adalah senyawa fenolik yang memberi warna pada buah, biji-bijian, daun, bunga, dan kulit. Sebagai contoh katekin adalah senyawa antioksidan paling aktif pada teh hijau dan hitam, karotenoid adalah zat warna dalam buah-buahan dan sayuran, β karoten terdapat pada wortel dapat dikonversi menjadi vitamin A, likopen banyak terdapat dalam tomat dan zeaxantin banyak pada bayam.

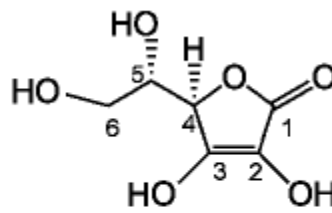
B. Antioksidan sekunder atau sintetik

Senyawa antioksidan sintetik memiliki fungsi menangkap radikal bebas dan menghentikan reaksi berantai (Hurrell, 2003), berikut adalah contoh antioksidan sintetik: Butylated hydroxyl anisole (BHA), Butylated hydroxytoluene (BHT), Propyl gallate (PG) dan metal chelating agent (EDTA), Tertiary butyl hydroquinone (TBHQ), Nordihydro guaretic acid (NDGA). Antioksidan utama pada saat ini digunakan dalam produk makanan adalah monohidroksi atau polihidroksi senyawa fenol dengan berbagai substituen pada cincin (Hamid, 2010).

2.7.2 Jenis antioksidan alami

A. Vitamin C

Asam askorbat atau vitamin C (Gambar 1) adalah antioksidan monosakarida yang ditemukan pada tumbuhan. Asam askorbat adalah komponen yang dapat mengurangi dan menetralkan oksigen reaktif, seperti hidrogen peroksida (Ortega, 2006).

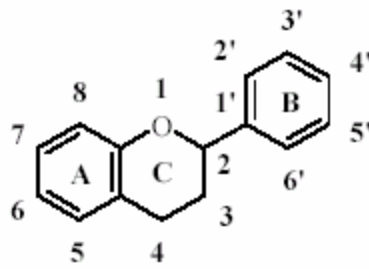


(1) L-Ascorbic acid

Gambar 2. Struktur vitamin C (Thomas *et al.*, 2002)

B. Flavonoid

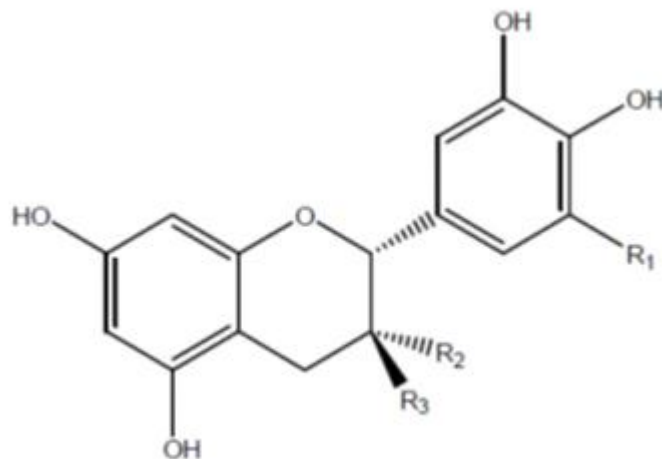
Flavonoid merupakan kelompok antioksidan penting dan dibagi menjadi 13 kelas, dengan lebih dari 4000 senyawa ditemukan sampai tahun 1990 (Harborne, 1993). Flavonoid merupakan senyawaan fenol yang dimiliki oleh sebagian besar tumbuhan hijau dan biasanya terkonsentrasi pada biji, buah, kulit buah, kulit kayu, daun, dan bunga (Miller, 1996). Flavonoid memiliki kontribusi yang penting dalam kesehatan manusia. Menurut Hertog (1992) disarankan agar setiap hari manusia mengonsumsi beberapa gram flavonoid. Flavonoid diketahui berfungsi sebagai antimutagenik dan antikarsinogenik, selain itu memiliki sifat sebagai antioksidan, anti peradangan, anti alergi, dan dapat menghambat oksidasi LDL (Low Density Lipoprotein) (Rahmat, 2009).



Gambar 3. Struktur flavonoid (Markham, 1988)

Senyawa flavonoid yang paling banyak terdapat di alam adalah flavonol, flavon, flavon-3-ol, isoflavon, flavanon, antosianidin dan proantosianidin (Bravo, 1998). Kombinasi yang beragam dari gugus hidroksil, gula, oksigen, dan metil pada struktur ini menjadi dasar pembagian golongan flavonoid menjadi flavonol, flavanon, flavon, flavon-3-ol (katekin), antosianidin, biflavonoid, dan isoflavon (Markham 1988; Miller 1996).

Menurut USDA Database for the Flavonoid Content of Selected Foods dalam Ingrid dan Santoso (2014), buah kiwi mengandung senyawa bioaktif flavonoid yang dibagi ke dalam kelas: antosianidin, flavanon, flavon, flavonol, dan flavon-3-ol. Penentuan kadar flavonoid pada buah kiwi dinyatakan dengan kadar katekin dimana katekin termasuk kedalam kelas flavon-3-ol. Senyawa katekin, memiliki gugus fungsi dari senyawa flavon-3-ol dengan posisi R1 dan R2 diganti dengan gugus H, sedangkan pada posisi R3 diganti dengan gugus OH.

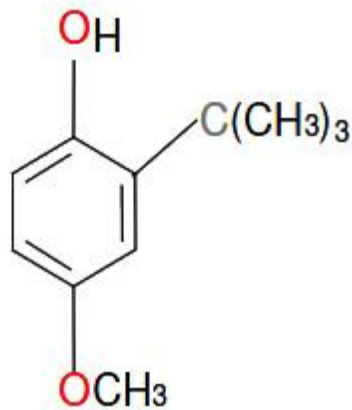


Gambar 4. Struktur flavon-3-ol (USDA Database for the Flavonoid Content of Selected Foods dalam Ingrid dan Santoso, 2014)

C. Polifenol

Karakteristik antioksidan yang berasal dari bahan pangan dilihat dari kandungan polifenol. Sampai saat ini, minat penelitian terhadap senyawa fenolik meningkat karena kemampuan ‘*scavenging*’ terhadap radikal bebas. Polifenol merupakan salah satu kelompok yang paling banyak dalam tanaman pangan, dengan lebih dari 8000 struktur fenolik dikenal saat ini (Harborne, 1993). Polifenol adalah produk sekunder dari metabolisme tanaman. Senyawa antioksidan alami polifenol adalah multifungsional, dapat berfungsi sebagai (Harborne, 1993):

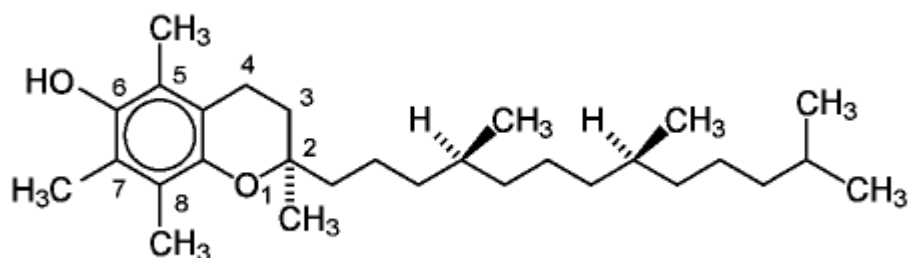
- a) Pereduksi atau donor elektron,
- b) Penangkap radikal bebas,
- c) Pengkelat logam, dan
- d) Peredam terbentuknya singlet oksigen.



Gambar 5. Struktur polifenol (Hamid, 2010)

D. Vitamin E

Vitamin E merupakan vitamin yang larut dalam lemak dan memiliki sifat antioksidan, diantara vitamin E, yang paling banyak dipelajari adalah α tokoferol (Gambar 4) karena memiliki ketersediaan hayati yang tinggi (Thomas *et al.*, 2002). Tokoferol dapat melindungi membran sel dari oksidasi oleh radikal bebas pada reaksi rantai peroksidasi lipid. Tokoferol dapat menghambat radikal bebas dan mencegah tahap reaksi propagasi. Reaksi ini menghasilkan radikal tokoferosil yang dapat diubah kembali ke bentuk kurang aktif melalui pemberian elektron dari antioksidan lainnya, seperti askorbat dan retinol. Berikut ini pada gambar 5 adalah struktur kimia dari vitamin E :

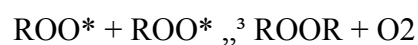
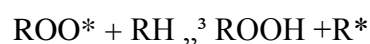
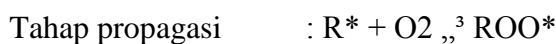


Gambar 6. Struktur α tokoferol (Thomas *et al.*, 2002)

2.7.3 Mekanisme kerja antioksidan

Radikal bebas adalah molekul yang mengandung satu atau lebih elektron tidak berpasangan pada orbital terluarnya, radikal bebas sangat reaktif dan tidak stabil, sebagai usaha untuk mencapai kestabilannya radikal bebas akan bereaksi dengan atom atau molekul di sekitarnya untuk memperoleh pasangan elektron. Reaksi ini dalam tubuh dapat menimbulkan reaksi berantai yang mampu merusak struktur sel, bila tidak dihentikan akan menimbulkan berbagai penyakit seperti kanker, jantung, katarak, penuaan dini, serta penyakit degeneratif lainnya. Untuk meredam aktivitas radikal bebas diperlukan antioksidan. Antioksidan adalah senyawa yang dapat mendonorkan elektronnya (pemberi atom hidrogen) kepada radikal bebas, sehingga menghentikan reaksi berantai, dan mengubah radikal bebas menjadi bentuk yang stabil.

Antioksidan pada makanan digunakan untuk mencegah atau menghambat proses oksidasi yang terjadi pada produk makanan misalnya lemak, terutama yang mengandung asam lemak tidak jenuh, dapat teroksidasi sehingga menjadi tengik, selain itu berguna untuk mencegah reaksi browning pada buah dan sayuran (Hamid, 2010). Reaksi berantai pada radikal bebas (tanpa ada antioksidan) terdiri dari tiga tahap, yaitu:



Pada tahap inisiasi terjadi pembentukan radikal bebas (R^*) yang sangat reaktif, karena (RH) melepaskan satu atom hidrogen, hal ini dapat disebabkan adanya cahaya, oksigen, ataupun panas. Pada tahap propagasi, radikal (R^*) akan bereaksi dengan oksigen membentuk radikal peroksi (ROO^*). Radikal peroksi selanjutnya akan menyerang RH (misalnya pada asam lemak) menghasilkan hidroperoksida dan radikal baru. Hidrogen peroksida yang terbentuk bersifat tidak stabil dan akan terdegradasi menghasilkan senyawa-senyawa karbonil rantai pendek seperti aldehida dan keton (Nugroho, 2007).

Tanpa adanya antioksidan, reaksi oksidasi lemak akan berlanjut sampai tahap terminasi, sehingga antar radikal bebas dapat saling bereaksi membentuk senyawa yang kompleks. Dengan adanya antioksidan, antioksidan memberikan atom hidrogen atau electron pada radikal bebas (R^* , ROO^*), mengubahnya ke bentuk yang lebih stabil RH. Sementara turunan radikal antioksidan (A^*) memiliki keadaan lebih stabil dibanding radikal semula R^* . Reaksi penghambatan antioksidan terhadap radikal lipid mengikuti persamaan reaksi sebagai berikut (Nugroho, 2007) :

