

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Bakterioselulosa (*Bacteriocellulose*=BC), atau *Microbial Cellulose*=MC) adalah produk selulosa yang dihasilkan oleh sejumlah bakteri pada substrat cair yang mengandung gula. Bakterioselulosa memiliki struktur, fungsi, dan sifat fisiko-kimia yang unik.

Sejumlah spesies bakteri dari golongan *Aerobacter*, *Acetobacter*, *Achromobacter*, *Agrobacterium*, *Alcaligenes*, *Azotobacter*, *Pseudomonas*, *Rhizobium*, *Sarcina*, *Salmonella*, dan *Eschericia coli* dilaporkan memiliki kemampuan mensintesis lembaran selulosa ekstraseluler (Bae dan Shoda, 2004). Namun, hanya spesies *Acetobacter* yang saat ini banyak menarik perhatian para peneliti sebagai bakteri penghasil selulosa komersial. Dari genus *Acetobacter*, yang paling ekstensif dipelajari adalah dari spesies *Acetobacter xylinum*. Pada tahun 1886, Adrian Brown telah mempublikasikan hasil penelitiannya, bahwa *Acetobacter xylinum* dapat menghasilkan selulosa pada permukaan medium ("*xylinum*" berarti kapas).

Selulosa yang dihasilkan oleh bakteri *Acetobacter* ini lazim disebut sebagai bakterioselulosa atau mikrobial selulosa. Rumus molekul kimia bakterioselulosa adalah $(C_6H_{10}O_5)_n$, yang memiliki ikatan α -1,4 antara dua molekul sakarida yang menyusun polimer tersebut, mirip dengan molekul selulosa tanaman, tetapi memiliki sifat fisiko-kimia yang berbeda (Yoshinaga dkk., 1997).

Salah satu sifat fisiko-kimia terpenting yang membuat bakterioselulosa istimewa adalah struktur molekul selulosanya yang tersusun sangat teratur. Pada selulosa tanaman, susunan molekul selulosa terakumulasi sebagai rantai mikrofibril menyerupai benang-benang mikro yang membentuk bundel dan klaster yang disebut sebagai fibril lamella dan sel-sel fiber. Biasanya, selulosa tanaman terdapat pada dinding sel membentuk struktur kompleks dengan hemiselulosa, lignin dan pelbagai senyawa impurities lainnya. Sebaliknya, struktur bakterioselulosa yang dihasilkan oleh *A. xylinus* dengan bantuan enzim selulosa sintetase, akan disekresikan oleh

cellulose exprt components ke luar sel dalam bentuk benang-benang protofibril sebelum akhirnya membentuk bundel lembaran halus selulosa (Gambar 1) dalam bentuk pita yang tersusun dari bundel mikrofibril (Ross, dkk. 1991). Pita selulosa ini sangat tipis dan halus, dengan ketebalan 1/100 dari ukuran selulosa tanaman. Pita selulosa ini kemudian tumbuh dan berkembang sejalan dengan proses metabolisme dari *A. xylinum* membentuk struktur pita-pita halus yang sangat teratur dan memiliki kemurnian yang sangat tinggi, tidak kasar seperti selulosa tanaman.

Bakterioselulosa memiliki sifat-sifat unik sebagai berikut (Shoda dan Sugano, 2005):

1. Memiliki kemurnian yang sangat tinggi, karena tidak mengandung hemiselulosa atau lignin sebagaimana halnya pada tanaman
2. Memiliki sifat kristalinitas yang sangat tinggi, sehingga potensial untuk dimanfaatkan sebagai bahan pembuatan LCD (*liquid crystal display*) untuk peralatan elektronik seperti layar TV, komputer, laptop, smartphone, dan sebagainya.
3. Lembaran bakterioselulosa sangat kuat, memiliki modulus Young sebesar 1530 GPa, yang terkuat diantara seluruh material organik 2 dimensi yang ada.
4. Memiliki sifat biodegradabilitas yang sangat baik
5. Memiliki sifat kemampuan mengikat air (*water holding capacity*) yang besar, sekitar 100 kali lipat dari berat keringnya.
6. Memiliki sifat afinitas biologis yang baik, sehingga potensial untuk digunakan sebagai pengganti kulit untuk penutup luka.

Bakterioselulosa (mikrobal cellulose) diproduksi bukan hanya untuk makanan saja melainkan juga potensial untuk dikembangkan sebagai produksi industri lainnya yang bernilai ekonomis tinggi (Brown Jr, dkk).

1. Makanan : (*nata de coco*, es krim rendah kalori, makanan ringan, *salad dressing*, yang dapat mengurangi kolesterol.
2. Elektronika : LCD (*liquid crystal display*) untuk tv, layar komputer, layar smartphone



3. Pelayanan kesehatan : Untuk penyembuhan luka (Obat luka), substrat pembuatan kulit tiruan.
4. Cosmetic and Beauty : Nutrisi kulit, untuk mempercantik kuku, sebagai spon, untuk membuang zat – zat yang beracun.
5. Pertambangan dan Minyak : Mineral dan untuk memperbaiki mutu minyak.
6. Pakaian Dan Sepatu : Produk Kulit tiruan, untuk tekstil.
7. Fasilitas Umum : Filter Pemurnian Air, penyaring dan membran osmosis balik.
8. Produk kebutuhan Bayi : Disposable recyclable diapers.
9. Produk Audio : Sekat rongga Audio.
10. Produk hasil hutan : Perekat Kayu tiruan (Kayu lapis), saringan untuk catatan/kertas.
11. Produk kertas : Sebagai kertas dasar untuk membuat uang yang tahan lama.
12. Mobil dan Pesawat terbang : serat selulosa yang dihasilkan berpotensi untuk membuat bodi mobil yang ringan dan kuat, juga sebagai elemen badan pesawat, *casing* (body) roket.

Faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan *Acetobacter xylinum* dalam produksi *bakterioselulosa* harus diperhatikan, diantaranya konsentrasi gula (sukrosa) dan sumber nitrogen. Sukrosa berperan sebagai sumber energi dan sumber karbon bagi *Acetobacter xylinum* untuk tumbuh dan berkembang. Senyawa ini sangat diperlukan dalam sintesis selulosa yang akhirnya membentuk lapisan *Bakterioselulosa*. Dimaguila (1967) di dalam Surtiningsih (1998) menjelaskan bahwa energi untuk sintesis pita-pita selulosa berasal dari perombakan sukrosa. Semakin banyak sukrosa yang ditambahkan maka energi yang dihasilkan juga semakin banyak dan selulosa yang diperoleh juga relatif banyak.

Sumber nitrogen ditujukan untuk merangsang aktivitas *Acetobacter xylinum*. Sumber nitrogen yang berasal dari bahan organik maupun anorganik umumnya dapat meningkatkan aktivitas *Acetobacter xylinum* dalam mensintesis gula menjadi selulosa yang akhirnya membentuk *bakterioselulosa*. Sumber

nitrogen yang umum digunakan dalam proses fermentasi adalah $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, $(\text{NH}_4)_2\text{H}_2\text{PO}_4$, $(\text{NH}_4)\text{NO}_3$, urea, ZA, dan NPK (Sulandra, dkk., 2000).

Optimum pH adalah kisaran pH yang dapat memberikan kondisi terbaik tingkat pertumbuhan bakteri. Skala pH mengukur ion hidrogen (H^+) konsentrasi. Konsentrasi hidrogen memberi pengaruh terhadap aktivitas enzim sehingga mempengaruhi pertumbuhan mikroba. Pada pH tinggi konsentrasi ion H^+ rendah; sedangkan pH rendah memperlihatkan konsentrasi H^+ yang tinggi; sementara pH netral adalah kondisi dimana jumlah ion H^+ dan $-\text{OH}$ (ion hidroksil) sama dan setimbang. *Acetobacter xylinum* adalah bakteri acidophilic. Hal ini dapat hidup dalam kondisi pH rendah, dapat tumbuh pada pH 3,5-7,0 dengan optimal pada pH 5,0 (Ramos, 1977; Lapuz, 1967).

Oleh sebab itu pada penelitian ini akan dikembangkan metode alternatif untuk memperbaiki masalah di atas dengan menggunakan sebuah inovasi bioreaktor baru yang dinamakan Bioreaktor Celup (*Alternate Dip Bioreactor*). Kelebihan alat ini adalah lamanya fasa terendam medium dan fasa terkespose di udara dapat diatur sesuai dengan desain eksperimen yang dikehendaki, untuk mencari waktu yang optimum bagi masing-masing fasa tersebut guna mendapatkan produksi bakterioselulosa yang maksimal.

Penelitian ini menggunakan alat baru, yaitu Bioreaktor Celup (*Alternate Dip Bioreactor*), sehingga dapat diperoleh hasil tinggi dan kualitas bakterioselulosa yang lebih baik, karena bioreaktor celup ini dapat mengatur waktu terendam dalam media dan fasa kontak dengan udara dan memberikan aerasi yang lebih baik terhadap bakteri sehingga kita mengetahui waktu optimal untuk kedua fasa tersebut dalam proses produksi bakterioselulosa.

Berdasarkan penjelasan di atas, maka proposal penelitian ini diajukan dengan judul **“Inovasi Rancang Bangun Bioreaktor Celup (*Alternate Dip Bioreactor*) Untuk Produksi Bakterioselulosa”**.

1.2 Tujuan penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk :

- merancang bioreaktor yang inovatif dan berpotensi untuk mendapatkan paten dalam upaya memproduksi bakterioselulosa yang maksimum



- menentukan waktu optimum fase terendam dan fase kontak dengan udara untuk menghasilkan bakterioselulosa tertinggi yang dihasilkan oleh bioreaktor celup.

1.3. Hipotesis

- Rancang bangun Bioreaktor Celup (Alternate Dip Bioreaktor) akan meningkatkan produksi bakterioselulosa (*Microbial Cellulose*)
- Lamanya perioda fasa tercelup dalam medium dan fasa terekspose di udara berpengaruh secara nyata terhadap produksi bakterioselulosa.

1.4. Rumusan masalah

Penelitian ini difokuskan pada rancang bangun Bioreactor Celup (Alternate Dip Bioreactor), dan untuk mengetahui waktu terendam dalam media serta fasa terekspose udara untuk pertumbuhan bakterioselulosa yang optimal.

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 unitas	%	Mia. 50
4. Jumlah gula terhitung sebagai :		
- Sakrosa	%	Mia. 15
5. Serat makanan	%	Maks. 4,5
6. Bahan Tambahan Makanan		
6.1. Pemanis buatan :		
- Sakarin		Tidak boleh ada
- Siklomat		Tidak boleh ada
6.2. Pewarna tambahan		Sesuai SNI 01-0222-1985
6.3. Pengawet (Na Benzolat)		Sesuai SNI 01-0222-1985
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. 3,0
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. $2,0 \times 10^7$
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 (1996)