

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Kelapa

Kelapa merupakan individu utama dari genus *Cocos* bermarga aren-arenan (*Arecaceae*) yang termasuk pohon berbuah (Pratiwi, 2020). Kelapa adalah salah satu tanaman yang memiliki batang yang lurus dan tidak bercabang sehingga termasuk dalam salah satu keluarga *Palmae*. Kelapa termasuk tanaman yang berakar serabut (Monokotil), memiliki daun yang menyirip, dan memiliki bunga yang disebut mayang di ketiak-ketiak daunnya. Biasanya waktu panen kelapa ini dibutuhkan waktu 12 bulan sejak penanamannya (Syakura, 2022). Tumbuhan tropis ini dapat langsung dikonsumsi sampai air kelapanya pun bisa langsung diminum tanpa harus di olah terlebih dahulu sampai disebut sebagai air kehidupan karna memiliki banyak fungsi dan manfaat yang terkandung didalamnya (Aulia, 2023). Indonesia adalah salah satu negara yang memproduksi banyak kelapa yang tersebar di berbagai wilayah Indonesia (Wijayanti, 2019).

Klasifikasi Tanaman Kelapa

Kingdom : Plantae

Divisi : Spermatophyta

Sub Divisi : Angiospermae

Kelas : Monocotyledonae

Ordo : Palmales

Family : Palmae

Genus : *Cocos*

Spesies : *Cocos nucifera, Linneacus*

Sumber: Aulia, 2023

Perbedaan kelapa dari buah lainnya adalah endospremanya yang memiliki cairan bening yang disebut santan dan ketika belum waktu panen disebut sebagai air kelapa atau jus kelapa. Pohon ini juga disebut pohon kehidupan karna pada negara agraris pohon ini dimanfaatkan untuk berbagai

kebutuhan, seperti bahan pangan, bahan bangunan, kerajinan tangan, produk-produk kecantikan, bahkan sampai ke bahan biomedis (Syakura, 2022). Buah kelapa terdiri dari beberapa komponen mulai dari *epicarp* (kulit luar), *mesocarp* (sabut), serta *endosperm* yang terdiri dari *white karnel* (daging buah) dan air kelapa (Prasetiyo, *et al.*, 2021) Air kelapa adalah cairan yang ada di rongga endosperm atau daging kelapa sebelum mengeras menjadi daging buah. Air kelapa memiliki potensi karna kandungannya yang sangat banyak dan beragam sehingga kaya akan zat gizi. Kelapa mengandung gizi yang terdiri dari protein, lipid, gula, dan banyak zat-zat baik nutrisi maupun mineral yang baik untuk tubuh. Selain itu air kelapa memiliki zat-zat seperti hormon yang membantu pertumbuhan bakteri dalam menghasilkan produk-produk fermentasi dari air kelapa lainnya (Kristiandi, 2022).

Air kelapa memiliki kandungan anti oksidan, anti inflamasi dan elektrolit alami yang dapat mencegah penyakit degeneratif dan melindungi tubuh dari kerusakan sel dari radikal bebas. Selain itu air kelapa juga dijadikan sebagai obat alternatif untuk muntaber dan diare, membersihkan saluran pencernaan, pereda pusing dan mabuk, mengatur tekanan darah, dan fungsi organ pada jantung (Shaktana, 2023). Berdasarkan usianya buah kelapa dibedakan menjadi 2 yaitu kelapa muda dan kelapa tua. Kelapa muda biasanya berwarna hijau dengan umur sekitar 6-8 bulan dan kelapa tua yang selanjutnya akan berubah menjadi warna coklat pada usia 11-13 bulan (Dudi, *et al.*, 2020). Biasanya pada buah kelapa muda mengandung banyak air didalamnya, sedangkan pada buah kelapa tua volume airnya akan berkurang dan berubah menjadi *white karnel* yang tebal dan keras (Prasetiyo, *et al.*, 2021). Air kelapa tua ini adalah cairan endosperm yang berasal dari buah kelapa tua yang biasanya menjadi limbah pada kelapa parut. Semakin tua umur buah kelapa nilai fruktosa dan glukosanya akan meningkat tetapi nilai sukrosanya akan menurun. Air kelapa tua memiliki rasa sedikit hambar, kelapa hibrida tua mengandung 0,20 g protein, fosfor 8,5 g, kalsium 15 g, 3,80 g karbohidrat, dan mengandung mineral yang baik seperti sodium, vitamin C, dan kalsium setara dengan media pertumbuhan

bakteri. Kelapa hibrida tua ini juga tergolong lebih murah dibanding kelapa lainnya. Air kelapa tua inilah yang cocok digunakan untuk pembuatan *Nata de coco* karna kandungan air didalamnya tidak terlalu banyak (Artauli, *et al.*, 2023).

2.2. *Nata de coco*

Nata de coco merupakan makanan hasil fermentasi yang dilakukan bakteri *Acetobacter xylinum* yang berbentuk lapisan polisakarida ekstraseluler atau sering dikenal sebagai selulosa (*dietary fiber*) pada air kelapa. Nata termasuk dalam salah satu selulosa bakteri yang dihasilkan oleh aktifitas bakteri *Acetobacter xylinum*. Selulosa yang dihasilkan adalah hasil metabolit dari bakteri yang terjebak dalam fibrin. Prinsip dari pembuatan *Nata de coco* sendiri adalah fermentasi yang dilakukan pada media air kelapa yang kaya akan kandungan nutrisi (Jasniar, 2021).

Nata de coco jika dilihat secara mikroskopik akan menyerupai suatu massa fibrin yang tidak beraturan menyerupai kapas atau benang, tetapi jika dilihat secara makroskopis terlihat seperti lapisan kenyal yang padat, kokoh, berwarna putih, dan transparan. *Nata* ini memiliki kandungan air sekitar 98%, Karbohidrat sebesar 7,27%, protein kurang lebih 0,29%, lemak 0,2%, fosfor 0,002%, serta Vitamin B3 sebanyak 0,017%. Karna kandungan yang dimilikinya, *Nata de coco* ini sering disebut makanan yang memiliki gizi yang tinggi dan serat yang tinggi. Makanan ini dapat dikonsumsi oleh berbagai usia karna berperan baik pada proses pencernaan pada usus halus dan penyerapan air di usus besar (Teguh, *et al.*, 2023).

Nata de coco yang berkualitas dilihat dari gizi yang terkandung di dalamnya seperti karbohidrat, kadar lipid, protein, air, kadar serat, ketebalan dan berat basah dari produk, organoleptik (tekstur, warna, bau, dan rasa), dan kemudahannya dalam memisahkan serat (Novia, *et al.*, 2021). Adapun proses pembuatan *Nata de coco* ini dengan mendidihkan air kelapa pada suhu 100OC, kemudian ditambahkan nutrisi untuk pertumbuhan bakteri seperti gula, urea, dan cuka glasial (asam asetat). Lalu letakkan pada wadah yang steril dan tutup dengan kertas koran yang steril juga, diamkan

semalaman pada suhu 27 OC. Setelah itu tambahkan starter bakteri *Acetobacter xylinum* pada air kelapa tadi dan letakkan di tempat yang stabil serta jangan digoyangkan dan dibuka selama proses fermentasi. Nantinya hasil dari fermentasi yang dilakukan oleh Bakteri *Acetobacter xylinum* inilah yang dapat mengubah gula pada air kelapa menjadi asam asetat dan *Nata de coco* (Ainun, *et al.*, 2021).

Nata de coco termasuk kedalam golongan selulosa bakteri. Selulosa bakteri merupakan polimer atau rantai berulang yang dapat diproduksi oleh beberapa bakteri seperti *Acetobacter xylinum* yang menghasilkan selulosa. Selulosa bakteri ini memiliki rumus molekul yang mirip dengan selulosa tanaman tetapi ciri khas baik fisik maupun kimiawi keduanya berbeda. Selulosa bakteri ini adalah hasil metabolit dari kelompok bakteri asam asetat dalam media melalui fermentasi. Manfaat dari selulosa bakteri ini meluas sebagai bahan kertas, bahan makanan, bahan kosmetik, sampai bahan biomedis (Fitriarni, 2019).



Gambar 2.1 Selulosa Bakteri

Sumber : Ritonga, 2022

Proses pembentukan selulosa bakteri ini bakteri ini akan membuat barisan secara khusus untuk mengekskresikan kristal mini dengan rantai glukukan yang selanjutnya bergabung menjadi mikrofibrin. Gabungan dari mikrofibrin inilah yang nantinya akan menghasilkan struktur berupa pita-pita yang apabila dilihat secara mikroskopis menunjukkan suatu selulosa

nantinya. *Nata de coco* merupakan hasil metabolit yang berbentuk selulosa ekstraseluler yang dihasilkan oleh bakteri *Acetobacter xylinum* dalam proses fermentasi yang mengandung senyawa-senyawa fungsional bagi tubuh dengan melihat lapisan nata melalui berat, rendemen, dan ketebalannya (Cica, 2020).

2.3. Starter *Acetobacter xylinum*

Acetobacter xylinum merupakan bakteri yang berada pada famili bakteri asam asetat yang dapat mengubah karbohidrat menjadi asam asetat. Bakteri ini adalah bakteri yang tergolong unik karna dapat menghasilkan fibrin selulosa yang keluar dari pori membran sel bakteri tersebut sehingga menghasilkan lapisan (*pellicle*) yang disebut sebagai *nata*. Bakteri ini adalah bakteri gram negatif yang bersifat *aerobi*. Memiliki bentuk seperti batang (*Basil*) dan memiliki katalis yang positif. Bakteri ini dapat hidup pada pH 3,5-7,5 sehingga dapat digolongkan kedalam *acidofil*. Namun, pH optimal yang dapat membantu bakteri ini menghasilkan selulosa yaitu pada pH 4,5-5,5. Panjang bakteri ini sekitar 2 mikron dan memiliki lebar 0,6 mikron dengan permukaan dinding bakteri yang berlendir. Bakteri *Acetobacter xylinum* ini membentuk rantai-rantai berukuran pendek dengan 6-8 sel yang tidak berpigmen. Pertumbuhan bakteri dalam koloni pada media cair setelah di inokulasi selama 48 jam dengan membentuk lapisan pelikel yang bisa diambil dengan ose. Sifat bakteri ini juga dapat membentuk asam dari glukosa, etil alkohol, dan propil alkohol. Bakteri ini tidak membentuk indol dan mampu mengoksidasikan asam asetat menjadi CO₂ dan H₂O (Jasniar, 2021). Bakteri ini adalah kultur murni yang *dormant state* (tidak aktif) dan tidak terkontaminasi oleh mikroorganisme lainnya sehingga bakteri ini harus di aktifkan melalui lingkungan yang memiliki kondisi yang memiliki nutrisi yang cukup dan lingkungan yang optimal seperti suhu dan pH yang sesuai (Lubis, et al., 2021). Bakteri *Acetobacter xylinum* memiliki kemampuan unik yaitu mampu memproduksi selulosa secara cepat (Riyani, 2020). Pada proses fermentasi *Nata de coco* peranan starter sangatlah

penting dalam mengubah nutrisi di dalam air kelapa menjadi selulosa dalam proses biokimia (Maulida, *et al.*, 2023).

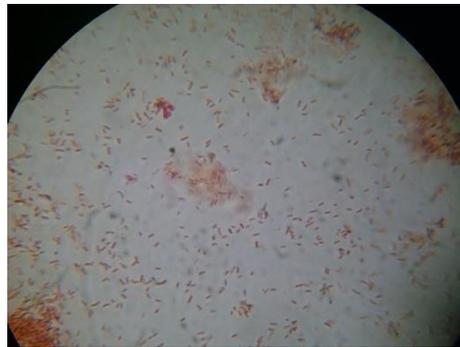
Klasifikasi Bakteri *Acetobacter xylinum*

Divisi : Protophyta
Kelas : Schizomycetes
Ordo : Pseudomadales
Family : Pseudomonaceae
Genus : Acetobacter
Spesies : *Acetobacter xylinum*
Sumber: Ritonga, 2022

Bakteri ini memiliki beberapa fase pertumbuhan, Pada hari 1-2 fermentasi nata ada pada fase Lag (adaptasi) dimana bakteri *Acetobacter xylinum* menyesuaikan diri dengan enzim-enzim dan zat-zat yang ada didalam media pertumbuhan sehingga dapat menjalankan aktifitas metabolis dan pembesaran sel bakteri. Selanjutnya masuk ke fase Logaritmik (pertumbuhan) ini biasanya pada hari ke 5-10 karena bakteri mengalami *Phase Of Accelerated Growth* (pertumbuhan dipercepat) yang biasanya ada pada hari ke 5 dimana bakteri mulai membelah diri semakin banyak dan cepat. Pada hari ke 6-12 masuk ke *Logarithmic Phase Or Exponential Phase* yang sangat menentukan kecepatan bakteri *Acetobacter xylinum* dalam mengekresi selulosa bakteri karna bakteri semakin besar dari waktu ke waktu namun pada hari 14-20 pertumbuhan bakteri mulai menurun dan melambat karna mulai habisnya nutrisi, namun jumlah bakteri yang hidup masih lebih banyak daripada bakteri yang mengalami kematian. Pada fase Logaritmik inilah waktu terbaik dalam memanen *Nata de coco* yang memiliki ketebalan, tekstur, dan lapisan yang terbaik. Fase berikutnya adalah fase Stasioner (*Maximum Stationary Phase*) yang artinya keadaan jumlah bakteri yang mengalami pertumbuhan dan kematian seimbang banyaknya. Biasanya pada hari ke 16-20 yang terjadi karna banyaknya zat-zat racun yang menghambat percepatan pertumbuhan bakteri dan penurunan

drastis nutrisi yang nantinya lama kelamaan akan berubah menjadi fase Kematian (Nadiyah, *et al.*, 2022).

Acetobacter xylinum ini bisa dijadikan starter. Starter adalah populasi mikroorganisme yang sudah diperbanyak dan bisa diinokulasikan pada media yang ingin difermentasikan. Starter atau biang pada pembuatan *Nata de coco* ini adalah bakteri *Acetobacter xylinum* yang nantinya akan menghasilkan enzim ekstraseluler selulosa polimerase yang menghasilkan benang-benang selulosa (*Nata*). Starter ini memerlukan nutrisi yang tercukupi untuk memproduksi Nata dengan maksimal, dan hal ini dapat terjadi apabila dilakukan fermentasi pada prosesnya. Semakin lama fermentasi dilakukan maka bakteri ini akan semakin banyak dan selulosa yang dihasilkan akan semakin tebal (Fitriah, 2023).



Gambar 2.2 *Bakteri Acetobacter Xylinum*

Sumber : Ritonga, 2022

2.4. Fermentasi

Fermentasi adalah proses perubahan kimia yang dilakukan pada substrat organik dari senyawa metabolit primer seperti karbohidrat, lemak, protein, dan nutrisi lainnya maupun senyawa metabolit sekunder. Biasanya fermentasi yang dilakukan dengan menambahkan mikroba tertentu pada media baik dalam bentuk ragi ataupun starter yang kemudian melakukan fermentasi dengan cara berkembang biak dan aktif mengubah media menjadi produk yang diinginkan disebut dengan fermentasi tidak spontan. Sedangkan fermentasi yang tidak memerlukan penambahan ragi maupun starter dalam medianya disebut sebagai fermentasi spontan. Pada Proses ini

Acetobacter xylinum adalah bakteri yang berperan dalam pembuatan *nata* yang dimana bakteri ini akan mengubah gula menjadi selulosa. Fermentasi yang dilakukan dalam pembuatan *Nata de coco* dikatakan baik apabila ketebalan selulosa yang dihasilkan tebal (Jasniar, 2021).

Namun, waktu fermentasi sangatlah penting dalam pembuatan *Nata de coco* ini, karna waktu inkubasi dalam melakukan fermentasi ini sangatlah penting untuk mengetahui waktu yang tepat dalam menghasilkan kualitas *Nata de coco* yang baik. Memang jika waktu fermentasi lebih lama maka *Nata de coco* yang dihasilkan akan semakin tebal, tetapi apabila fermentasi dilakukan terlalu lama maka *nata* yang dihasilkan akan memiliki tekstur yang keras, rasa yang menurun, serta warna yang tidak bagus (Novia, *et al.*, 2021).

Menurut Devy Faralita Ritonga pada tahun 2022, ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi fermentasi dalam pembuatan *Nata de coco* yaitu:

1. Suhu dalam melakukan fermentasi, temperatur sangatlah penting terutama pada pertumbuhan bakteri. Biasanya inkubasi terbaik untuk perkembangbiakan bakteri adalah 25-30°C
2. Kadar pH dalam melakukan fermentasi, pada fermentasi *Nata de coco* biasanya bakteri *Acetobacter xylinum* berkembang pada pH 4-5 (suasana asam) dikarenakan bakteri ini berasal dari asam asetat. Biasanya bahan yang digunakan untuk mengatur tingkat keasaman media adalah asam glasial (asam cuka) maupun nanas.
3. Waktu fermentasi, Lama waktu inkubasi sangat berpengaruh terhadap pembentukan selulosa bakteri yang diinginkan yaitu tebal dan kokoh, akan tetapi jika terlalu lama akan membuat bakteri mengalami fase kematian karna habisnya nutrisi dan semakin asamnya lingkungan hidup bakteri. Biasanya waktu optimal pada pertumbuhan bakteri *Acetobacter xylinum* adalah 7-10 hari, tetapi jika nutrisi yang di berikan jauh lebih cukup untuk fermentasi waktu optimal, maka fermentasi boleh dilakukan bahkan sampai 21 hari.

4. Konsentrasi dari starter bakteri (Inokulum), starter adalah populasi dari mikroorganisme dalam jumlah dan keadaan yang sudah siap untuk diinokulasikan pada media.
5. Sumber Nitrogen, sumber nitrogen yang dipakai dalam pembuatan selulosa bakteri biasanya seperti amonium sulfat, kalium nitrat, pepton, dan amonium fosfat. Selain itu sumber nitrogen alami yang dapat digunakan dalam pembuatan selulosa bakteri yaitu kacang hijau, kecambah dari kacang kedelai.
6. Sumber Karbon, sumber karbon yang digunakan dalam melakukan fermentasi *Nata de coco* ini dalam menghasilkan selulosa bakteri yang baik adalah gula. Selain itu gula juga memberikan peran sebagai pembentuk enzim ekstraseluler polimer yang menyusun pembentukan nata yang maksimal. Apabila gula yang ditambahkan cukup maka proses fermentasi akan berhasil dan menghasilkan *nata* yang baik.

2.5. Gula

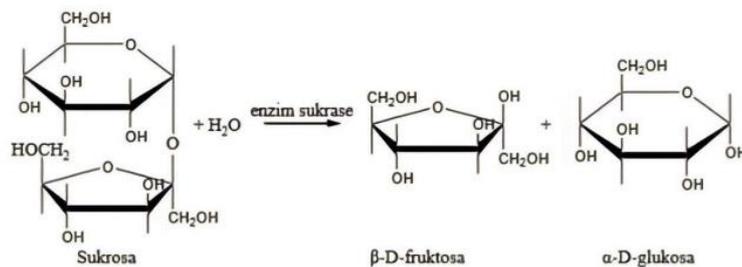
Gula atau sukrosa adalah senyawa disakarida dengan rumus molekul $C_{12}H_{22}O_{11}$ yang berbentuk kristal dengan berat 342,3 g/mol. Gula tidak memiliki bau dan tidak mudah terbakar. Namun, gula memiliki peran pada aspek rasa. Selain rasa, gula bisa menjadi pengawet alami *Nata* (Ritonga, 2023). Serat adalah banyaknya gula yang diubah bakteri *Acetobacter xylinum*. Semakin banyak gula yang ditambahkan pada media fermentasi maka akan semakin banyak serat yang terbentuk nantinya (Maryam, 2020). Gula adalah sumber energi karbon yang akan diolah oleh bakteri selama proses fermentasi dan respirasi nantinya. Sukrosa didalamnya akan dipecah oleh bakteri *Acetobacter xylinum* menjadi glukosa dan fruktosa dan diolah menjadi asam organik sampai gula yang ada didalam media air kelapa habis (Ummiyati, 2023).

Penggunaan gula yang semakin banyak akan menghasilkan ketebalan selulosa bakteri yang tebal, karna apabila sesuai kandungan gulanya akan membentuk selulosa bakteri yang optimal karna penggunaan nutrisi yang sesuai dengan kebutuhan bakteri *Acetobacter xylinum* selama

fermentasi karna monorer selulosa hasil ekskresi akan berikatan satu sama lain dan membentuk lapisan selulosa yang semakin tebal. Semakin banyak aktivitas metabolit yang dilakukan oleh bakteri *Acetobacter xylinum* maka semakin banyak hasil metabolit dan semakin tebal selulosa bakteri yang dihasilkan (Aulia, *et al.*, 2020).

Ada 4 tahapan pemecahan gula sehingga terbentuknya selulosa menurut Anty Ummiyati pada tahun 2023, berikut tahapannya adalah:

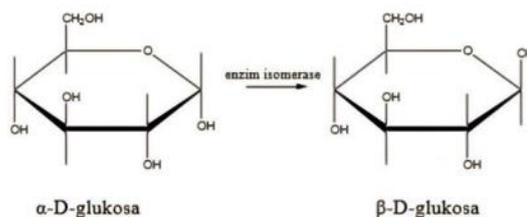
1. Tahap pertama adalah enzim invertase (enzim sakrase) akan menghidrolisis gula (sukrosa) menjadi sebuah molekul glukosa dan fruktosa yang nantinya akan berukuran lebih kecil.



Gambar 2.3 Reaksi hidrolisis sukrosa

Sumber : Ummiyati, 2023

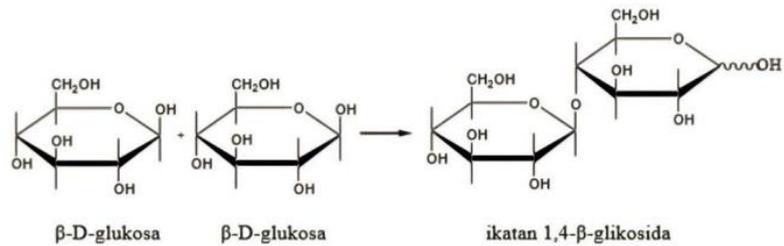
2. Tahap kedua akan terjadi perubahan intramolekular α -D-glukosa menjadi β -D-glukosa dengan bantuan enzim yang ada pada bakteri *Acetobacter xylinum* yaitu enzim isomerase karna glukosalah yang berperan penting dalam pembentukan selulosa ke dalam bentuk β .



Gambar 2.4 Reaksi perubahan α -D-glukosa menjadi β -D-glukosa

Sumber: Ummiyati, 2023

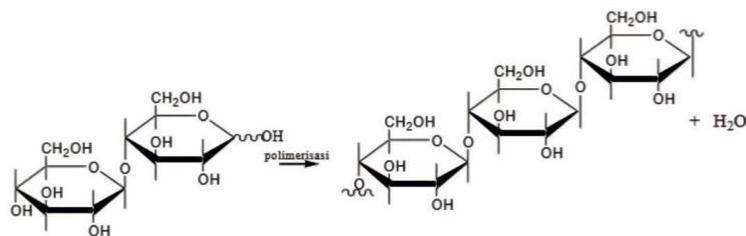
3. Tahap ketiga adanya reaksi ikatan intermolekul glukosa dan menghasilkan ikatan 1,4 β -D-glikosida. Ikatan ini ada pada monosakarida pertama di atom C nomor 1 yang berikatan dengan monosakarida kedua di atom C nomor 4.



Gambar 2.5 Reaksi pembentukan ikatan 1,4 β -D-glikosida

Sumber: Ummiyati, 2023

4. Tahap keempat adalah reaksi penyusunan atau reaksi polimerisasi yang akan membentuk selulosa bakteri dengan unit ulangnya adalah selobiosa. Reaksi ini adalah polimerisasi kondensasi yang nantinya akan menghilangkan air.



Gambar 2.6 Reaksi pembentukan selulosa bakteri

Sumber: Ummiyati, 2023