

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kemasan Pangan

Menurut Kepala Badan Pengawasan Obat dan Makanan (2014), Kemasan pangan merupakan suatu lembaran atau bahan yang digunakan untuk membungkus pangan yang tidak bersentuhan langsung ataupun tidak langsung.

Berdasarkan urutan dan jaraknya dengan produk, kemasan pangan dapat dibedakan menjadi 3 yaitu primer, sekunder, dan tersier sebagai berikut (Amira, 2018):

- a) Kemasan primer adalah kemasan yang langsung bersentuhan dengan makanan, sehingga bisa saja terjadi migrasi komponen bahan kemasan ke makanan yang berpengaruh terhadap rasa, bau dan warna.
- b) Kemasan sekunder adalah kemasan lapis kedua setelah kemasan primer dengan tujuan untuk lebih memberikan perlindungan kepada produk.
- c) Kemasan tersier adalah kemasan lapis ketiga setelah kemasan sekunder dengan tujuan untuk memudahkan proses transportasi agar lebih praktis dan efisien.

Hal terpenting adalah sebagai kemasan primer, karena bersentuhan langsung dengan produk, memiliki potensi migrasi zat komponen dari kemasan ke bahan pangan. Saat pengolahan pangan, terjadi perubahan fisik dan kimia, yang dikehendaki maupun tidak dikehendaki. Setelah proses tersebut, produk atau pangan masih tidak stabil, melainkan terus terjadi perubahan, demikian perlu pengemasan yang tepat supaya masa simpan produk pangan dapat dipertahankan nilai gizinya.

Kemasan makanan dapat di buat dari beberapa jenis bahan dasar dan bahan pendukung. Bahan dasar kemasan pangan atau makanan dapat dibuat dari plastik, kertas, karet, logam ataupun kaca.

Berikut jenis-jenis kemasan pangan (Amira, 2018).

1. Kemasan Film

Sebagian besar bahan baku plastik berasal dari gas dan minyak bumi. Melalui proses penurunan polimer, gas dan minyak bumi dapat diubah menjadi plastik dengan sifat

yang baik dan optimal, maka dicampurkan beberapa zat aditif yakni plastericizer, pewarna, pengawet, antioksidan, dan lain sebagainya. Jenis polimer yang banyak digunakan adalah polietilen, poliester, polistirene, polivinil klorida, poliviniliden khlorida selopan, dan film plastik.

2. Kemasan Logam

Kemasan logam dapat terbuat dari berbagai jenis logam misalnya *Tin Plate* dan TFS, alumunium dan Alufo, kemasan Aerosol, *tube* logam dan lunak, dan drum baja atau campuran logam lainnya. Kemasan logam ini memiliki karakteristik antara lain: sebagai konduktor, dapat ditempa, tembus pandang, densitas tinggi dan padat. Adapun keunggulan kemasan logam ini yaitu memiliki mekanik besar, barrier tinggi, toksisitas rendah dan tahan kondisi ekstrim.

3. Kemasan Kertas, Karton dan Kardus

Kemasan kertas menggunakan bahan dasar *pulp* kayu yang mempunyai panjang serat 0,25 in, sedangkan bahan dasar pulp kayu lunak memiliki panjang serat <0,10 in. Jenis kemasan ini terdiri dari kertas kraft, kertas krep, kertas lilin, *chipboard*, kertas plastik dan karton lipat.

4. Kemasan Gelas

Penggunaan bahan gelas sebagai kemasan dimulai pada tahun 1870. Keunggulan dari kemasan ini selama pemakaian yaitu bentuknya tetap, tidak berbau dan tidak berpengaruh terhadap bahan yang dikemas, barrier terhadap uap air, dan gas-gas lain, tetapi wadah gelas ini memiliki kelemahan yaitu mudah pecah, perlu bahan pengemas kedua, dan membutuhkan banyak energi dalam pembuatannya.

5. Kemasan *Edible Film*

Secara umum *edible film* dapat didefinisikan sebagai lapisan tipis yang melapisi suatu bahan pangan dan layak dimakan sebagai kemasan pembungkus makanan. Hal ini dikarenakan sifat atau karakteristik *edible film* digunakan untuk memperbaiki kualitas makanan, memperpanjang masa simpan, meningkatkan efisiensi ekonomis, menghambat perpindahan uap air.

Beberapa keunggulan *edible film* dibandingkan dengan bahan pengemas yang umumnya digunakan (Christina, 2012) yaitu :

- 1) *Biodegradable*
- 2) Dapat dimakan

- 3) *Biocompatible*
- 4) Kemampuannya sebagai penghalang (*barrier*) terhadap oksigen dan tekanan fisik selama transportasi dan penyimpanan

Hidrokoloid, lemak, dan campuran keduanya merupakan 3 kategori secara umum dari bahan baku *Edible film*. Golongan hidrokoloid dapat dibuat dari polisakarida (selulosa, modifikasi selulosa, pati, agar, alginat, pektin, dekstrin), protein (kolagen, gelatin, putih telur), termasuk golongan lipid. *Edible film* campuran terdiri dari campuran lipid dan hidrokoloid serta mampu menutupi kelemahan masing-masing (Amira, 2018).

Selama ini bahan pengemas pangan yang sering digunakan antara lain adalah plastik, kertas, karton, kaca/gelas, logam atau campuran logam plastik. Salah satu yang paling banyak digunakan yaitu plastik. Seperti yang telah dijelaskan dalam jenis kemasan plastik diatas, selain kemasan plastik memberikan sifat yang diinginkan, zat aditif pada plastik tersebut juga dapat menimbulkan efek negatif bagi manusia dan lingkungan. Demikian untuk memberikan keamanan konsumen dibutuhkan peraturan yang mengikat terkait kemasan pangan.

Tingkatan toksisitas apalagi yang bersifat sangat kronis diperlukan adanya prosedur mengenai kemasan ditinjau dari aspek keamanan kemasan pangan. Pada dasarnya terdapat persyaratan-persyaratan yang dapat ditetapkan berkaitan dengan mutu kemasan sehubungan dengan kemasan pangan, diantaranya adalah :

- a. Jenis bahan yang digunakan dan yang dilarang untuk kemasan pangan
- b. Bahan tambahan yang diizinkan dan yang dilarang untuk kemasan pangan
- c. Cemaran
- d. Residu
- e. Migrasi

Berikut merupakan dasar hukum untuk kemasan pangan antara lain:

- a. UU No.7 Tahun 1996 Tentang Pangan
- b. Peraturan Menteri Kesehatan RI NO.329/Menkes/XII/76 tentang produksi dan peredaran pangan, dan
- c. Peraturan Kepala Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia Tentang Bahan Kemasan Pangan.

2.1.1 Selongsong Sosis

Saluran pencernaan ternak merupakan salah satu contoh dari selongsong alami berasal dari hewan seperti sapi, domba, dan kambing. Pada dasarnya selongsong alami adalah kolagen. Pada pengolahan sosis selongsong alami dimana dalam kondisi basah, hal ini mudah ditembus oleh cairan ataupun cairan. Selongsong alami akan menjadi kurang dapat ditembus sebab akan melalui proses pengeringan dan penyemprotan asap. Cairan dan panas akan menyebabkan selongsong menjadi lebih lunak dan berpori (Amira, 2018).

Selongsong buatan terdiri dari tiga kelompok yaitu (Amira, 2018) :

1. Selulosa

Selongsong selulosa biasanya berbahan baku dari *pulp* kayu. Keuntungan dari selongsong selulosa adalah dapat dicetak atau diwarnai dan harganya murah. Akan tetapi selongsong selulosa memiliki tekstur yang keras dan dianjurkan tidak untuk dimakan.

2. Kolagen dapat dimakan dan tidak layak dimakan

Selongsong kolagen biasanya berasal dari bahan baku kulit hewan besar. Keuntungan dari selongsong kolagen ini yaitu dapat diwarnai, bisa dimakan akan tetapi dapat juga tidak layak dimakan, dan melekat pada produk.

3. Plastik

Selongsong plastik biasanya berasal dari bahan baku plastik. Di pasaran casing plastik yang sedang berkembang sering disebut dengan poly amid casing. Selongsong jenis ini dapat (*edible*) atau tidak dapat dimakan, dibuat memiliki rongga atau tidak dan bentuk atau ukurannya bisa diatur, mudah untuk dicetak serta tahan panas. Sifat dari selongsong plastik tidak dapat ditembus oleh zat luar seperti air atau *smoke*, namun selongsong plastik juga dapat diaplikasikan pada sosis yang tidak diasap seperti sosis segar atau sosis hati.

2.2 Proses Fermentasi

Fermentasi menurut Suprihatin 2010 adalah proses perubahan kimia suatu substrat organik melalui aktivitas enzim yang diproduksi oleh bakteri atau mikroorganisme. Proses fermentasi mendayagunakan aktivitas suatu mikroba tertentu atau campuran beberapa spesies mikroba. Khamr, kapang dan bakteri merupakan mikroba yang sering digunakan pada proses fermentasi. (J. Pelczar, 2013).

Secara umum ada tiga kelompok yang penting secara ekonomi (Amira, 2018):

1. Fermentasi yang memproduksi sel mikroba (biomassa)

Produksi fermentasi sel mikroba dapat dibedakan menjadi produksi yeast bagi industri roti, dan produksi sel mikroba yang biasanya digunakan sebagai makanan manusia maupun hewan.

2. Fermentasi yang menghasilkan enzim dari mikroba

Enzim dapat diproduksi oleh hewan, tanaman atau mikroba, yapi yang paling sering adalah enzim diproduksi oleh mikroba dimana memiliki beberapa keunggulan yaitu, dapat menghasilkan dalam jumlah banyak atau besar serta mudah dalam meningkatkan produksivitasnya bila dibandingkan dengan tanaman atau hewan.

3. Fermentasi yang menghasilkan metabolit mikroba

Metabolit mikroba dapat dibedakan menjadi metabolit primer dan metabolit sekunder. Produk metabolisme yang menurut kalangan dianggap penting seperti butanol, asam sitrat, aseton, etanol, polisakaridz, dan vitamin. Sedangkan untuk mikroba yang menghasilkan metabolit sekunder contohnya inhibitor enzim, antibiotik, pemacu tumbuhan, dan lain sebagainya.

2.2.1 Substrat Air Kelapa

Kelapa (*Cocos Nucifera L*) adalah nama keluarga botani yang disebut *Palmaceae* (A.F. Alonge, 2011). Kelapa secara alami tumbuh didaerah pantai dan mencapai ketinggian 30 m. Kandungan yang terdapat pada air kelapa yaitu air 91,5%, protein 0,14%, karbohidrat 4,6% serta abu 1,06%. Selain itu air kelapa mengandung berbagai nutrisi seperti sukrosa, dekstrosa, fkultosa serta vitamin B kompleks yang terdiri dari asam nikotinat, asam

pantotenat, biotin, riboflavin dan asam folat. Berikut komposisi perbandingan air kelapa muda dengan air kelapa tua

Tabel 2.1 Kandungan Air Kelapa Muda dan Tua

Sumber Air (dalam 100 g)	Satuan	Air Kelapa Muda	Air Kelapa Tua
Kalori	Kal	17	-
Protein	g	0,2	0,14
Lemak	g	1,0	1,50
Karbohidrat	g	3,8	4,60
Kalsium	Mg	15,0	-
Fosfor	Mg	8,0	0,50
Besi	Mg	0,2	-
Aktivitas vitamin A	U	0,01	-
Asam askorbat	mg	1,0	-
Air	g	95,5	91,50

Bagian yang
dapat dimakan g 100

(Sumber : Amira, 2018)

Menurut Direktorat Jendral Perkebunan tahun 2015, Di Jawa Barat jumlah air kelapa yang dihasilkan sebanyak 42.930,4 liter/tahun tetapi sebagian dari air kelapa banyak terbuang sebagai limbah yang belum dimanfaatkan, sementara air kelapa tersebut dapat dimanfaatkan untuk dibuat menjadi bahan dalam pembuatan nata.

Nata atau lembar selulosa adalah bahan atau zat yang mempunyai gel, tidak larut dalam air dan terbentuk pada permukaan media air kelapa saat proses fermentasi. *Nata de coco* adalah nata dengan media fermentasi diperoleh atau dihasilkan dari air kelapa. *Nata de coco* dibuat dengan memanfaatkan air kelapa untuk difermentasikan secara aerob dengan bantuan mikroba.

Adanya kandungan nutrisi yang terdapat pada air kelapa mendukung pertumbuhan, perkembangbiakan, dan aktivitas bibit nata yaitu bakteri *Acetobacter xylinum*. Kegiatan *Acetobacter xylinum* membutuhkan unsur nutrisi yang terdiri dari nutrisi makro dan mikro.

Sebagian dari kebutuhan karbon (C) sudah dapat diperoleh dari air kelapa dalam bentuk karbohidrat sederhana, yaitu glukosa, sukrosa dan fruktosa. Kemudian salah satu yang paling dibutuhkan, nitrogen, diperoleh dari protein yang terkandung dalam air kelapa, meskipun kandungannya tidak banyak.

Air kelapa yang baik untuk proses fermentasi diperoleh dari kelapa tua yang optimal, tidak terlalu muda atau tidak terlalu tua. Dalam air kelapa yang terlalu tua, terkandung minyak dari kelapa yang dapat menghambat pertumbuhan bibit nata *Acetobacter xylinum*. Sebaliknya, air kelapa yang masih muda belum mengandung mineral yang cukup di dalamnya, sehingga kurang baik apabila digunakan sebagai bahan pembuatan nata (Amira, 2018).



Gambar 2.1 Air Kelapa

2.2.2 *Acetobacter xylinum*

Mikroba atau bakteri adalah organisme hidup yang berukuran sangat kecil dan hanya dapat diamati oleh alat yaitu mikroskop. Mikroorganisme dibagi dua ditinjau dari susunan sel nya, yang tersusun oleh satu sel (uniseluler) dan multiseluler ialah sel yang tersusun atas beberapa sel. Organisme yang termasuk ke dalam golongan

mikroorganisme adalah bakteri, *archaea*, *fungi* (kapang dan khamir), *protozoa*, alga mikroskopis termasuk ke dalam golongan eukariot.

Mikroorganisme dalam interaksinya antar sesama ataupun dengan organisme yang lain dapat berlangsung secara menguntungkan, merugikan ataupun tidak keduanya.

Mikroorganisme oleh banyak orang cenderung dinilai sebagai penyebab pembusukan pada makanan atau penyakit-penyakit infeksi.

Beberapa contoh dapat ditemukan manfaat mikroba untuk kepentingan dan kesejahteraan umat manusia, dalam beberapa bidang, antara lain (Amira, 2018):

- a. Bidang pertanian, seperti peningkatan kesuburan tanah melalui fiksasi N_2 , siklus nutrien, peternakan hewan.
- b. Bidang makanan dan industri, seperti metode pengawetan makanan, metode fermentasi makanan, dan penemuan makanan tumbuhan, dan lain-lain.

Gluconacetobacter xylinus atau yang lebih dikenal *Acetobacter xylinum* merupakan bakteri yang memiliki struktur batang pendek, memiliki lebar antara 0,5-1 μm dan panjang antara 2-10 μm dan termasuk dalam jenis mikroba atau bakteri gram negatif. Bakteri *Acetobacter xylinum* mampu mengoksidasi glukosa menjadi asam glukonat dan asam organik lain pada waktu yang sama. Sifat yang paling menonjol dari bakteri itu adalah memiliki kemampuan untuk mempolimerisasi glukosa menjadi selulosa. Kemudian serat akan membentuk *matrix* atau *prekursor* yang biasa dikenal dengan nata (Tomita & T, 2009).

Penampakan bakteri *Acetobacter xylinum* sebagai berikut.



Gambar 2.2 *Acetobacter Xylinum*

(Sumber: Amira, 2018)

Berikut ini merupakan klasifikasi bakteri dari *Acetobacter xylinum* menurut (Tsalagkas,2015) :

Kerajaan : *Bacteria*

Filum : *Proteobacteria*

Kelas : *Alpha Proteobacteria*

Ordo : *Rhodospirillales*

Familia : *Pseudomonadaceae*

Genus : *Acetobacter*

Spesies : *Acetobacter xylinum*

Enzim ekstraseluler selulosa polimerase, kinase, dan protein sintase merupakan 3 enzim aktif dari *Acetobacter xylinum*. Enzim ekstraseluler selulosa polimerase aktif pada pH 4 yang berfungsi untuk membentuk benang-benang selulosa (nata). Enzim protein sintase aktif pada pH 3-6 yang berfungsi untuk mengubah makanan yang mengandung C,H,O, dan N menjadi protein (Amira, 2018)

Acetobacter xylinum menghasilkan selulosa sebagai produk metabolit sekunder, sedangkan produk metabolit primernya adalah asam asetat. Semakin banyak kadar nutrisi didalam media, semakin besar kemampuan bakteri didalamnya atau semakin banyak *Acetobacter Xylinum* maka semakin banyak serat yang terbentuk (Coban & Biyik, 2011).

2.2.2.1 Fase Pertumbuhan *Acetobacter Xylinum*

Pertumbuhan bakteri merupakan penambahan jumlah bakteri bukan penambahan ukuran sel. Proses perbanyak diri ini disebut dengan pembelahan biner. Indung memperbanyak diri lalu terbagi menjadi dua bagian kemudian sel tersebut membagi diri yang secara terus menerus selama nutrisi masih tersisa, akan menghasilkan dua buah sel anak dengan ukuran yang sama (Fatkhani, 2009).

Pertumbuhan populasi mikroorganisme lebih mudah dilakukan daripada pertumbuhan individu sel mikroorganisme, hal ini karena ukuran sel mikroorganisme yang sangat

kecil. Laju pertumbuhan sel mikroorganisme yang berbiak dengan pembelahan biner bersifat logaritmik atau ekponensial (Fatkhan, 2009).

- Fase Lag (Fase Adaptasi)

Fase lag merupakan fase adaptasi, yaitu fase penyesuaian bakteri dalam lingkungan yang baru. Pada fase ini tidak ada pertambahan jumlah sel, melainkan peningkatan ukuran sel. Sel mengalami perubahan dalam komposisi kimiawi dan ukurannya, selain itu terjadi perubahan dengan bertambahnya substansi interaseluler (J. Pelczar, 2013).

Dalam fase adaptasi ini dipengaruhi oleh kondisi lingkungan sebelum diinokulasikan, jumlah sel yang dimasukkan serta kondisi media maupun kondisi inkubasi untuk pertumbuhannya (Fatkhan, 2009).

- Fase Logaritmik (Fase Ekspensial)

Fase logaritmik (fase ekspensial) merupakan fase dimana mikroorganisme sel akan membelah menjadi dua kali lipat dengan laju yang konstan dengan aktivitas metabolit konstan dan keadaan pertumbuhan yang seimbang (J. Pelczar, 2013). Laju pertumbuhan pada fase logaritmik ditentukan oleh beberapa faktor diantaranya suhu, aktivitas, pH media penanaman dan air (Fatkhan, 2009).

- Fase Pertumbuhan Statis (*Stationary Phase*)

Pada fase ini mulai dan sedang terjadi dimana nutrisi yang dibutuhkan untuk bakteri habis sehingga beberapa sel mengalami kematian sedangkan yang lain tumbuh dan membelah (J. Pelczar, 2013).

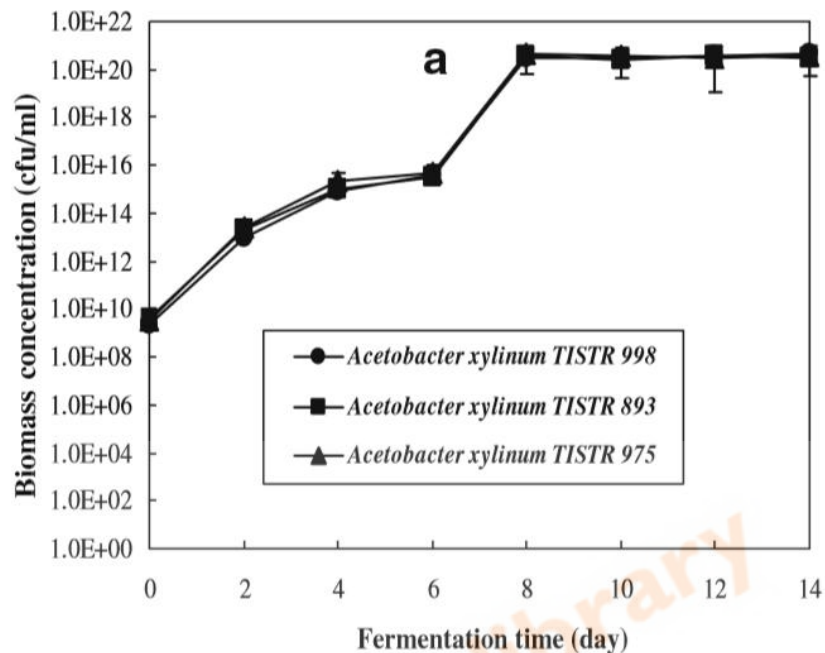
- Fase Kematian (*Death Phase*)

Pada fase ini sel yang mati lebih cepat daripada terbentuknya sel-sel baru, laju kematian sel menjadi semakin cepat, menjadi kematian ekponensial tergantung pada spesiesnya, kemudian sel-sel mengalami kematian dalam waktu beberapa hari atau bulan (J. Pelczar, 2013).

Kematian ini dapat diakibatkan oleh beberapa penyebab berikut (Fatkhan, 2009) :

1. Sel kehabisan energi (organisme menghabiskan energi cadangannya dan mengalami kelapran).

2. Perubahan pH dalam media penanaman merusak sel organisme dan menyebabkan kematian sel.
3. Akumulasi bahan beracun hasil proses metabolisme.



Gambar 2.3 Kurva Pertumbuhan *Acetobacter Xylinum*
(Sumber:Kongruang, 2008)

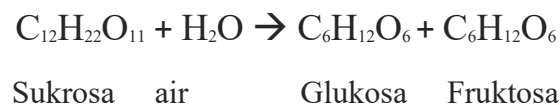
2.2.3 Proses Fermentasi oleh *Acetobacter Xylinum*

Suatu reaksi oksidasi-reduksi pada sistem yang menghasilkan energi, yang mana sebagai donor maka digunakan senyawa organik ini merupakan definisi dari fermentasi. Senyawa organik yang biasa digunakan adalah karbohidrat sederhana atau glukosa. Enzim akan membantu senyawa untuk direduksi ke dalam satu bentuk tertentu kemudian terjadi reaksi oksidasi.

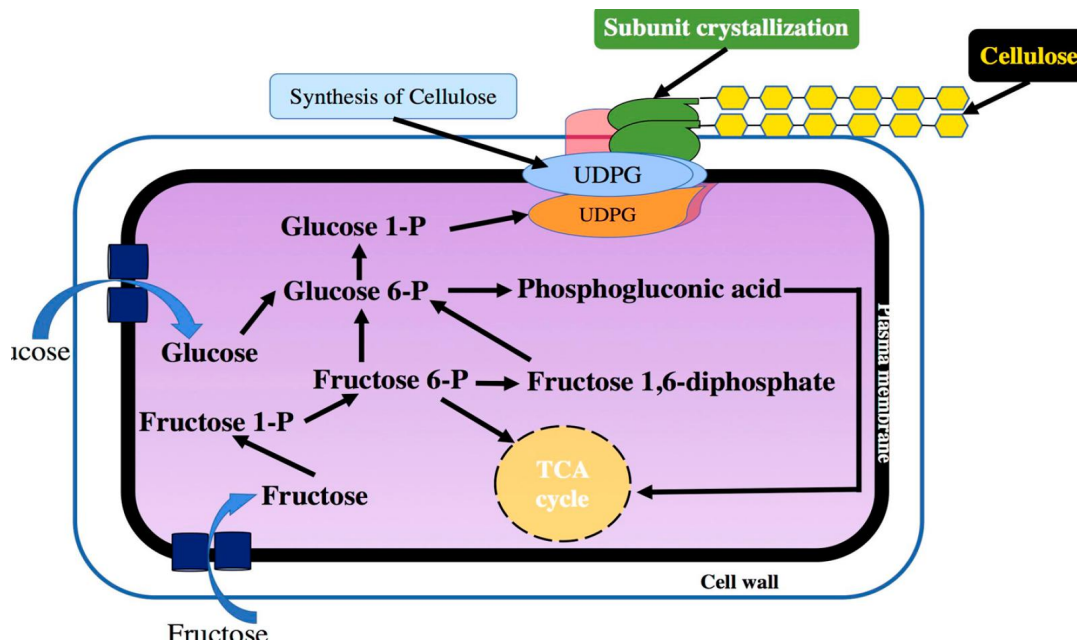
Asam sebagai hasil dari proses tersebut akan diubah selama fermentasi berlangsung dengan bantuan enzim menjadi senyawa positif sehingga dapat menangkap elektron dan menghasilkan organik.

Acetobacter Xyinum mengambil kadar glukosa dari larutan gula kemudian menggabungkannya dengan asam lemak, membentuk suatu ‘prekursor’ nata pada jaringan sel bersama enzim penurunan gugus glukosa menjadi selulosa yang terjadi diluar sel *Acetobacter Xyinum*. Sebagian bakteri yang terperangkap dibawa oleh jaringan transparan. Karbon dioksida dihasilkan oleh *Acetobacter Xyinum* menyebabkan pengapungan nata atau lembar selulos, kemudian lembar selulosa naik kepermukaan.

Elga, Pratama, and Salafudin (2014) selama fermentasi bakteri *Acetobacter Xyinum* memecah gula (sukrosa) menjadi glukosa dan fruktosa. Berikut reaksi hidrolisis sukrosa.



Glukosa melalui reaksi heksokinase menjadi glukosa-6-fosfat. Glukosa-6 fosfat diubah menjadi glukosa-1-fosfat oleh enzim fosfoglukomutase. Reaksi antara glukosa-1-fosfat dengan uridin trifosfat (UTP) menghasilkan uridin difosfat glukosa (UDP-glukosa) oleh kerja enzim glukosa-1-fosfaturidiltransferase. Reaksi ini dipindahkan ke kanan oleh pirofosfatase, yang menghidrolisis pirofosfat (PPi) menjadi ortofosfat (Pi). UDP-glukosa adalah donor langsung residu glukosa didalam pembentukan enzimatik selulosa oleh kerja selulos sintase yang menguatkan pemindahan residu glukosil dari UDP-glukosa ke ujung non residu molekul selulosa. Mekanisme pembentukan nata selulosa oleh *Acetobacter Xyinum* dapat dilihat dalam Gambar 2.4.



Gambar 2.4. Biosintesis Selulosa

(Sumber : Moniri, 2017)

2.2.4 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Fermentasi oleh *Acetobacter Xylinum*

Mikroba akan tumbuh dengan baik apabila kondisinya sesuai, maka dari itu perlu diperhatikan faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan pada mikroba sebagai berikut:

a. Media Pertumbuhan

Media pertumbuhan mikroba atau mikroorganisme merupakan suatu bahan yang terdiri dari campuran zat makanan atau nutrisi yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk perkembangan dan pertumbuhannya. Untuk menyusun komponen sel maka mikroba memanfaatkan molekul kecil yang merupakan nutrisi mikroba itu sendiri. Lalu agar dapat memanipulasi komposisi pertumbuhan dan menjadi kultur murni maka dilakukan isolasi mikroba dengan menggunakan media.

Pertumbuhan *Acetobacter Xylinum* dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya tingkat keasamaan media, suhu selama fermentasi, lama fermentasi, sumber karbon, sumber nitrogen, sumber nutrisi makro (P, S, K, dan Mg) dan mikro (Fe, Zn, Mn, Cu, Mo, Ca, Na, Ni, Se, Vitamin, dan asam amino) serta konsentrasi starter (bibit) (Arvina & Agustina, 2009).

1. Sumber karbon (C)

Metabolisme serat atau selulosa sangat dipengaruhi oleh sumber karbon termasuk konsentrasinya. Bila ketersediaan sumber karbon tidak atau belum mencukupi kebutuhan pembentukan nata maka tidak akan terjadi pertumbuhan yang diinginkan.

Rasio protein dan karbohidrat merupakan kunci dalam pembentukan selulosa agar proses fermentasi berjalan dengan baik dan tidak menghasilkan limbah seperti sisa cairan fermentasi (tingkat *zero residual substrat*), substrat (nutrisi dalam media) habis digunakan oleh bakteri nata. Jenis karbon bisa berupa bahan seperti misalnya glukosa, laktosa, fruktosa.

2. Sumber Nitrogen (N)

Sebagai mikroorganisme dapat memanfaatkan sumber nitrogen organik dan anorganik. Nitrogen anorganik yang sering digunakan berupa ammonium sulfat dan diammonium hidrogen fosfat. Sedangkan nitrogen organik yang banyak digunakan adalah asam amino, monosodium glutamat, seperti yang digunakan oleh Amira dan Nadhira (2018). Pada penelitian Melliawati (2009) menggunakan pupuk ZA sebagai sumber nitrogen.

b. Kondisi Kultivasi

Acetobacter Xyinum merupakan bakteri yang hidup pada kondisi asam, sehingga keasamaan media sangat mempengaruhi pertumbuhannya. Selain itu beberapa faktor lain yang mempengaruhi pertumbuhan *Acetobacter Xyinum* yaitu suhu dan agitasi. Sifat lain dari *Acetobacter Xyinum* yaitu merupakan bakteri aerobik, yang memerlukan oksigen untuk menunjang pertumbuhannya.

1. Suhu

Suhu kultivasi berpengaruh terhadap pertumbuhan sel dan terhadap efisiensi konversi substrat menjadi massa sel. Apabila suhu fermentasi melebihi suhu optimum pertumbuhan mikroorganisme maka hal ini dapat mengakibatkan kerusakan struktur DNA, protein, ataupun karbohidrat yang memegang peranan kunci dalam metabolisme sel. Suhu untuk pertumbuhan *Acetobacter Xyinum* berkisar antara 28-31°C. Suhu 30°C merupakan suhu optimal untuk menghasilkan selulosa mikrobial.

2. Keasamaan (pH)

Derajat keasaman (pH), pengaruh pH tidak kalah penting dari pengaruh temperatur terhadap pembentukan nata. Ada pH minimum, pH optimum, dan pH maksimum. pH

4–9 dengan pH optimum 6,5–7,5 adalah rentang pH untuk perkembangan dan pertumbuhan bakteri. Dwi Ratri dan joni hermawan (2013). Menurut (Coban & Biyik, 2011) bakteri *Acetobacter Xyinum* umumnya tumbuh pada pH 3,5 - 8,5, dan akan tumbuh optimal pada pH 6,5. Menurut Hardi, Masria Pandiangan, and Saleh (2013) aktivitas pembentukan nata hanya terjadi pada kisaran pH antara 3,5 – 7,5. Pembentukan nata terbaik dan terbanyak ialah pada pH 5,0 dan 5,5, media air kelapa dan pada suhu ruang. Menurut Hardi et al. (2013) pH 4,5 merupakan jumlah terbanyak dan kualitas yang terbaik diperoleh ketika menggunakan media air kelapa dan pH 4.0 merupakan keadaan pH optimum bagi pembentukan serat selulosa saat menggunakan media air kelapa.

3. Agitasi

Tujuan agitasi adalah agar kultur mikroba dapat dipertahankan, mempercepat proses pencampuran bahan dan pelarutannya. Menurut Salsabila (2010), agitasi juga bertujuan untuk menyebarkan gelembung-gelembung udara dalam kultur untuk menetapkan tubulensi cairan. Pada sistem agitasi yang lebih besar, maka hal ini membuat kebutuhan oksigen terpenuhi dengan lebih cepat. Penyebaran zat-zat makanan dan kultur merata sehingga aktivitas mikroba dan perkembangan sel berlangsung lebih cepat pula.

4. Lama Fermentasi

Semakin lama fermentasi, maka serat yang terbentuk akan semakin banyak dan semakin rapat akibat dari hasil metabolisme *Acetobacter Xyinum* (malvianie, et. al.2014).

2.2.5 Parameter Terkait Proses Fermentasi

2.2.5.1 DO (*Dissolved Oxygen*)

Oksigen terlarut (*Dissolved Oxygen* = DO) dibutuhkan oleh semua jasad hidup untuk pernapasan, proses metabolisme atau pertukaran zat yang kemudian menghasilkan energi untuk pertumbuhan dan pembiakan. Disamping itu, oksigen juga dibutuhkan untuk oksidasi bahan-bahan organik dan anorganik dalam proses aerobik. *Dissolved Oxygen* adalah salah satu parameter paling penting dalam analisa kualitas air. Nilai DO yang biasanya diukur dalam bentuk konsentrasi ini menunjukkan jumlah oksigen

(O₂) yang tersedia dalam suatu badan air. Semakin besar nilai DO pada air, mengindikasikan air tersebut memiliki kualitas yang bagus. Cara penentuan oksigen terlarut penelitian ini digunakan dengan metoda elektrokimia secara langsung untuk menentukan oksigen terlarut dengan alat DO meter. Prinsip kerjanya adalah menggunakan probe oksigen yang terdiri dari katoda dan anoda yang direndam dalam larutan elektrolit. Pada DO meter, probe yang biasa digunakan adalah Ag dan Pb masing-masing sebagai katoda dan anoda. Secara overall menurut Riadhi, Luthfi (2017) sifat dari membran ini adalah *semi permeable* yang digunakan sebagai pelapis elektrod tersebut.

2.2.5.2 COD (Chemical Oxygen Demand)

COD merupakan suatu pengukuran terhadap jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik yang ada dalam air limbah secara kimiawi.

Nilai COD digunakan untuk mewakili kandungan total dari seluruh senyawa organik yang terdapat di dalam air limbah. Untuk analisis COD, nilainya selalu lebih besar dari nilai BOD karena kebanyakan senyawa organik lebih mudah teroksidasi secara kimia daripada secara biologis. Pengukuran COD lebih sering digunakan karena mengingot waktu pengukurannya hanya memakan waktu 3 jam sedangkan pengukuran terhadap BOD₅ memerlukan waktu lima hari. Abdalla, Z , Khaled dan Hamman G. (2014).

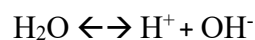
2.2.5.3 Ketebalan Nata

Nata yang terbentuk dipengaruhi oleh adanya sumber nutrisi berupa glukosa yang terdapat pada substrat fermentasi. Kadar glukosa yang terdapat pada substrat fermentasi mempengaruhi pembentukan nata selama proses fermentasi. Sehingga tujuan dari pengukuran ini adalah untuk mengetahui pengaruh kadar glukosa terhadap ketebalan nata selama waktu fermentasi. Ketebalan Nata ini menggunakan jangka sorong digital.

2.2.5.4 pH

pH dalam penggunaannya cukup umum untuk menyatakan intensitas dari kondisi asam atau basa sebuah cairan. Itu adalah cara untuk menyatakan konsentrasi ion hidrogen atau lebih tepatnya, aktivitas ion hidrogen (Sawyer et al., 2013).

Elektroda hidrogen ditemukan menjadi perangkat yang cocok untuk mengukur aktivitas ion hidrogen. Dalam penggunaannya ditemukan bahwa air murni memisahkan untuk menghasilkan konsentrasi ion hidrogen sama dengan sekitar 10^{-7} mol/L (Sawyer et al., 2013).



Pada umumnya indikator pH sederhana yang digunakan yaitu kertas lakmus yang akan berubah menjadi merah ketika keasamannya tinggi dan biru saat keasamannya rendah.

Sistem pengukuran pH mempunyai tiga bagian yaitu elektroda untuk mengukur pH, referensi elektroda, dan pengukur impedansi. Selain menggunakan kertas lakmus, berdasarkan prinsip konduktivitas, larutan indikator asam basa dapat diukur dengan pH meter.

Pengukuran pH didasarkan pada potensial elektrokimianya, hal ini terjadi antara larutan yang terdapat dalam gelas dengan variable yang telah diketahui, dan larutan yang elektroda gelas luar yang tidak diketahui. Hal ini dikarenakan lapisan tipis gelembung kaca akan berkontak langsung dengan ion hidrogen yang ukurannya kecil, elektroda gelas kemudian akan mengukur seberapa besar potensial elektro dari ion hidrogen.

Kaitan pengukuran nilai pH dalam penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh keasamaan pada substrat fermentasi bagi pertumbuhan bakteri *Acetobacter Xyinum* selama proses fermentasi.

2.2.5.5 Counting Chamber

Counting Chamber adalah salah satu metode penghitungan jumlah mikroorganisme dengan cara menghitung jumlah mikroba diatas permukaan *chamber*. Tujuan counting chamber ini untuk penetapan jumlah sel di dalam cairan dengan menggunakan metode ruang hitung. Perhitungan ini dapat menggunakan *hemacytometer*, Petroff-Hausser Bacteria Counter. Pertama dengan menempatkan 1 tetes mikroba menggunakan pipet pada permukaan alat, lalu ditutup dengan kaca penutup kemudian diamati dengan mikroskop dengan skala sesuai besar kecilnya mikrobia. Menurut Jutono, dkk (1980) menyatakan, tiap kotak volumenya telah diketahui, dengan menghitung jumlah sel rata-rata tiap kotak maka dapat ditentukan berapa jumlah sel mikrobia nya. Kotak atau ruang tersebut terdiri dari 9 kotak besar dengan luas permukaan 1 mm². Satu kotak berada ditengah dengan ukuran yang besar, dan kotak besar dibagi menjadi 25 kotak berukuran medium dengan ukuran panjang 0,2 mm. Kotak sedang dibagi lagi menjadi 16 kotak kecil. Maka satu kotak besar tersebut berisi 400 kotak kecil. Tebal dari ruang hitung ini adalah 0,1 mm. Kelebihan perhitungan sel dengan menggunakan hemacytometer adalah dapat menghitung jumlah sel yang hidup maupun yang mati, tergantung dari pewarna yang digunakan (Yustiah, 2011).

2.2.5.6 Total Dissolve Solid (TDS)

TDS (*total dissolved solid*) adalah jumlah zat terlarut baik berupa suspensi, senyawa, ion organik, maupun koloid yang terkandung didalam air (WHO, 2003). Konsentrasi TDS yang terkandung dalam suatu zat cair mempengaruhi konduktivitas zat cair tersebut. Semakin tinggi konsentrasi TDS yang terionisasi dalam air, makin besarkonduktivitas listrik larutan tersebut. Konsentrasi TDS dalam air minum melebihi batas ambang yang diperbolehkan dapat membahayakan kesehatan karena dapat menyebabkan terjadinya gangguan pada ginjal. Menurut WHO (World Health Organization), kadar TDS < 300 ppm (parts per million) merupakan kadar TDS dimana air minum layak dikonsumsi. Sedangkan, menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia nomor 492 tahun 2010 standar TDS maksimum adalah 500 ppm.

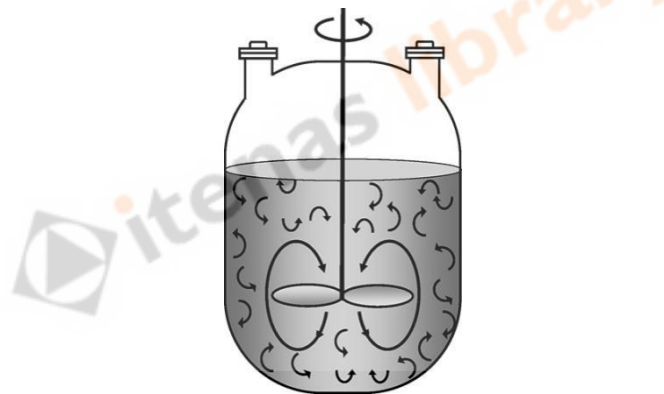
2.3 Sistem Reaktor Kimia

Reaktor adalah unit proses yang terpending dimana tempat berlangsungnya reaksi kimia. Beberapa pertimbangan yang harus diperhatikan pada sebuah reaktor agar dapat berjalan secara optimal antara lain kondisi operasi, reaksi yang terjadi dalam reaktor dan jenis katalis yang digunakan pada reaktor. Reaktor ideal berdasarkan kerjanya dibagi menjadi dua macam yaitu reaktor *batch* dan reaktor aliran kontinu (CSTR).

2.3.1 Reaktor *Batch*

Reaktor *Batch* adalah reaktor yang memiliki sistem tidak ada massa yang masuk dan keluar selama waktu tertentu. Jumlah dari komponen individu dapat berubah karena reaksi tetapi bukan karena aliran masuk atau keluar dari sistem. Sebuah reaktor *batch* ideal tidak mempunyai gradien suhu atau konsentrasi dalam sistem volume.

Menurut Andrew (2014) Ketika reaksi terjadi reaktor batch tidak memiliki input atau output.



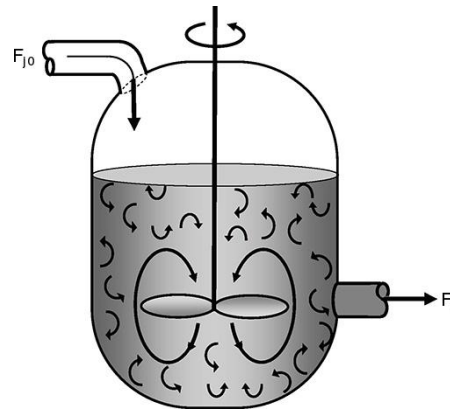
Gambar 2.5 Skema Reaktor Batch

(Sumber: Scott, 2016)

2.3.2 Reaktor Kontinyu

Jenis reaktor yang biasa digunakan dalam pemrosesan industri adalah tangki berpengaduk yang dioperasikan terus menerus (Gambar 2.9). Ini disebut sebagai reaktor tangki berpengaduk kontinu (CSTR). Ini biasanya dioperasikan pada kondisi steady state dan diasumsikan tercampur sempurna, akibatnya, tidak ada ketergantungan waktu atau ketergantungan posisi suhu, konsentrasi, atau laju reaksi di dalam CSTR. Artinya, setiap variabel sama di setiap titik di dalam reaktor. Karena

suhu dan konsentrasi identik di mana-mana di dalam bejana reaksi, mereka sama di titik keluar seperti di tempat lain di dalam tangki. Scott (2016).



Gambar 2.6. Skema Reaktor Kontinu

(Sumber: Scott, 2016)

Manfaat reaktor kontinu :

- Tingkat banyak reaksi kimia tergantung pada konsentrasi reaktan. Reaktor kontinu umumnya mampu bekerja dengan konsentrasi reaktan jauh lebih tinggi karena kapasitasnya yang unggul dalam perpindahan panas.
- Ukuran dari reaktor kontinu kecil kemungkinan membuat nilai pencampuran yang tinggi.
- *Output* dari reaktor kontinu dapat diubah dengan memvariasikan waktu detensi. Hal ini meningkatkan fleksibilitas untuk operasi produksi.