

BAB II

KAJIAN TEORI

2.1 Ubi Jalar (*Ipomoea batatas*)

2.1.1 Taksonomi dan Morfologi Ubi Jalar (*Ipomoea batatas*)

Dalam sistematika (taksonomi) tumbuhan, tanaman ubi jalar diklasifikasikan sebagai berikut (Rukmana,1997):

Kingdom Plantae
Divisi Spermathopyta
Subdivisi Angiospermae
Kelas Dicotyledonae
Ordo Convolvulales
Famili Convolvulaceae
Genus Ipomoea
Spesies *Ipomoea batatas* L. sin.

Ubi jalar mempunyai banyak nama atau sebutan antara lain, ketela rambat, huwi boled (Sunda), tela rambat dan sabrang (Jawa), gadong, piek, gadung enjalur, katelo, ubi katelo, ubi pelo, tetilo, balading (Sumatra), *Sweet potato* (Inggris), dan *Shoyu* (jepang) (Hernani,2006).

Tanaman ubi jalar termasuk tumbuhan semusim (*annual*) yang memiliki susunan tubuh utama terdiri dari batang, ubi, daun, bunga, buah dan biji (Rukmana, 1997).

1. Batang tanaman berbentuk bulat, tidak berkayu, berbuku-buku, dan tipe pertumbuhannya tegak atau merambat (menjalar).
2. Daun berbentuk bulat sampai lonjong dengan tepi rata, sedangkan bagian ujung daun meruncing. Helaian daun berukuran lebar, menyatu mirip bentuk jantung, namun adapula yang bersifat menjari.

3. Bunga ubi jalar berbentuk mirip “terompet”, tersusun dari lima helai daun mahkota, lima helai daun bunga, dan satu tangkai putik. Mahkota bunga berwarna putih atau putih keungu-unguan.
4. Bentuk ubi yang ideal adalah lonjong agak panjang dengan berat antara 200 g -250 g per ubi. Kulit ubi berwarna putih, kuning, ungu, atau ungu kemerah-merahan. Daging ubi berwarna putih, kuning, atau jingga sedikit ungu. Ubi yang berkadar tepung tinggi rasanya cenderung manis.



Gambar 2.1 Umbi Ubi Jalar ungu (Balitkabi,2008)

Ubi jalar tergolong pada tumbuhan semak bercabang, batang gundul atau berambut, kadang-kadang membelit, bergetah, keunguan, panjang sampai 5 m. Panjang tangkai daun mencapai 4-20 cm. Helaian daun lebar dan berbentuk telur sampai membulat dengan pangkal yang berbentuk jantung atau terpacung, bersudut sampai berlekuk kadang-kadang berbagi menjari 3-5 dalam. Karang bunga di ketiak, bentuk payung dan berbunga satu. Daun pelindung kecil, daun kelopak memanjang

bulat telur, runcing. Mahkota bentuk lonceng sampai bentuk terompet, ungu muda, panjang 3-4,5 cm (Steenis, 2006).

2.1.2. Kandungan Gizi Ubi Jalar Ungu (*Ipomoea batatas*)

Ubi jalar ungu biasa disebut *Ipomoea batatas blackie* karena memiliki kulit dan daging umbi yang berwarna ungu kehitaman (ungu pekat). Ubi jalar ungu mengandung pigmen antosianin yang lebih tinggi daripada ubi jalar jenis lain (Kumalaningsih, 2006). Komposisi kimia ubi jalar secara umum dapat dilihat pada Tabel 2.1

Tabel 2.1 Komposisi kimia ubi jalar per 100 gram

Kandungan gizi	Nilai	Satuan
Lemak	0,7	Gram
Karbohidrat	27,9	Gram
Protein	1,8	Gram
Kalori	123	Kalori
β - Karoten	30,2	Gram
Antosianin	110, 15	Gram
Air	68,5	Gram
Serat kasar	1,2	Gram
Kadar Gula	0,4	Gram

Sumber : Balitkabi, 2011

2.1.3. Antosianin

Ubi jalar ungu mengandung pigmen antosianin yang lebih tinggi daripada ubi jalar lain. Pigmennya lebih stabil bila dibanding dengan antosianin dari sumber lain seperti kubis merah, blueberries, dan jagung merah. Total kandungan antosianin ubi jalar ungu adalah 519 mg/100g berat basah (Kumalaningsih, 2006).

Limbah kulit ubi jalar yang diperoleh dari SPAT Parelegi Pasuruan masih mengandung sejumlah komponen bioaktif yang potensial, salah satunya berupa senyawa antosianin. Dengan menggunakan teknik ekstraksi yang lebih efisien dalam mengekstrak antosianin, salah satunya dengan MAE (*Microwave Assisted Extraction*) dapat diperoleh hasil penelitian yang menunjukkan bahwa perlakuan terbaik diperoleh dari waktu ekstraksi selama 300 detik dan rasio bahan:pelarut 1:20 (b/v), dengan kadar antosianin 729,74 mg/100 g, aktivitas antioksidan IC₅₀ 66,80 ppm (Agung, 2012).

Adanya kandungan antosianin pada kulit ubi jalar ungu ini dapat dimanfaatkan sebagai pewarna alami yang aman dalam nata *de Ipomoea Skin* pada penelitian ini. Hal ini adalah bukti bahwa segala sesuatu yang diciptakan Allah tidak ada yang sia-sia, oleh karenanya kita harus selalu memperhatikan segala ciptaan Allah sebagai tanda kekuasaanNya agar kita termasuk orang-orang yang berakal sehat sebagaimana firman Allah dalam al- Qur'an surat Az-Zumar/39: 21

أَلَمْ تَرَ أَنَّ اللَّهَ أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَسَلَكَهُ يَنْبِيعٌ فِي الْأَرْضِ ثُمَّ يُخْرِجُ بِهِ زَرْعًا مُخْتَلِفًا أَلْوَانُهُ
ثُمَّ يَهَيِّجُ فَتَرَهُ مُصْفَرًّا ثُمَّ يَجْعَلُهُ حُطَمًا إِنَّ فِي ذَلِكَ لَذِكْرًا لِأُولِي الْأَلْبَابِ ﴿٢١﴾

Artinya: Apakah kamu tidak memperhatikan, bahwa Sesungguhnya Allah menurunkan air dari langit, Maka diaturnya menjadi sumber-sumber air di bumi kemudian ditumbuhkan-Nya dengan air itu tanam-tanaman yang bermacam-macam warnanya, lalu menjadi kering lalu kamu melihatnya kekuning-kuningan, kemudian dijadikan-Nya hancur berderai-derai. Sesungguhnya pada yang demikian itu benar-benar terdapat pelajaran bagi orang-orang yang mempunyai akal.

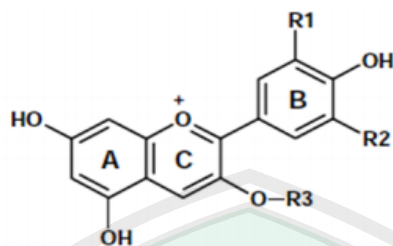
Menurut Al-Maraghi dalam *Tafsir Al-Maraghi* dijelaskan bahwa (مُخْتَلِفًا) artinya jenis-jenis dan macam-macamnya. Dengan air itu, maka keluarlah tumbuh-tumbuhan yang bermacam-macam jenis dan ragamnya. Dalam *Tafsir Ibnu Katsier* yang diterjemahkan oleh Bahreisy (1994) menafsirkan bahwa dengan air yang turun dari langit dan bersumber dari perut bumi itu Allah menumbuhkan tanaman-tanaman yang beraneka ragam warnanya, bentuknya, rasanya, baunya dan kegunaannya. Kalimat (الْوَالِئَةُ) artinya warnanya, *Warna* merupakan tampilan visual yang memberikan kesan menarik bagi yang melihatnya dan untuk membedakan jenis dari tumbuhan yang ditumbuhkan. Di dalam warna juga menunjukkan suatu kandungan vitamin dalam tumbuhan tersebut. Warna dalam tumbuhan yang diamati dalam penelitian ini adalah warna ungu pada ubi jalar. Warna ungu pada ubi jalar ini menunjukkan kandungan antosianin yang bermanfaat untuk tubuh makhluk yang memakannya.

Kalimat (أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً) bermakna banyak jenis tumbuhan yang mampu tumbuh di bumi dengan adanya air hujan, yang tergolong dalam tumbuhan tingkat rendah dan juga tingkat tinggi. Tumbuhan tingkat tinggi yaitu tumbuhan yang bisa dibedakan secara jelas bagian daun, batang, dan akarnya (Savitri, 2008). Salah satu jenis-jenis tumbuhan yang dikeluarkan yaitu ubi jalar yang tergolong tumbuhan tingkat tinggi yaitu dapat dibedakan bagian daun, batang, dan akar yang umbinya mempunyai bentuk yang lonjong, berwarna ungu dan warna ungu ini adalah kandungan antosianin yang mengandung manfaat untuk kesehatan manusia.

Anthosianin berasal dari bahasa Yunani yaitu "anthos" yang berarti bunga dan "kyanos" yang berarti biru gelap dan termasuk senyawa flavonoid. Anthosianin merupakan senyawa yang larut air dan menyebar di dunia tumbuh-tumbuhan. Warna yang terbentuk dari kandungan antosianin ini biasanya tidak dibentuk oleh satu pigmen saja tapi dibentuk dari beberapa pigmen, umumnya buah-buahan dan sayuran terdiri dari 4-6 pigmen (Kumalaningsih, 2006).

Flavonoid adalah suatu kelompok senyawa fenol yang terbesar yang ditemukan di alam. Senyawa ini merupakan zat warna merah, ungu, biru dan sebagian zat warna kuning yang terdapat dalam tanaman. Beberapa kemungkinan fungsi flavonoid yang lain bagi tumbuhan adalah sebagai zat pengatur tumbuh, pengatur proses fotosintesis, sebagai zat antimikroba, antivirus dan anti insektisida. Beberapa flavonoid sengaja dihasilkan oleh jaringan tumbuhan sebagai respon terhadap infeksi atau luka yang kemudian berfungsi menghambat fungsi penyerangnya (Kristanti, *et.al*, 2008).

Secara kimia semua antosianin merupakan turunan suatu struktur senyawa aromatik tunggal, yaitu sianidin, dan semuanya terbentuk dari pigmen sianidin dengan penambahan atau pengurangan gugus hidroksil atau dengan metilasi atau dengan glikosilasi (Kumalaningsih, 2006). Pada $\text{pH} < 2$, antosianin berada dalam bentuk kation (ion flavilium), tetapi pada pH yang sedikit asam, bentuk kuinonoid yang terbentuk. Bentuk ini dioksidasi dengan cepat oleh udara dan rusak, oleh karena itu pengerjaan terhadap antosianin aman dilakukan dalam larutan yang asam (Kristanti, *et.al*, 2008).



Gambar 2.2. Struktur Antosianin (Pujimulyani,2009)

Antosianin adalah kelompok zat warna yang berwarna merah dan biru. Zat warna antosianin tersusun dari sebuah aglikon antosianin (antosianidin) yang teresterifikasi dengan molekul gula yang bisa satu atau lebih. Gula yang sering ditemukan adalah glukosa, ramnosa, galaktosa, xilosa, dan arabinosa (Afrianti,2008).

Antosianin terdiri atas 3 gugus penting, yaitu: aglikon (antosianidin), glikon:glukosa, fruktosa, arabinosa dan asam organik: asam kumarat, asam kafeat, asam ferulat. Sedangkan warna yang ditampilkan tergantung, pada konsentrasi rendah berwarna ungu dan konsentrasi tinggi berwarna hitam, pH rendah berwarna merah (pH 3), biru violet (pH 8,5), pH tinggi berwarna biru tua (pH 11) dan warna antosianin tergantung dari pigmen lain yang terkandung di dalamnya (Pujimulyani,2009).

Tabel 2.2 Sifat-sifat Fisika dan Kimia Antosianin

Penampakan	Warna merah marak, merah senduduk, ungu, dan biru
Kelarutan	Larut dalam air dan pelarut-pelarut (methanol, HCl, etanol, dan asam sitrat)
pH	Stabil pada pH 1-3
Temperatur	Pada pH 3,5 50°C
Berat Molekul	207,08
Rumus Molekul	C ₁₅ H ₁₁ O

Sumber: Fennema (1996)

Antosianin pada ubi jalar ungu juga mempunyai fungsi fisiologis sebagai anti kanker, anti bakteri, perlindungan terhadap kerusakan hati, penyakit jantung dan stroke. Ubi jalar ungu dapat menjadi anti kanker karena mengandung zat aktif yang dinamakan selenium dan iodin yang 20 kali lebih tinggi dari jenis ubi yang lain (Sarwono,2005).

Antosianin juga berperan penting dalam mereflesi dan memperbaiki DNA, yang dapat mengoptimalkan fungsi-fungsi sel tubuh, sehingga menghambat proses penuaan, dengan kata lain mengkonsumsi ubi jalar berkadar antosianin tinggi secara teratur berpotensi untuk tetap sehat dan awet muda (Rosidah,2010). Hal ini sebagaimana tercantum dalam al- Qur'an surat as-Syuara'/26:7

أَوَلَمْ يَرَوْا إِلَى الْأَرْضِ كَمْ أَنْبَتْنَا فِيهَا مِنْ كُلِّ زَوْجٍ كَرِيمٍ ﴿٧﴾

Artinya: Dan Apakah mereka tidak memperhatikan bumi, berapakah banyaknya Kami tumbuhkan di bumi itu pelbagai macam tumbuh-tumbuhan yang baik?

Kalimat (زَوْجٍ كَرِيمٍ) bermakna berpasang-pasangan, artinya setiap tumbuhan mengandung dua hal yang berbeda yaitu positif dan negatif. Kalimat (مِنْ كُلِّ زَوْجٍ كَرِيمٍ) artinya setiap tumbuhan mengandung dua hal atau lebih kandungan yang berbeda didalamnya . Tumbuhan yang baik dalam hal ini adalah tumbuhan yang memberikan manfaat bagi makhluk hidup, termasuk tumbuhan yang dapat digunakan sebagai makanan dan obat, salah satunya ubi jalar yang memiliki zat warna alami yang dapat berfungsi sebagai zat antioksidan dalam tubuh. Sedangkan kandungan oligosakarida yang cukup tinggi pada ubi jalar memiliki dampak negatif bagi yang mengkonsumsi yaitu dapat menyebabkan flatulensi (penumpukan gas-gas di dalam lambung hasil

fermentasi oligosakarida oleh bakteri usus, yang dapat menyebabkan sakit kepala, dan pusing). Di karenakan senyawa oligosakarida ini tidak dapat dicerna oleh enzim dalam pencernaan manusia, sehingga merupakan medium yang terbaik untuk difermentasi oleh bakteri menguntungkan di dalam kolon dan meningkatkan populasinya, sehingga menekan bakteri merugikan. Kedua hal yang berbeda dalam satu tumbuhan ini yang harus dipelajari dan dikembangkan, inilah makna dari kata (إِنَّ) (فِي ذَلِكَ لَذِكْرٌ لِّأُولِي الْأَلْبَابِ) , *sesungguhnya pada yang demikian itu benar-benar terdapat pelajaran bagi orang-orang yang mempunyai akal*. Orang yang berakal adalah orang yang mau memanfaatkan akal fikiran yang telah diberikan Allah SWT dan digunakan untuk hal kebaikan bagi diri sendiri dan makhluk lain. Di samping itu manusia juga ditugaskan oleh Allah sebagai khalifah di bumi jadi sudah selayaknya manusia untuk memikirkan ciptaan Allah agar tercapai kehidupan yang aman dan sejahtera.

2.1.4 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Stabilitas Antosianin

Faktor-faktor yang mempengaruhi kestabilan antosianin yaitu Oksigen, pH, Temperatur, Cahaya, Ion logam, Enzim, dan Asam askorbat atau vitamin C (Kumalaningsih,2006). Antosianin merupakan indikator alami dari pH, dalam media asam tampak merah, saat pH meningkat menjadi lebih biru. Pada pH di bawah 3,5 warna antosianin lebih stabil. Budiarto (1991) menambahkan bahwa pada pH asam, komponen yang dominan adalah katium flavium sehingga warna dari larutan yang mengandung antosianin murni akan menampilkan warna merah.

Jika pH naik, lebih banyak pseudobasa yang terbentuk dan warna semakin lemah (Nollet, 1996). Pada pH 1-3 pigmen ini terlihat dalam bentuk ion oxonium merah, saat dalam bentuk terhidrasi antara pH 4 dan 7, maka warna yang terbentuk akan pudar. Saat pH tinggi warna ungu akan terbentuk, tetapi bila ionisasi ini berkisar pada pH 10 akan berubah menjadi biru (Hutchings, 1994). Antosianin lebih cepat rusak pada suhu yang lebih tinggi, pada peningkatan temperatur akan mempengaruhi stabilitas pigmen (Nollet, 1996).

2.2 Nata

2.2.1. Sejarah Nata

Kata “nata” berasal dari bahasa Spanyol yang berarti krim. Nata diterjemahkan ke dalam bahasa latin sebagai “*natate*” yang berarti terapung-apung (Ashari, 2007). Menurut Cahyadi (2007), Nata merupakan biomassa yang sebagian besar terdiri dari selulosa, berbentuk agar dan berwarna putih. Massa ini berasal dari pertumbuhan *Acetobacter xylinum* pada permukaan media cair yang asam dan mengandung gula.

Nata *de coco* adalah jenis komponen minuman yang merupakan senyawa selulosa (*dietary fiber*). Dihasilkan dari air kelapa melalui proses fermentasi yang melibatkan mikroba yang dikenal dengan nama *Acetobacter xylinum*. Nata *de coco* sangat digemari di Jepang pada tahun 1993 sehingga menjalin hubungan kerjasama dengan Philipina dalam mengeksploitasi nata *de coco* karena Philipina merupakan negara penghasil kelapa yang sangat besar karena sebagian besar tanah

perkebunannya di tanami kelapa. Makanan ringan ini sangat terkenal di Jepang sebagai makanan diet untuk gadis muda (Hidayat, *et.al*, 2006).

Seiring dengan berkembangnya ilmu pengetahuan dan juga buah di Indonesia yang cukup melimpah keberadaannya, sekarang ini telah dikembangkan beberapa produk nata yang tidak hanya menggunakan bahan baku limbah air kelapa tetapi juga menggunakan limbah dari air cucian beras yang disebut nata *de leri*, dari limbah cucian tahu atau ampas tahu yang di sebut nata *de soya*, dari limbah kulit pisang yang di sebut nata *de banana*, dari limbah kulit ubi yang di sebut nata *de Ipomoea*, dari tomat atau nata *de Tomato*, dari jagung atau nata *de Corn*. Dengan persyaratan buah yang digunakan cukup mengandung gula untuk aktivitas bakteri dan juga untuk dirubah menjadi selulosa atau yang dikenal dengan sebutan nata.

2.2.2 Kandungan Nata

Menurut suatu badan penelitian dari Balai Mikrobiologi dan Puslitbang Biologi LIPI menyatakan bahwa “ di dalam 100 gram nata terdapat kandungan nutrisi antara lain: Kalori 146 kal, Lemak 0,2 %, Karbohidrat 36,1 mg, Ca 12 mg, Fosfor 2 mg, dan Fe 0,5 mg. Nata juga mengandung air yang cukup banyak yakni sekitar 80%, dan dapat disimpan dalam jangka waktu yang cukup lama dalam suhu dingin tanpa direbus terlebih dahulu.

Syarat mutu merupakan hal yang sangat penting dalam menentukan kualitas nata pada umumnya diperdagangan Internasional.

Tabel 2.3 Syarat Mutu Kualitas Nata

No.	Jenis uji	Satuan	Persyaratan
1	Keadaan		
1.1	Bau	-	Normal
1.2	Rasa	-	Normal
1.3	Warna	-	Normal
1.4	Tekstur	-	Normal
2	Bahan asing	-	Tidak boleh ada
3	Bobot tuntas	%	Min. 50
4	Jumlah gula (dihitung sebagai Sakarosa)	%	Min. 15
5	Serat makanan	%	Maks. 4,5
6	Bahan Tambahan Makanan		
6.1	Pemanis buatan :		
	- Sakarin		Tidak boleh ada
	- Siklalat		Tidak boleh ada
6.2	Pewarna tambahan		Sesuai SNI 01-0222-
6.3	Pengawet (Na Benzoat)		Sesuai SNI 01-0222-
7	Cemaran Logam :		
7.1	Timbal (Pb)	mg/kg	Maks. 0,2
7.2	Tembaga (Cu)	mg/kg	Maks. 2
7.3	Seng (Zn)	mg/kg	Maks. 5,0
7.4	Timah (Sn)	mg/kg	Maks. 40,0/250,0 ^{*)}
8	Cemaran Arsen (As)		Maks. 0,1
9	Cemaran Mikroba :		
9.1	Angka lempeng total	Koloni/g	Maks. $2,0 \times 10^2$
9.2	Coliform	APM/g	< 3
9.3	Kapang	Koloni/g	Maks. 50
9.4	Khamir	Koloni/g	Maks. 50

Sumber : SNI 01 – 4317 – 1996

2.3 Serat atau Selulosa

2.3.1 Pengertian Serat

Serat tergolong zat non-gizi yang berguna untuk diet (*dietary fiber*). Serat makanan merupakan bagian makanan yang tidak dapat dicerna oleh cairan pencernaan (enzim), sehingga tidak menghasilkan energi atau kalori. Serat makanan

berbeda dengan serat kasar (*crude fiber*), serat kasar adalah bagian tanaman pangan yang tersisa atau tidak dapat dihidrolisis kembali oleh larutan asam sulfat (H_2SO_4) atau larutan natrium hidroksida (NaOH) dalam analisis proksimat makanan. Serat makanan ini tergolong karbohidrat yang terdiri dari selulosa, hemiselulosa, pectin dan gum.

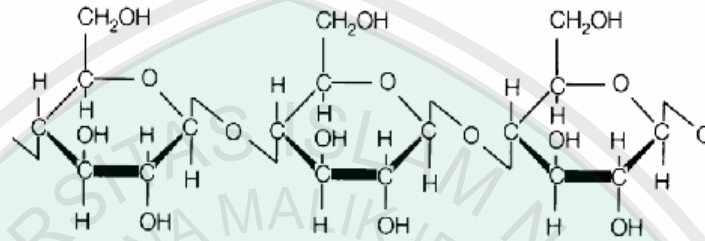
Selulosa adalah bahan penyusun utama dari jaringan serat dan dinding sel tanaman. Bahan ini terdiri atas sejumlah besar molekul glukosa yang saling berikatan melalui gugus β -(1,4)-glukopirasa dari molekul yang satu dengan gugus hidroksil C4 dari molekul glukosa yang lain (Winarti, 2010). Karena adanya konfigurasi β , molekul mudah membentuk ikatan hidrogen dan membentuk serabut Kristal fibriler yang rendah daya larutnya dalam air (Winarno, 1995).

2.3.2 Biosintesis Selulosa

Selulosa merupakan senyawa seperti serabut, liat, tidak larut air dan ditemukan di dinding sel pelindung tumbuhan terutama pada tangkai, batang, dahan, dan semua bagian berkayu dari berbagai tumbuhan. Selulosa juga diproduksi sebagai polimer ekstraseluler oleh bakteri *Acetobacter xylinum* (Smith dan Wood, 1991). Fessenden dan Fessenden (1989), selulosa merupakan rantai-rantai atau mikrofibril dari D-glukosa sebanyak 14.000 satuan.

Selulosa dicirikan dengan kekuatan daya tahannya yang tinggi terhadap zat-zat kimia dan relatif tidak larut dalam air. Selulosa dapat dihidrolisis menjadi

senyawa yang lebih sederhana dengan enzim selulase. Karena tubuh manusia tidak memiliki enzim selulase, sehingga selulosa tidak dapat dicerna oleh tubuh manusia (Kusnandar,2011).



Gambar 2.3. Struktur selulosa (Kusnandar,2011).

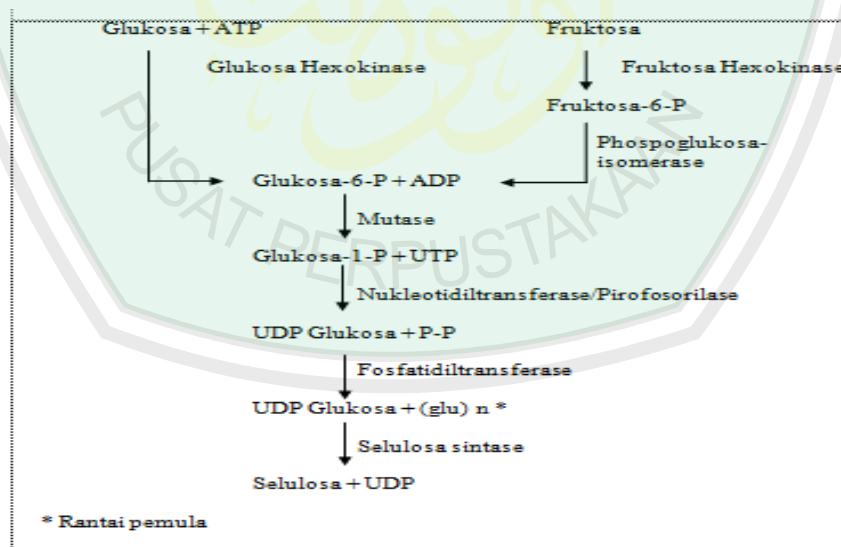
Dengan adanya 3 gugus hidroksil yang dimiliki, selulosa mempunyai kesempatan membentuk cukup banyak ikatan hidrogen dengan air sehingga selulosa dapat membengkak (Bilmeyer, 1984). Semakin tidak teratur matriks selulosa yang diikuti peningkatan luas permukaan dan porositas akan meningkatkan kemampuan dalam memperangkap air (Christian, 2002).

Biosintesa merupakan penyusunan senyawa-senyawa sederhana menjadi senyawa kompleks (Kuswanto dan sudarmadji, 1987). Pada pembuatan nata, gula awal yang digunakan adalah sukrosa, maka proses awal yang terjadi adalah pemecahan sukrosa menjadi glukosa dan fruktosa yang dapat dilakukan oleh enzim sakarase dan proses hidrolisa dengan bantuan panas dan asam. Menurut Martoharsono (1997), sukrosa yang merupakan disakarida dihidrolisis terlebih dahulu dengan bantuan enzim. Untuk pemecahan sukrosa, enzim yang berperan adalah sakarase atau invertase. Pujimulyani (2009) menambahkan bahwa enzim sukrase atau

β -fruktofuranosidase dapat menghidrolisis sukrosa menjadi glukosa dan fruktosa. Winarno (1995), enzim invertase menghidrolisis sukrosa pada gula. Hasil hidrolisis menghasilkan gula pereduksi yang rasanya lebih manis daripada sukrosa karena terbentuknya fruktosa yang sangat manis. Enzim tersebut disebut invertase karena pada hasil hidrolisisnya terjadi invertase, yaitu perubahan arah putaran optik.

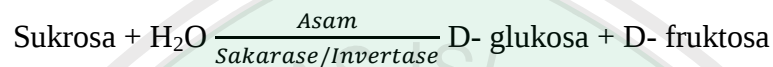
Proses pembuatan nata oleh *Acetobacter xylinum* merupakan kegiatan sintesa selulosa yang dikatalis oleh enzim pensintesis selulosa yang terikat pada membrane sel bakteri. Fermentasi gula dilakukan melalui jalur heksosa monofosfat dan siklus asam sitrat (Susilawati dan Mubarik, 2002).

Biosintesa dari glukosa dan fruktosa menjadi selulosa dapat dijelaskan sebagai berikut:



Gambar 2.4 Skema Biosintesa Selulosa Dari Glukosa dan Fruktosa (Martoharsono, 1997)

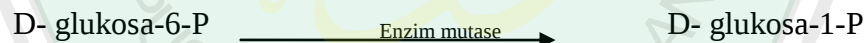
Jalur (mekanisme) terbentuknya selulosa adalah melalui jalur pentosa fosfat secara enzimatik. Sebelum masuk ke jalur pentosa, sukrosa sebagai substrat, di hidrolisis oleh enzim heksokinase membentuk glukosa, kemudian glukosa masuk ke jalur dengan tahapan sebagai berikut (Martoharsono, 1987):



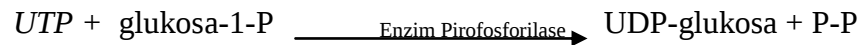
1. Dari jalur glikolisis, D- glukosa dengan adanya Adenosin-tri-fosfat (ATP) dan enzim heksokinase dapat mengalami fosforilasi menjadi D-glukosa-6-P dan Adenosin-ddi-fosfat (ADP) dengan reaksi sebagai berikut:



2. Reaksi perubahan glukosa-6-P menjadi glukosa-1-P dikatalisa oleh enzim mutase, reaksinya adalah sebagai berikut:



3. Reaksi selanjutnya adalah pembentukan uridin di fosfat glukosa (*UDP-glu*) yang merupakan hasil reaksi antara glukosa-1-P dengan *UTP*, suatu nukleotida trifosfat (*NuTP*) oleh kerja enzim glu-4-fosfaturidiltransferase (Lehneiger, 1990), uridin-tri-fosfat (*UTP*) dapat memindahkan gugus fosfoglukosil pada glukosa-1-P menjadi UDP-glukosa dan pirofosfat dengan dikatalisa oleh enzim pirofosforilase atau nukleotidil transferase. Reaksi yang terjadi adalah:



4. UDP- glukosa yang merupakan salah satu bentuk *NDP-glu* dengan adanya rantai pemula $(glu)_n$, dengan adanya enzim selulosa sintase disintesa menjadi selulosa. Reaksinya adalah sebagai berikut:



Moat (1988) menambahkan selulosa disintesis melalui reaksi bertahap UDPG dan selodekstrin. Selodekstrin dihasilkan dari penggabungan UDP glukosa dengan unit glukosa. Reaksi selodekstrin berlangsung terus sampai terbentuk senyawa, yang terdiri dari 30 unit glukosa dengan ikatan β - 1,4. Selodekstrin bergabung dengan lemak dan protein yang melibatkan enzim sellulosa sintase membentuk selulosa.

2.3.2 Manfaat Serat

Fungsi serat adalah mencegah sembelit dan memperlancar buang air besar. Serat mempunyai kemampuan mengikat air dan dapat membentuk cairan kental dalam saluran pencernaan. (Winarti,2010).

Mekanisme serat yang tinggi dapat memperbaiki kadar gula darah yaitu berhubungan dengan kecepatan penyerapan makanan (karbohidrat) masuk ke dalam aliran darah yang dikenal dengan *glycemic index* (GI). GI ini mempunyai angka dari 0 sampai 100 di mana makanan yang cepat dirombak dan cepat diserap masuk kealiran darah mempunyai angka GI yang tinggi sehingga dapat meningkatkan kadar

gula darah. Sebaliknya makanan yang lambat dirombak dan lambat diserap masuk ke aliran darah mempunyai angka GI yang rendah sehingga dapat menurunkan kadar gula darah (Winarti,2010).

Fungsi serat atau *dietary fiber* akan melibatkan asam empedu. Konsumsi serat yang tinggi dapat mengeluarkan banyak asam empedu, juga lebih banyak sterol dan lemak dikeluarkan bersama feses; serat-serat tersebut mencegah terjadinya penyerapan kembali asam empedu, kolesterol, dan lemak (Winarno, 1992).

Adanya serat makanan dalam feses menyebabkan feses dapat menyerap air yang banyak sehingga volumenya menjadi besar dan teksturnya menjadi lunak. Adanya volume feses yang besar akan mempercepat kontraksi usus untuk lebih cepat buang air. Volume feses yang besar dengan tekstur lunak dapat mengencerkan senyawa karsinogenik yang terkandung di dalamnya, sehingga konsentrasinya jauh lebih rendah. Dengan demikian akan terjadi kontak antara zat karsinogenik dengan konsentrasi yang rendah dengan usus besar, dan kontak ini pun terjadi dalam waktu yang lebih singkat, sehingga tidak memungkinkan terbentuknya sel-sel kanker (Winarti,2010).

Menurut Rainbow dan Rose (1963), selulosa bakteri lebih menguntungkan daripada selulosa tanaman, karena tidak mengandung zat-zat pectin, lignin atau hemiselulosa, dan juga pencemaran oleh sejumlah kecil komponen nitrogen dapat segera dihilangkan oleh pencucian dengan air, asam encer atau alkali encer.

2.4 Bakteri *Acetobacter xylinum*

2.4.1 Klasifikasi dan Morfologi Bakteri *Acetobacter xylinum*

Bakteri pembentuk nata pertama-tama diduga *Leuconostoc sp*, akan tetapi kemudian dipastikan bahwa bakteri pembentuk nata adalah *Acetobacter xylinum* termasuk asam asetat sendiri. Bakteri *Acetobacter xylinum* dapat diklasifikasikan dalam golongan:

Divisio Protophyta

Kelas Schizomycetes

Ordo Pseudomonadales

Famili Pseudomonas

Genus *Acetobacter*

Spesies *Acetobacter xylinum*

(Subandi,2010)

Budiyanto (2004) menyatakan bahwa bakteri *Acetobacter xylinum* termasuk bakteri gram negatif aerobik. Peran utama dalam fermentasi bahan pangan yaitu memiliki kemampuan untuk mengoksidasi alkohol dan karbohidrat lainnya menjadi asam asetat. Menurut Pelczar dan Chan (2008), dalam hal respon terhadap oksigen bebas kelompok bakteri aerobik adalah organisme yang membutuhkan oksigen untuk pertumbuhannya.



Gambar 2.5 Bentuk sel *Acetobacter xylinum* ([WWW://1.Bp.Blogspot. Com](http://1.Bp.Blogspot.Com))

Ashari (2007) menyatakan bahwa *Acetobacter xylinum* merupakan bakteri berbentuk batang pendek, yang mempunyai panjang 2 mikron dan lebar 0,6 mikron dengan permukaan dinding yang berlendir. Bakteri ini bisa membentuk rantai pendek dengan satuan 6-8 sel, bersifat non motil dan dengan pewarnaan gram menunjukkan gram negatif. Bakteri ini tidak membentuk endospora maupun pigmen. Pada kultur sel yang masih muda, individu sel berada sendiri-sendiri dan transparan. Koloni yang sudah tua membentuk lapisan menyerupai gelatin yang kokoh menutupi sel dan koloninya.

Berdasarkan sumber karbon dan energinya, *Acetobacter xylinum* digolongkan dalam bakteri kemoheterotrof yaitu bakteri yang memerlukan sumber karbon dari senyawa organik dan sumber energinya dari senyawa kimia. Energi yang dihasilkan berupa energi kimia yang diperlukan dalam aktivitas sel misalnya perkembangbiakan, sporulasi, pergerakan, biosintesis dan lain-lain (Timotius, 1982).

Disamping *Acetobacter xylinum*, *Acetobacter pasteurianus* juga mampu menghasilkan selulosa (Yoshino, *et. al*, 1996). Banzon dan Velasco (1982)

menyatakan, sel-sel *Acetobacter xylinum* mengambil glukosa dari larutan gula, yang digabungkan dengan asam lemak untuk membentuk 'Precursor' pada membran sel. 'Precursor' tersebut dieksresikan bersama enzim yang mempolimerisasikan glukosa menjadi selulosa diluar sel.

Pertumbuhan *Acetobacter xylinum* dalam medium yang sesuai akan menghasilkan massa berupa selaput tebal pada permukaan medium. Selaput tebal tersebut mengandung 35-62 % selulosa, terbentuk di permukaan dan merupakan hasil akumulasi polisakarida ekstraseluler yang tersusun oleh jaringan mikrofibril/pelikel. Pelikel tersebut adalah tipe selulosa yang mempunyai struktur kimia seperti selulosa yang dibentuk oleh tumbuhan tingkat tinggi (Moat, 1988).

2.4.2 Pertumbuhan sel *Acetobacter xylinum*

Istilah pertumbuhan umum digunakan untuk bakteri dan mikroorganisme lain dan mengacu pada perubahan di dalam hasil panen sel (pertambahan total massa sel) dan bukan perubahan individu organisme. Pertumbuhan menyatakan pertambahan jumlah dan atau massa melebihi yang ada di dalam inokulum asalnya. Selama fase pertumbuhan seimbang yaitu populasi bertambah secara teratur, menjadi dua kali lipat pada interval waktu tertentu selama inkubasi maka akan terjadi pertambahan massa bakteri yang berbanding lurus dengan pertambahan komponen seluler yang lain seperti DNA, RNA dan protein (Hidayat, *et.al*, 2008).

Ashari (2007) Pertumbuhan sel bakteri didefinisikan sebagai pertumbuhan secara teratur semua komponen di dalam sel hidup. Umur sel ditentukan segera

setelah proses pembelahan sel selesai, sedangkan umur kultur ditentukan dari lamanya inkubasi.

Bakteri *Acetobacter xylinum* mengalami beberapa fase pertumbuhan sel yaitu fase adaptasi, fase pertumbuhan awal, fase pertumbuhan eksponensial, fase pertumbuhan lambat, fase pertumbuhan tetap, fase menuju kematian dan fase kematian. Fase pertumbuhan bakteri telah dikenal luas oleh ahli mikrobiologi yaitu terdapat 4 fase (Pelczar dan Chan, 2008):

1. Fase adaptasi, tidak ada penambahan populasi, sel mengalami perubahan dalam komposisi kimiawi dan bertambah ukurannya, substansi ekstraseluler bertambah.
2. Fase perbanyakan, sel akan melakukan pembelahan dengan laju konstan, aktivitas metabolik konstan, keadaan pertumbuhan seimbang.
3. Fase statis, penumpukan produk beracun, nutrisi berkurang, beberapa sel mati dan yang lain tumbuh dan membelah.
4. Fase kematian, sel menjadi mati lebih cepat daripada terbentuknya sel-sel baru, laju kematian mengalami percepatan.

Umur starter *Acetobacter xylinum* yang berada pada fase eksponensial yaitu pada umur starter 4 hari. Menurut Hartati dan Muhidin (2010) bahwa dari perlakuan umur biakan *Acetobacter xylinum* terhadap rendemen nata, pada umur starter 4 hari menghasilkan rendemen tertinggi, yaitu 34,64% daripada umur starter 6 hari dan 8 hari. Pada umur starter 4 hari berada pada fase eksponensial yaitu fase yang ditandai

dengan pertumbuhan yang sangat cepat. Disamping itu mikrobia dalam media fermentasi berada dalam keadaan fisiologis bagi proses fermentasi nata.

2.5 Fermentasi

Fermentasi dapat didefinisikan sebagai perubahan gradual oleh enzim beberapa bakteri, khamir, dan jamur. Fermentasi timbul sebagai hasil metabolisme tipe anaerobik. Bahan baku energi yang paling banyak digunakan diantara mikroorganisme adalah glukosa. Beberapa mikroorganisme mencerna bahan baku energinya tanpa adanya oksigen dan sebagai hasilnya bahan baku energi ini hanya sebagian yang dipecah. Produk akhir yang dihasilkan adalah sejumlah kecil energi, CO_2 , air dan produk akhir termasuk sejumlah besar asam laktat, asam asetat dan etanol serta sejumlah kecil asam organik volatile lainnya, alkohol dan ester dari alkohol tersebut (Hidayat, *et.al*, 2008).

Proses fermentasi mempunyai enam komponen dasar, yaitu (Hidayat, *et. al*, 2008):

1. Susunan medium yang digunakan selama pengembangan inokulum dan didalam fermentor(sistem pewadahan untuk proses fermentasi).
2. Sterilisasi medium, fermentor, dan peralatan yang lain.
3. Aktivitas produksi, pemanfaatan kultur murni, jumlah inokulum untuk produksi.
4. Pertumbuhan mikrobia dalam fermentor produksi pada kondisi optimum untuk pembentukan hasil.
5. Ekstraksi produk dan pemurnian.

6. Penanganan limbah yang dihasilkan selama proses.

Menurut Fellow (1990), faktor utama yang mempengaruhi pertumbuhan mikroorganisme pada produk makanan hasil fermentasi antara lain ;

1. Ketersediaan sumber C dan N dan nutrisi spesifik yang diperlukan mikroorganisme,
2. pH substrat,
3. Suhu inkubasi,
4. Kadar air,
5. Redoks potensial,
6. Tahap-tahap pertumbuhan mikroorganisme,
7. Adanya kompetisi antar mikroorganisme.

Warisno, *et.al* (2009) menyebutkan bahwa bakteri nata membutuhkan tiga komponen utama untuk berkembang dengan baik, yaitu gula, asam organik dan mineral. Selain ketiga faktor tersebut, faktor lain yang mempengaruhi pertumbuhan bakteri *Acetobacter xylinum* antara lain nutrisi, sumber karbon, sumber nitrogen, temperatur, udara (oksigen) serta tingkat keasaman media.

2.5.1 Keasaman atau Kebasaan (pH) Media

pH medium ditentukan dan disesuaikan dengan nilai yang optimum bagi pertumbuhan bakteri. pH ditentukan dengan indikator pH atau pH meter. Selama pertumbuhan bakteri, pH medium awal bias berubah sebagai akibat dari adanya senyawa-senyawa asam atau basa yang dihasilkan (Pelczar dan Chan, 2008). Menurut Jay (1992), *Acetobacter spp.* Membutuhkan range pH pertumbuhan 4 – 9. Sedangkan

menurut Masaoka *et al.*, (1993), untuk bakteri yang menghasilkan selulosa dibutuhkan pH 4 - 6. Pada strain tertentu yaitu *Acetobacter xylinum* KU-1 mempunyai pH optimum 5 (Oikawa, *et.al*, 1995). Berdasarkan penelitian Ratnawati (2007) nata *de Citrus* dapat terbentuk optimal pada pH 5 dengan berat dan tebal optimal, yaitu 10,48 gr dan 6,5 mm.

2.5.2 Umur Starter dan Konsentrasi Inokulum

Umur kultur bakteri *Acetobacter xylinum* yang digunakan dalam medium fermentasi pada pembentukan nata berpengaruh terhadap nata yang dihasilkan (Jutono, *et.l*, 1972). Kriteria penting bagi kultur mikroba agar dapat digunakan sebagai inokulum yaitu sehat dan berada dalam keadaan aktif, tersedia dalam jumlah yang cukup, berada dalam bentuk morfologi yang sesuai, bebas kontaminan dan kemampuannya dalam membentuk produk (Rahman, 1989).

Christian (2002) dalam hasil penelitiannya menerangkan bahwa pada umur starter 4 hari dengan konsentrasi 5 % mampu memberikan lonjakan rerata ketebalan nata yang dihasilkan, yaitu sebesar 1,55cm dibandingkan dengan umur starter 2 hari dan 6 hari.

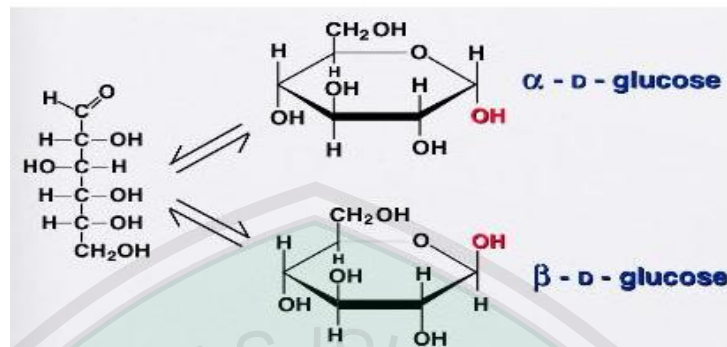
Nurfiningsih dan Parjuningtyas (2009) pada penambahan starter 15 % diperoleh nata *de corn* yang paling tebal. Konsentrasi sebesar 10-15% merupakan konsentrasi optimum untuk membentuk nata. Nafisah (2011) menjelaskan bahwa hasil nata *de Papaya* dengan penambahan inokulum bakteri *Acetobacter xylinum* 50ml/500ml media cair memberikan hasil serat yang tinggi dengan kadar serat kasar 19,27%.

2.5.3 Sumber Karbon

Senyawa karbon yang dibutuhkan dalam fermentasi nata berasal dari monosakarida dan disakarida. Sumber karbon yang banyak digunakan adalah gula. Penambahan gula yang terlalu banyak (konsentrasi gula yang terlalu pekat) menyebabkan bakteri mengalami plasmolisis (kematian). Atih (1979) menyatakan bahwa penambahan gula yang terlalu banyak kurang menguntungkan, karena selain mengganggu aktivitas bakteri juga terlalu banyak gula yang terbuang akibat diubah menjadi asam dan menyebabkan penurunan pH yang drastis.

Sebagai sumber karbon dapat digunakan berbagai gula, pati, dan glikogen. Untuk dapat memakai sumber karbon ini, bakteri menguraikannya sebagai bahan dasar protein, polisakarida, lipida dan asam nukleat (Lay dan Hartowo, 1992). Menurut Rahman (1989), yang menjadi sumber karbon adalah karbohidrat yaitu monosakarida (glukosa, fruktosa, galaktosa), disakarida (maltose, laktosa, sukrosa). Penggunaan gula disebabkan karena gula mempunyai daya larut yang tinggi dalam air, kemampuan mengurangi kelembaban relative dan kemampuan mengikat air.

Gula atau sukrosa digunakan sebagai sumber karbon untuk pertumbuhan mikroba. Hidrolisa sukrosa menjadi D-glukosa dan D-fruktosa biasa disebut proses inverse dan akan diikuti oleh perubahan rotasi optik dari kanan ke kiri apabila tercapai campuran dalam jumlah yang sama antara glukosa dan fruktosa, campuran ini disebut gula invert (Girindra, 1989).



Gambar 2.6 Struktur kimia Glukosa (Girindra, 1989).

2.5.4 Suhu

Suhu optimum bagi pertumbuhan bakteri *Acetobacter xylinum* adalah pada suhu kamar antara 28-31°C. pada suhu dibawah 15°C dan diatas 35°C tidak terjadi pembentukan nata. Proses pemeraman pada pembuatan nata dilakukan dengan wadah yang tertutup rapat dengan Koran dan diperamkan pada suhu terbaik yaitu 30°C (Astawan, 1991). Dwidjoseputro (1984) menambahkan *Acetobacter xylinum* merupakan mikroba mesofil, yang mempunyai temperatur optimum untuk pertumbuhannya antara 25-37 °C.

2.5.5 ZA

ZA (Zwasulfuur Ammonia) merupakan sejenis pupuk anorganik sebagai sumber hara N₂. Bahannya adalah ammonium sulfat [(NH₄)₂SO₄] dan mengandung 20,8 % nitrogen (Sadjad, 1993).

Sifat fisik ammonium sulfat antara lain adalah; berbentuk padatan kristalin putih; berat molekul 132,13 ;densitas pada 20⁰/4⁰C adalah 1,769 ; *melting point* 512,2⁰C; kelarutan pada 0⁰C adalah 70,6 g/100 g air dan pada 100⁰C adalah 103,8 g/100 g air (Sauchelli, 1960).

2.5.6 Lama Fermentasi

Natalia dan Parjuningtyas (2009) pada hasil penelitian nata *de Tomato* dengan perlakuan lama fermentasi 12 hari dan 14 hari menunjukkan hasil yang lebih baik pada lama fermentasi 14 hari dengan hasil tebal 1,9 cm. Nurfiningtyas (2009) menambahkan pada hasil penelitian nata *de Corn* dengan perlakuan lama fermentasi 9, 10, 11, 12,13, dan 14 hari menunjukkan hasil nata yang lebih tebal pada lama fermentasi 14 hari yaitu, 14 mm.

