

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### A. Belimbing Manis (*Averrhoa carambola*)

Belimbing merupakan tanaman asli Indonesia dan Malaysia, yang kemudian menyebar rata di Asia tenggara, seperti Kalimantan, Filipina dan negara lainnya (Lingga, 1992). Secara taksonomis, tanaman belimbing terdiri atas dua jenis yaitu belimbing manis (*Averrhoa carambola*) dan belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi*) (Ashari, 1975). Klasifikasi dari belimbing manis (*A. carambola*) menurut Lawrence (1959), sebagai berikut :

Kingdom	: Plantae
Divisio	: Embriophyta siphonogama
Sub divisio	: Angiospermae
Class	: Dicotyledoneae
Ordo	: Geraniales
Family	: Oxalidaceae
Genus	: Averrhoa
Species	: <i>Averrhoa carambola</i>

Tanaman belimbing manis (*A. carambola*) dapat mencapai ketinggian 5-12 m, percabangannya pendek, garis tengah 20-33 cm, kulit batang licin, berwarna coklat. Daunnya majemuk tidak berpasangan, anak daun bulat telur memanjang, ujung daun meruncing, berukuran antara 1,5-9 x 1-4,5 cm, anak daun terujung lebih besar dan tangkai daunnya pendek (Steenis, 1992).

Bunga belimbing bergerombol, muncul di ketiak daun, di ranting atau di batang dengan warna putih hingga merah muda. Tangkai bunga pendek, tajuk bunganya lima lembar, 10 benang sari yang 5 di antaranya tumbuh rudimenter. Bakal buah berwarna hijau muda, beruang lima (kadang-kadang empat) dan setiap ruang terdiri dari 2-4 bakal biji. Buah belimbing mempunyai 4-5 rusuk, daging buah sangat berair, di dalam tiap ruang terdapat 1-2 biji. Tiap-tiap biji dibungkus selaput berlendir yang berwarna coklat muda, mengkilat dan tipis (Lingga, 1992).

Buah belimbing manis banyak ditanam untuk diambil buahnya atau hanya sebagai tanaman perindang. Hasil buah belimbing manis dapat mencapai 50-300 kg/pohon yang berarti setara dengan 14-80 ton/ha/th. Hal ini menunjukkan bahwa pohon belimbing manis merupakan tanaman tropik yang dapat berbuah lebat secara alami, namun pemanfaatannya belum optimal (Verheij dan Coronel, 1993).

Buah belimbing manis (*A. carambola*) dapat dikonsumsi dalam bentuk segar maupun dalam bentuk olahan seperti rujak, manisan, selai dan sari buah (Lingga, 1992). Buah ini kaya vitamin C dan mengandung berbagai zat gizi seperti tertera pada Tabel 01.

Tabel 01. Kandungan Energi dan Zat Gizi dalam Buah Belimbing Manis tiap 100 gram Berat Bersih.

Energi dan Zat Gizi	Kadar
Enegi (kal)	36,00
Karbohidrat (g)	8,80
Lemak (g)	0,40
Protein (g)	0,40
Vitamin A (SI)	170,00
Vitamin B1 (mg)	0,03
Vitamin C (mg)	35,00
Fosfor (mg)	12,00
Zat besi (mg)	1,10
Air (%)	90,00

Sumber : Departemen Kesehatan RI (1971, dalam Lingga, 1992).

## B. Air Kelapa

Indonesia merupakan negara penghasil kelapa yang penting di dunia menempati urutan kedua setelah Filipina diikuti India dan Srilanka (Mandey, 1999). Kelapa yang dihasilkan di Indonesia umumnya diolah menjadi kopra, minyak kelapa dan beberapa olahan lain dengan limbah cair berupa air kelapa. Air kelapa yang dibuang begitu saja di tanah mudah terkontaminasi khamir dan bakteri khususnya bakteri pembentuk asam, yang dapat meningkatkan keasaman tanah (Rahayu dkk., 1993).

Air kelapa meliputi 25 % dari berat kelapa, terdapat pada bagian dalam buah dan terbungkus oleh daging buah kelapa. Warnanya putih jernih sampai agak keruh dengan pH bervariasi antara 4,4 – 5,3. Kandungan gula dalam air kelapa dapat mencapai 2,56%, di samping itu di dalam air kelapa juga terdapat 0,55% protein, 0,74 % lemak dan beberapa vitamin dalam jumlah kecil (Thampan, 1981 dan Joson, 1991 dalam Mandey 1999). Komposisi air kelapa setiap 100 ml tertera pada Tabel 02.

Tabel 02. Komposisi Energi dan Zat Gizi tiap 100 ml Air Kelapa

Komponen	Jumlah
Air (g)	95,5
Kalori (kal)	17,0
Protein (g)	0,2
Lemak (g)	0,2
Karbohidrat (g)	3,8
Kalsium (mg)	15,0
Fosfor (mg)	8,0
Besi (mg)	0,2
Vitamin C (mg)	1,0

Sumber : Direktorat Gizi Depkes RI (1988)

Vitamin lain yang terkandung dalam air kelapa meliputi asam nikotinat, biotin, asam pantotenat, riboflavin dan asam folat (Dolendo dan Pacita, 1967 dalam Rahayu dkk., 1993). Air kelapa juga mengandung 17 jenis asam amino, diantaranya adalah arginin, alanin, sistin dan serin (Banzon dan Velasco, 1982 dalam Mandey, 1999). Komposisi air kelapa yang kompleks ini menjadikan air kelapa sebagai medium yang baik untuk pertumbuhan bakteri (Rahayu dkk., 1993).

### C. Sukrosa

Senyawa ini dikenal sebagai gula dan dihasilkan oleh tanaman dengan mengkondensasikan glukosa dan fruktosa. Sukrosa didapatkan dalam sayuran dan buah-buahan, diantaranya tebu dan bit yang mengandung sukrosa relatif besar (Gaman dan Sherington, 1992).

Sukrosa merupakan disakarida yang terdiri dari monosakarida D-glukosa dan D-fruktosa. Sukrosa dapat terhidrolisis dengan adanya ion hidrogen atau suatu

*ferment* (ragi) tertentu menjadi monomer-monomernya. Ion hidroksil dan pemanasan menyebabkan dekomposisi sukrosa menjadi bentuk furfural, 5-hidroksi-metil-2-furfural, metil gliksil, gliseraldehid, dioksiaseton, aseton, asam laktat, asam trioksiglutarat, asam trioksibutirat, asam asetat, asam format dan CO<sub>2</sub> (Goutara dan Wijandi, 1980).

Dekomposisi sukrosa yang menghasilkan asam dapat menurunkan pH medium (Goutara dan Wijandi, 1980). Sukrosa mempunyai titik lebur 184°C, larut dalam air dan lebih cepat larut dengan pemanasan, kurang larut dalam alkohol, relatif stabil terhadap pengaruh hidrolisa alkali dan dapat dihidrolisa oleh enzim invertase. Pemanasan sukrosa di atas titik leburnya akan membentuk karamel, yaitu substansi berwarna coklat, berasa manis dan merupakan campuran dari beberapa senyawa mirip karbohidrat (Gaman dan Sherington, 1992).

#### D. Selulosa

Bakteri *Acetobacter xylinum* yang ditumbuhkan pada medium cair yang mengandung gula dapat membentuk selaput tebal (*nata*) pada permukaan medium. *Nata* tersebut ternyata merupakan komponen selulosa (Lapuz *et al.*, 1967 dalam Rahayu dkk., 1993).

Selulosa merupakan polimer linear dari unit D-glukosa yang dihubungkan dengan ikatan  $\beta$ -1,4. Ikatan  $\beta$ -1,4 glikosida yang kuat dari rantai selulosa menyebabkan terjadinya ikatan hidrogen antara gula-gula yang berdekatan. Ikatan hidrogen tersebut menimbulkan terbentuknya molekul-molekul yang tersusun

seperti pita yang kemudian membentuk kumpulan mikrofibril (Muchtadi dkk., 1992).

Selulosa mempunyai kekuatan mekanis tinggi, tahan terhadap zat-zat kimia dan tidak dapat dicerna oleh pencernaan manusia (Muchtadi, 1989). Selulosa tidak dapat larut dalam air maupun pelarut organik, tetapi selulosa dapat larut dalam larutan Schweitzer, yaitu larutan yang dibuat dari campuran  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  dan  $\text{NH}_3$ , dalam larutan campuran  $\text{ZnCl}_2$  dan  $\text{HCl}$  serta dalam larutan benzilamonium hidroksida, tanpa banyak merusak struktur molekulnya. Selulosa tidak mempunyai nilai gizi, namun sangat bermanfaat dalam proses pencernaan yaitu mengurangi penyerapan lemak dan kolesterol dan mencegah terjadinya konstipasi (Suwandi dkk., 1989).

#### **E. Nata**

*Nata* adalah masa substansi seperti gel yang berwarna putih atau krem. *Nata* dihasilkan oleh bakteri penghasil asam asetat di atas permukaan medium cair yang mengandung gula. *Nata* diberi nama sesuai dengan nama bahan bakunya dan yang sudah cukup dikenal adalah *nata de coco*, yaitu *nata* yang terbuat dari hasil fermentasi air kelapa. *Nata* juga dapat dibuat dari bahan lain misalnya dari kulit nanas disebut *nata de pina*, dari jambu mete disebut *nata de cashew* dan lain-lain (Rahayu dkk., 1993).

Bakteri pembentuk *nata* (*Acetobacter xylinum*) dapat tumbuh dan berkembang pada medium air kelapa karena adanya kandungan protein, lemak, karbohidrat dalam air kelapa. Air kelapa juga mengandung beberapa

mikromineral dan vitamin yang turut mendukung pertumbuhan *A. xylinum* (Palungkun, 1993).

Nilai gizi *nata* sangat rendah, mengingat kandungan terbesarnya adalah air yang mencapai 98%, oleh karena itu *nata* dapat dipakai sebagai makanan rendah energi untuk keperluan diet. *Nata* juga mengandung serat (“dietary fiber”) yang sangat dibutuhkan dalam proses fisiologis. Fungsi “dietary fiber” melibatkan asam empedu (“bile acid”). Konsumsi serat yang tinggi dapat meningkatkan sekresi asam empedu dan dapat meningkatkan pengeluaran sterol dan lemak bersama feses. Serat ini juga akan mencegah penyerapan kembali asam empedu, sterol dan lemak, sehingga konsumsi serat (“dietary fiber”) dapat menurunkan kadar kolesterol dalam darah (Winarno, 1991). *Nata* umumnya dikonsumsi sebagai bahan pencampur es krim, koktail, sirup dan lain-lain (Astawan, 1991).

Manfaat *nata* tidak hanya sebagai bahan makanan, tapi juga sebagai sumber selulosa alternatif. Hal ini karena kebutuhan selulosa untuk keperluan industri semakin meningkat dan tidak memungkinkan kalau hanya mengandalkan selulosa tanaman. Selulosa bakteri mempunyai beberapa kelebihan jika dibandingkan dengan selulosa tanaman, antara lain adalah tingkat kemurnian yang tinggi, daya rentang tinggi, lebih ringan dan waktu produksi yang cepat (Brown, 2000).

## F. Bakteri Penghasil *Nata*

*Nata* atau lebih dikenal dengan *nata de coco* merupakan makanan hasil fermentasi air kelapa. *Nata* dibentuk oleh bakteri asam asetat yaitu *Acetobacter xylinum*, yang dapat dijumpai pada buah-buahan, madu, “kefyr”, “vinegar” dan bir. Bakteri ini termasuk famili *Pseudomonadaceae* dan genus *Acetobacter* (Rahayu dkk., 1993). Klasifikasi *A. xylinum* menurut Salle (1993) secara lengkap, sebagai berikut :

Kingdom : Prokariota

Divisio : Protophyta

Class : Schizomycetes

Ordo : Pseudomonadales

Family : Pseudomonadaceae

Genus : *Acetobacter*

Species : *Acetobacter xylinum*

*A. xylinum* berbentuk batang pendek dengan ukuran 0,6-0,8 $\mu$ m, biasanya terdapat sebagai sel tunggal atau kadang-kadang membentuk rantai, non motil, gram negatif dan tidak membentuk endospora. Bakteri ini dapat mengoksidasi etanol menjadi asam asetat kemudian mengoksidasi asam asetat dan asam laktat menjadi CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O (Krieg dan Holt, 1984).

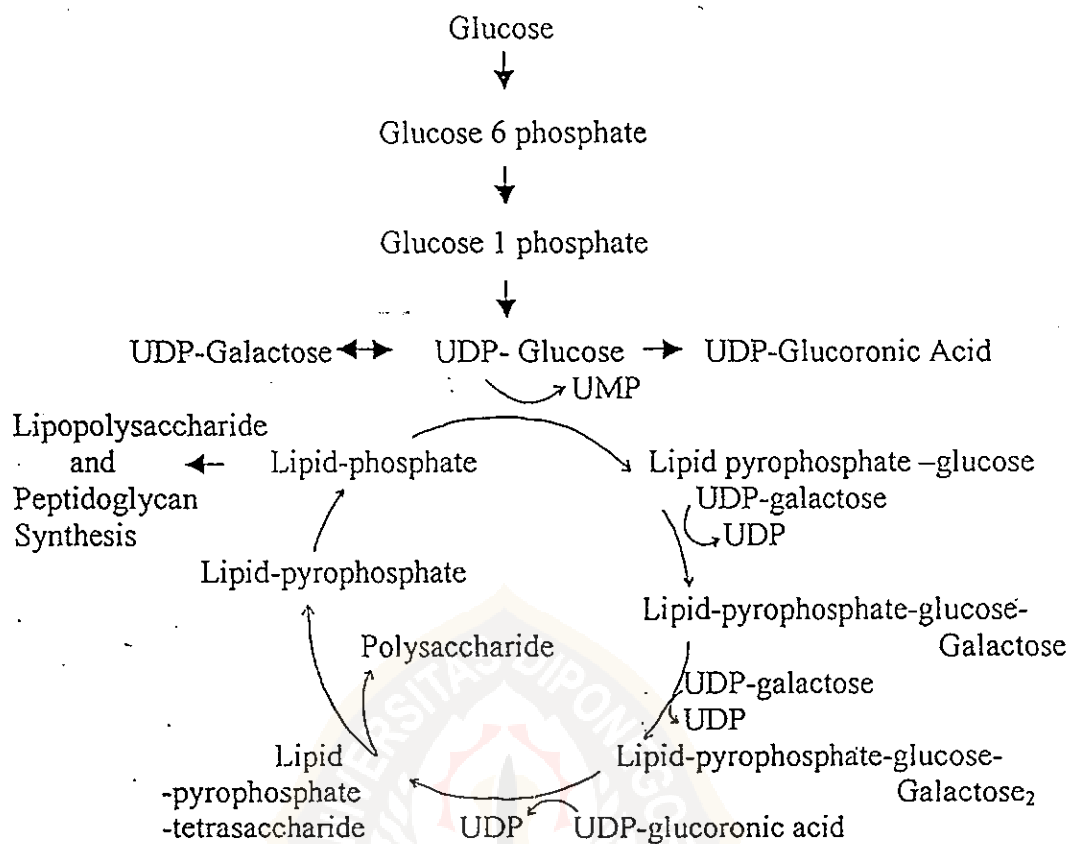
*Acetobacter xylinum* tumbuh relatif lambat pada permukaan medium agar. Koloni baru terlihat setelah 4-5 hari inkubasi pada suhu kamar (Alaban, 1962 dalam Kurniadi, 1990). Menurut Lapuz *et al.* (1967 dalam Kurniadi, 1990), pertumbuhan koloni *A. xylinum* pada medium agar dapat terlihat setelah inkubasi



72 jam sebagai koloni bundar, muncul di permukaan, berwarna coklat cerah, permukaan mengkilat dan keras serta bertepi rata. Koloni berukuran antara 1-2 mm dan seluruh koloni dapat diangkat dengan mudah dari permukaan agar karena konsistensinya yang menyerupai karet. Pertumbuhan *A. xylinum* pada medium cair yang mengandung gula tampak dengan timbulnya kekeruhan setelah diinkubasi 24 jam pada suhu kamar (Lapuz *et al.*, dalam Rahayu dkk., 1993).

Sifat yang spesifik dari bakteri ini adalah kemampuannya untuk membentuk selaput tebal pada permukaan medium fermentasi, yang merupakan komponen selulosa dan selanjutnya dikenal sebagai *nata* (Lapuz *et al.*, 1967 dalam Rahayu dkk., 1993). Selulosa bakteri dibentuk sebagai matrik luar dari dinding sel, sehingga terbentuk pelikel selulosa pada permukaan medium cair yang tidak digoyang (Brock dan Madigan, 1991).

*Nata* dibentuk oleh bakteri pembentuk asam asetat seperti *Acetobacter xylinum*. Bakteri menggunakan glukosa dari medium dan menggabungkannya dengan asam lemak, membentuk prekursor pada membran sel. Prekursor ini dengan bantuan enzim selulosa sintase akan membentuk polimerisasi glukosa menjadi selulosa (Thimann, 1992 dalam Palungun, 1993).



Gambar 01. Bagan pembentukan polisakarida ekstraseluler oleh *A. xylinum* (Sutherland dan Norval, 1970 dalam Widia, 1984).

Menurut Thimann dan Kenneth (1955), *A. xylinum* bila ditumbuhkan dalam medium yang mengandung glukosa dapat mengubah sekitar 19% glukosa untuk membentuk selulosa. Selulosa yang terbentuk berupa benang-benang halus (mikrofibril) yang bersama-sama membentuk polisakarida berlendir yang terus menebal membentuk lapisan *nata*. Lapisan *nata* mulai tampak setelah inkubasi 36-48 jam, kemudian terus menebal secara bertahap. *Nata* yang terbentuk dapat terangkat ke permukaan medium karena adanya gas CO<sub>2</sub> yang dihasilkan dari oksidasi asam selama proses fermentasi (Lapuz *et al.*, 1967 dalam Rahayu dkk., 1993).

### G. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Pembentukan *Nata*

Fermentasi *nata* oleh *A. xylinum* dapat terbentuk dengan baik jika di dalam cairan fermentasi terdapat kondisi yang optimum untuk pertumbuhannya, seperti sumber karbon, nitrogen, sulfur, fosfor, magnesium dan lain-lain (Rahayu dkk, 1993). Faktor utama yang perlu diperhatikan adalah kandungan gula dalam medium (Suratiningsih, 1997).

Faktor-faktor yang mempengaruhi fermentasi *nata* adalah :

#### 1. Nutrien

Medium fermentasi harus mengandung nutrien yang cukup untuk memenuhi kebutuhan karbon, nitrogen, vitamin dan mineral yang diperlukan untuk pertumbuhan *A. xylinum*. Sumber karbon yang biasa digunakan dapat berupa dekstrosa, galaktosa, sukrosa, laktosa maupun maltosa. Menurut Lapuz *et al.*, (1967 dalam Rahayu dkk., 1993) sumber karbon yang dapat menghasilkan *nata* terbaik adalah dekstrosa dan sukrosa dengan konsentrasi 10 %.

Sumber nitrogen yang digunakan untuk fermentasi *nata* dapat berupa bahan anorganik dan organik. Sumber nitrogen anorganik antara lain amonium fosfat, amonium sulfat dan kalium nitrat, sedangkan sumber nitrogen organik dapat berupa pepton, ekstrak khamir dan tripton (Embuscado *et.al.*, 1994 dalam Suryani dkk., 2000).

## 2. Tingkat keasaman (pH)

*Acetobacter xylinum* termasuk kelompok bakteri asam asetat (*Acetobacter*) yang menyukai suasana asam atau pH rendah. Tingkat keasaman (pH) medium berpengaruh terhadap pertumbuhan dan aktifitas bakteri. Menurut Lapuz *et al.*, (1967 dalam Widia 1984) *A. xylinum* dapat tumbuh dan membentuk *nata* pada kisaran pH 3,5- 7,5 dan *nata* terbaik diperoleh pada pH 5-5,5.

## 3. Umur Kultur

Umur kultur bakteri *A. xylinum* yang digunakan sebagai starter berpengaruh terhadap *nata* yang dihasilkan. Kultur yang berumur sampai 7 hari masih dapat membentuk pelikel *nata*, sedangkan kultur yang dapat menghasilkan pelikel yang optimum adalah yang berumur 48 jam (Suratiningsih, 1997). Menurut Valla dan Kjosbakken (1981 dalam Kurniadi, 1990), pertumbuhan *A. xylinum* pada medium cair yang digoyang telah mencapai jumlah maksimum pada umur 48 jam.

## 4. Suhu inkubasi

Suhu inkubasi mempunyai hubungan yang erat dengan pertumbuhan *A. xylinum*, mengingat tiap-tiap mikrobia mempunyai suhu optimum pertumbuhan yang tertentu. Suhu optimum untuk pembentukan *nata* adalah 28-31 °C atau pada suhu kamar (Lapuz *et al.*, 1967 dalam Rahayu dkk., 1993).

## 5. Jumlah Starter

Ketebalan *nata* dipengaruhi oleh jumlah starter yang diberikan. Semakin banyak starter yang diberikan, pembentukan *nata* semakin cepat karena banyaknya *A. xylinum* yang membentuk selulosa. Menurut Alaban (1962, dalam

Rahayu dkk., 1993) jumlah starter yang dapat menghasilkan *nata* terbaik adalah 10-20% dari medium yang digunakan.

#### 6. Ketelitian perlakuan

Ketelitian perlakuan dan kesterilan alat dan bahan yang digunakan diperlukan untuk menghindari kontaminasi, sehingga dapat dihasilkan *nata* yang baik. Mikrobia kontaminan mempunyai syarat tumbuh yang hampir sama dengan bakteri inokulum. Mikrobia kontaminan dapat berupa jamur, khamir dan bakteri. Kontaminasi dapat menghambat pertumbuhan bakteri inokulum sehingga tidak dapat dihasilkan *nata* yang baik ( Suratiningsih, 1997).

#### H. Hipotesis

Buah belimbing manis (*Averrhoa carambola*) merupakan buah tropik yang banyak dihasilkan di Indonesia. Buah ini jika di bandingkan dengan buah-buahan lain kurang diminati konsumen, sehingga ketika musim panen tiba banyak buah belimbing yang tidak termanfaatkan.

Menurut Mardiyati (2000), air buah belimbing manis dapat dijadikan sebagai medium campuran dalam pembuatan *nata* dengan hasil terbaik pada komposisi 50 % air kelapa dan 50% air belimbing manis. Fermentasi *nata* sendiri dipengaruhi oleh berbagai faktor dan salah satunya adalah kadar gula (sukrosa) dalam medium. Penambahan sukrosa pada kadar yang berbeda akan berpengaruh terhadap *nata* yang dihasilkan dan diharapkan akan diperoleh informasi tentang kadar sukrosa yang paling tepat untuk menghasilkan *nata* terbaik dari medium campuran 50 % air kelapa dan 50% air belimbing manis.