



Fermentasi Limbah Kulit Buah Menjadi Mamaenzim (*Symbiotic Culture Of Bacteria And Yeast*)

Piyantina Rukmini

¹Program Studi Pendidikan Guru Sekolah Dasar, STKIP NU INDRAMAYU, Jln. Raya Kaplongan no. 28 Karangampel – Indramayu – 45283 Telp. (0234) 484777

INFORMASI ARTIKEL

Halaman:

31 – 38

Tanggal penyerahan:

15 Agustus 2023

Tanggal diterima:

30 November 2023

Tanggal terbit:

30 Desember 2023

EMAIL

¹piyantinanu@gmail.com

ABSTRACT

This research aims to determine the formation of mamaenzymes (scoby) from aerobic fermentation of fruit peel waste processing with variations in adding sugar. The composition of the bioreactor follows the rules for making coenzyme: sugar: organic material: water = 1: 3: 10. Variations in adding sugar are 0%, 10%, 20%, and 30% of the composition of the coenzyme sugar ratio. Fermentation was carried out in 5 bioreactors. Fermentation was carried out for 20 days, with the observed parameters being pH, cellulose characteristics, and the state of the bioreactor medium. The research results showed that the initial pH was 5, and the final pH was four at week 4. Mamaenzyme (Scoby) produced in T3 with the addition of 20% sugar showed a clear color, elasticity, and even thickness compared to the T1 bioreactor. , T2, T4, and T5 (mamaenzyme is not formed).

Keywords: *eco enzyme, mama enzyme, scoby, bacteria cellulose*

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pembentukan mamaenzim (scoby) dari fermentasi aerobik pengolahan limbah kulit buah dengan variasi penambahan gula. Komposisi bioreaktor mengikuti kaedah pembuatan ecoenzyme, gula : bahan organik : air = 1 : 3 : 10. Variasi penambahan gula sebanyak 0%, 10%, 20%, dan 30% dari komposisi ratio gula ecoenzyme. Fermentasi dilakukan dalam 5 buah bioreaktor. Fermentasi dilakukan selama 20 hari dengan parameter yang diamati adalah pH, karakteristik selulosa, dan keadaan medium bioreaktor. Hasil penelitian menunjukkan pH awal pada angka 5 dan pH akhir menunjukkan angka 4 pada minggu ke – 4. Mamaenzyme (Scoby) yang dihasilkan pada T3 dengan penambahan gula 20% menunjukkan keadaan dengan warna bening, kekenyalan, dan ketebalan yang lebih merata dibanding dengan bioreaktor T1, T2, T4, dan T5 (tidak terbentuk mamaenzim).

Kata kunci: *ekoenzim, mamaenzim, scoby, bakteri selulosa*

PENDAHULUAN

Buah-buahan memiliki kandungan vitamin, mineral, dan serat yang berfungsi sebagai antioksidan atau penangkal senyawa jahat dalam tubuh. Konsumsi buah yang cukup merupakan salah satu indikator sederhana gizi seimbang, karena dapat menjaga tekanan darah, kadar gula, dan kolesterol darah serta dapat mencegah gangguan pencernaan dan risiko obesitas (Kementerian Kesehatan Republik Indonesia 2018).

Buah yang dikonsumsi menghasilkan limbah berupa potongan maupun kulit buah dapat digunakan kembali dan memberikan manfaat bagi manusia. Pengolahan limbah organik sangat baik untuk memperbaiki struktur tanah, memberikan nutrisi bagi tumbuhan serta organisme hidup lainnya. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa bagian kulit memiliki kadar senyawa bioaktif

yang lebih tinggi dibandingkan bagian daging. Fermentasi kulit buah menjadi salah satu metode yang digunakan untuk mengolah limbah organik.

Bahan organik yang mengandung selulosa merupakan substrat bagi pertumbuhan bakteri selulolitik, sehingga dimungkinkan bakteri selulolitik juga terdapat pada kulit buah yang memiliki kandungan selulosa yang tinggi. Bakteri selulolitik secara alami terdapat pada lahan pertanian, hutan, kompos, tanaman yang telah melapuk, atau pada serasah daun (David, dkk., 2012).

Selulosa bakteri dapat dipreparasi dari limbah buah-buahan berupa kulit nanas, tomat, dan pisang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa amonium hidrofosfat paling efektif jika dibandingkan dengan amonium sulfat dan urea untuk digunakan sebagai sumber senyawa nitrogen dalam pembuatan selulosa bakteri (Rosidi, dkk., 2000). Limbah kulit buah buahan merupakan media yang cukup baik untuk pertumbuhan mikroorganisme.

Fermentasi merupakan proses yang terjadi secara kimiawi pada suatu substrat organik dengan bantuan aktifitas enzim yang dihasilkan oleh mikroorganisme. Fermentasi merupakan perombakan senyawa kompleks seperti polisakarida, lemak, asam nukleat, dan protein menjadi bahan yang lebih sederhana seperti monosakarida, asam lemak, nukleotida, dan asam amino menggunakan enzim (*amylase, protease, dan lipase*) yang dihasilkan oleh aktifitas mikroorganisme.

Beberapa mikroorganisme bila ditumbuhkan pada media yang sesuai akan menghasilkan sellulosa (Ruth meliawati, 2015). Ada banyak metode yang dilakukan untuk memproduksi selulosa bakteri. Metode yang dilakukan dapat berupa modifikasi pada media hingga pada modifikasi pada teknik fermentasi yang digunakan. Modifikasi pada jenis media fermentasi untuk produksi selulosa bakteri telah banyak berkembang. Tidak hanya air kelapa, saat ini telah banyak dilaporkan juga penggunaan bahan dasar media kultur lainnya seperti teh (Neera, Ramana and Batra, 2015), media jus buah (Kosseva et al., 2017), limbah buah (Tsouko et al., 2015), jerami gandum (Chen et al., 2013).

Selulosa adalah karbohidrat yang paling umum terdapat pada tanaman di seluruh dunia. Dalam buah dan sayuran, selulosa terdiri dari hampir 50% dari karbohidrat, sementara hemiselulosa terdiri dari 15-34% (Chen-Chin Chang, et al. 2009).

Faktor-faktor yang mempengaruhi *Acetobacter xylinum* untuk mengalami pertumbuhan adalah sumber karbon, sumber nitrogen, serta tingkat keasaman media temperatur, dan udara (senyawa karbon yang dibutuhkan dalam fermentasi bakteri selulosa berasal dari monosakarida dan disakarida. Sumber dari karbon ini yang paling banyak digimakan adalah gula. Sumber nitrogen bisa berasal dari bahan organik seperti ZA, urea. Meskipun bakteri *Acetobacter xylinum* dapat tumbuh pada pH 3,5 - 7,5, namun akan tumbuh optimal bila pH nya 4,3. Sedangkan suhu ideal bagi pertumbuhan bakteri *Acetobacter xylinum* pada suhu 28 - 31°C. Bakteri ini sangat memerlukan oksigen, sehingga dalam fermentasi tidak perlu ditutup rapat namun hanya ditutup untuk mencegah kotoran masuk ke dalam media yang dapat mengakibatkan kontaminasi (Riswanda, 2009).

Mamaenzim merupakan salah satu produk dari proses fermentasi aerobik yang sering dikenal sebagai scoby (*symbiotic culture of bacteria and yeast*) atau nata. Mamaenzime merupakan salah satu bentuk nata (*scoby*) adalah sejenis bahan mirip agar-agar, tetapi kekerasannya mendekati kekerasan kolang-kaling. Nata (*scoby*) adalah *bacterial cellulose* atau selulosa sintesis hasil sintesa gula oleh bakteri pembentuk nata, yaitu *Acetobacter Xylinum*. Bakteri ini merupakan bakteri asam asetat, yang bersifat aerobik (butuh udara), gram positif berbentuk batang.

Dalam medium cair *Acetobacter Xylinum* membentuk suatu lapisan/massa yang dapat mencapai ketebalan tertentu. Pada proses fermentasi bahan padat menggunakan medium cair (*submerged fermentation*), bakteri *Acetobacter xylinum* merubah komponen gula yang ditambahkan ke dalam substrat limbah kulit buah menjadi suatu bahan yang menyerupai gel dan terbentuk di permukaan media.

Aplikasi selulosa bakteri sangat luas di banyak industri, seperti di industri biomedis, produksi kertas, industri makanan, dan kosmetik. Yang et al., (2012) dan Yang et al., (2009) melaporkan bahwa selulosa bakteri dengan penambahan Cadmium selenide (CdSe) nanocomposite menunjukkan sifat pholuminescent, sifat thermal dan mekanik yang baik. Produk berbahan baku selulosa bakteri ini diaplikasikan sebagai membran pertukaran proton (PEM) pada sel bahan bakar yang dapat meminimalisasi polusi. Barud et al., (2008) mengembangkan selulosa bakteri berbasis

nanokomposit dengan perak trietanolamina (TEA) untuk anti mikroba yang dimanfaatkan untuk pembungkus luka. Dobre et al. (2012) mengembangkan selulosa bakteri berbasis nanokomposit dengan penambahan asam sorbat yang dimodifikasi dengan PVA untuk bahan kemasan bahan makanan antimikroba.

Selulosa Oleh Bakteria

Selulosa merupakan biopolimer yang melimpah di alam dan merupakan komponen utama penyusun tumbuhan tingkat tinggi. Namun demikian, selulosa juga dihasilkan oleh mikrobia yaitu bakteri, fungi, dan alga (Chawla et al., 2009). Selulosa bakteri memiliki rumus molekul sama dengan selulosa tanaman, yaitu $(C_6H_{10}O_5)_n$, akan tetapi ciri fisik dan kimia keduanya berbeda.

Selulosa bakteri adalah selulosa yang terbentuk sebagai hasil dari proses yang sudah dikondisikan. Selulosa bakteri merupakan membran selulosa hasil pemanfaatan limbah dari suatu proses produksi yang masih mengandung karbohidrat, protein, dan senyawa lainnya.

Selulosa bakteri umumnya diproduksi oleh kelompok bakteri genus *Acetobacter* yang saat ini dikenal dengan nama *Glucanacetobacter xylinum* (sebelum dikenal dengan nama *Acetobacter xylinum*). Selain dari *Acetobacter sp.*, selulosa bakteri juga bisa diproduksi oleh beberapa mikroorganisme lain seperti spesies *Agrobacterium tumefaciens*, *Gluconacetobacter sp.*, *Rhizobium spp.*, dan *Sarcina ventriculli* (Moniri et al., 2017).

Selulosa bakteri adalah selulosa yang diproduksi oleh bakteri asam asetat dan memiliki beberapa keunggulan dibandingkan selulosa yang berasal dari tumbuhan. Keunggulan tersebut di antaranya memiliki kemurnian yang tinggi, struktur jaringan yang sangat baik, kemampuan degradasi tinggi, dan kekuatan mekanik yang unik (Takayasu and Fumihiro, 1997). Selain itu, selulosa bakteri memiliki kandungan air yang tinggi (98-99%), penyerap cairan yang baik, bersifat non-alergenik, dan dapat dengan aman disterilisasi tanpa menyebabkan perubahan karakteristiknya (Ciechańska, 2004).

Jenis gula, konsentrasi gula, sumber nitrogen, dan nilai pH media memberikan pengaruh terhadap produktivitas selulosa. Jenis gula yang memberikan produk paling tinggi ialah fruktosa diikuti oleh kombinasi fruktosa, glukosa, laktosa, dan sukrosa pada media yang mengandung sukrosa. Sumber nitrogen yang dapat digunakan ialah sumber nitrogen anorganik amonium sulfat, amonium fosfat, dan kalium nitrat dan sumber nitrogen organik pepton, tripton, ekstrak khamir, dan urea serta kombinasi antara kedua sumber nitrogen tersebut (Embuscado, et al. 1994).

Bakteri selulolitik dalam kondisi aerobik memecah selulosa dan merubahnya menjadi CO_2 dan air, sedangkan pada kondisi anaerobik menjadi CO_2 , metana dan air (Levin et al, 2008). Kemampuan suatu bakteri dalam menghasilkan selulosa terletak pada kemampuannya dalam mensintesis glukosa sebagai sumber karbon serta polimerisasi glukosa menjadi selulosa.

Mekanisme sintesa selulosa bakteri

Bakteri selulolitik adalah salah satu mikroorganisme yang mampu menghasilkan enzim selulase. Fungsi bakteri selulolitik adalah untuk menghidrolisis selulosa menjadi produk yang lebih sederhana yaitu glukosa (David et al., 2012).

Bakteri selulolitik dalam kondisi aerobik memecah selulosa dan merubahnya menjadi CO_2 dan air, sedangkan pada kondisi anaerobik menjadi CO_2 , metana dan air (Levin et al, 2008). Pembentukan serat selulosa oleh bakteri melalui serangkaian proses fermentasi memakan waktu 7 – 14 hari. Proses fermentasi BC (*Bacterial cellulose*) dapat dibagi dalam dua tahap yaitu polimerisasi dari molekul intraseluler glukosa menjadi polimer selulosa dan tahap perakitan rantai polimer selulosa menjadi nanofiber kristal (Czaja et al., 2007).

Bakteri selulosa adalah polimer dari monomer β -(1 \rightarrow 4)-D-glukosa yang terbentuk ketika glukosa dimodifikasi untuk mengikat gugus uridin difosfat (UDP) dan selanjutnya UDP-glukosa dipolimerisasi oleh kompleks selulosa sintase di membran dalam sel. Setelah polimer terbentuk, polimer langsung disekresikan keluar dari sel membentuk fibril yang nantinya menjadi serat-serat selulosa (Jacek et al., 2019). Serat selulosa yang dikeluarkan terus bertambah dan saling terjalin satu sama lain, sehingga menambah volume dan kepadatan permukaan medium kultur dan membentuk lapisan material yang dikenal sebagai 'pelikel' (Singh et al., 2020).

METODE

Metode penelitian terdiri atas jenis penelitian deskriptif dan eksperimen.

Alat dan Bahan

Pada penelitian ini, alat yang digunakan adalah bioreaktor berupa toples plastik ukuran 1 liter sebanyak 5 buah, tali karet, tutup toples dari kain, suntikan, timbangan, label penanda bioreaktor, pengaduk kayu.

Bahan yang digunakan adalah bahan organik berupa sampah kulit buah didapat dari penjual rujak di Indramayu, gula pasir, kertas universal, air, suntikan, dan penggaris.

Prosedur

Penelitian ini bersifat eksperimental yang akan mengujikan pengaruh berbagai konsentrasi gula pasir terhadap produksi lapisan selulosa yang dihasilkan, dan mengukur pH larutan sisa fermentasi. Penelitian ini dimulai dari persiapan merangkai alat penelitian berupa bioreaktor fermentasi dan persiapan bahan organik untuk membuat mamaenzim (*scoby*).

a. Persiapan alat

Bioreaktor berupa toples plastic berukuran 1L, dibersihkan menggunakan air keran mengalir, selanjutnya di semprot menggunakan alkohol 70% agar steril.

b. Persiapan Bahan

Bahan baku pembuatan mamaenzim ini adalah sampah organik yang masih segar, persiapannya seperti : 1. Sampah kulit buah yang masih segar dibersihkan menggunakan air mengalir dari keran, tiriskan sebelum diproses dalam bioreactor. 2. Menimbang bahan organik sesuai dengan ratio pembuatan ecoenzyme. 3. Menimbang gula pasir sesuai dengan ratio pembuatan ecoenzyme. 4. Menimbang air sesuai dengan ratio pembuatan ecoenzyme

c. Cara kerja

Pembuatan mamaenzime mengikuti aturan ratio pembuatan ecoenzyme (perbandingan berat), yaitu gula : bahan organik : air = 1 : 3 : 10. Cara kerja sebagai berikut :

1. Cara kerja dimulai dengan memasukkan air, gula pasir, dan bahan organik sesuai dengan aturan baku pembuatan ecoenzyme untuk volume bioreaktor 1 L. Kemudian diaduk sampai gula pasir terlarut semua. Pada fermentasi ini, menggunakan metode fermentasi aerobik, sehingga bioreaktor hanya ditutup dengan kain berpori agar oksigen bisa masuk untuk aktifitas mikroorganismenya. Masing – masing bioreaktor berisi dengan variasi jumlah gula pasir yang berbeda. Bioreaktor diberikan label T1, T2, T3, T4, dan T5. Variasi penambahan gula pasir dihitung dari ratio gula pada pembuatan ecoenzyme, yaitu 0% untuk berat gula pada T1, 10% berat gula pada T2, 20% berat gula pada T3, dan 30% berat gula pada T4. Pada bioreaktor T1, T2, T3, dan T4 kondisi bioreaktor dibuat aerobik. Pada bioreaktor T5 sesuai dengan ratio pembuatan ecoenzyme (tidak ada penambahan gula), tetapi dengan kondisi anaerobik. Komposisi semua bioreaktor adalah gla pasir sebanyak 60 gr, bahan organik 180 gr, dan air 600 mL. Variasi penambahan gula pasir terlihat pada Tabel 1 :

Tabel 1. Komposisi Variasi Penambahan Gula Pasir

Bioreaktor	Varisi penambahan gula		Kondisi
	(%)	(gr)	
T1	0	0	Aerobik

T2	10	6	Aerobik
T3	20	12	Aerobik
T4	30	18	Aerobik
T5	0	0	Anaerobik

2. Pengukuran pH campuran bahan sebelum fermentasi
3. Mengamati kondisi fisis campuran sebelum difermentasi meliputi bau dan warna.

4. Selama masa fermentasi, dilakukan pengukuran tebal dan kondisi bakteri selulosa, pH di awal dan akhir kondisi fermentasi (dilakukan selama 22 hari), sampel diambil 5 mL untuk kepentingan pengukuran tersebut. Warna campuran larutan dibawah bakteri selulosa juga diamati selama proses fermentasi.

Parameter yang diamati

Pada penelitian ini, parameter yang diamati adalah pH awal dan akhir, pembentukan bakteri selulosa, kondisi fisis selulosa (warna dan kekenyalannya), kondisi fisis larutan di bioreaktor selama masa fermentasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui terbentuknya bakteri selulosa pada reaksi fermentasi bahan organik berupa sampah kulit buah pada 5 buah bioreaktor dengan variasi persentase gula. Beberapa parameter diamati sebelum, selama proses dan setelah proses fermentasi.

Pengukuran pH bioreaktor

Pengukuran pH dapat dilihat pada tabel 2 berikut ini :

Tabel 2. Pengukuran pH

Bioreaktor	Pengukuran pH minggu ke	
	1	4
T1	5	4
T2	5	4
T3	5	4
T4	5	4
T5	5	4

Pengukuran pH bioreaktor dilakukan pada saat campuran fermentasi sebelum bioreaktor ditutup. Pada saat awal pengukuran, semua bioreaktor menunjukkan keseragaman pH yaitu pada angka 5. Proses fermentasi ini hanya 4 minggu saja, setelah dianggap pembentukan strain maksimal, maka proses fermentasi dihentikan dan diukur pH akhir yang menunjukkan angka 4.

Pada hari kedua minggu pertama proses fermentasi, pada bioreaktor T1 terlihat bahwa semua bahan organik mengambang, bau jeruk yang sangat dominan, dan terjadi perubahan warna medium cainya sangat keruh. Pada bioreaktor T2, terlihat bahan organik yang sebagian mengambang dan sebagian mengendap, bau asam sangat menyengat, sedangkan warna dari medium cairannya lebih bening dibanding T1. Pada bioreaktor T3, terlihat bahan organik banyak yang mengambang, dan sedikit yang mengendap. Bau asam masih sangat menyengat. Keadaan medium cairan lebih jernih dibanding dengan T2. Pada bioreaktor T4, bau asam asetat sangat menyengat, dan keadaan medium cairannya lebih jernih dibanding T3. Pada bioreaktor T5, medium jernih dan bahan organik semua mengambang.

Pengaruh variasi gula terhadap pembentukan selulosa

Pada penelitian ini, kondisi fermentasi bahan organik dibiarkan tanpa adanya treatment fisikawi maupun kimiawi terhadap bahan organik, dibiarkan utuh sesuai dengan proses pembuatan ecoenzyme. hasil fermentasi aerobik nya dapat dilihat pada gambar 1 sebagai berikut:



Pada fermentasi minggu pertama, menunjukkan bahwa bioraktor T1 pada hari kelima sudah menunjukkan sedikit strain halus pada permukaan bioreaktor. Pada bioreaktor T2, jumlah pembentukan strain lebih banyak. Pada bioreaktor T3 strain – strain mulai menyebar di permukaan bioreaktor. Pada bioreaktor T4, strain menyebar di permukaan bioreaktor, namun dengan keadaan strain yang lebih tebal dan luas pembentukan di atas permukaan medium. Pengamatan stain dilihat dari samping bioreaktor.

Pembentukan strain pada bioreaktor sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor internal maupun eksternal yang mendukung bakteri dalam proses fermentasi. Pada penelitian ini, sumber karbon diperoleh dari kulit buah – buahan dan sumber gula diperoleh dari penambahan variasi gula pasir pada bioreaktor. Pada bioreaktor T1, pada kondisi aerobik dan tanpa penambahan sumber gula. Pada keadaan aerobik ini, oksigen dibutuhkan untuk aktifitas sel dalam memproduksi bakteri selulosa. Strain (bakteri selulosa) terbentuk seperti tali pendek pada permukaan. Bakteri hanya mampu menggunakan sumber gula (glukosa) yang terbatas untuk mensintesa sumber karbon serta polimerisasi glukosa menjadi selulosa. Konsentrasi awal glukosa yang berkaitan dengan pembentukan asam glukonik dalam medium yang mampu menurunkan pH medium dan berpengaruh terhadap produksi selulosa. Oleh sebab itu, sumber karbon dan adanya pembentukan asam glukonik dalam medium fermentasi berkaitan dengan sintesa enzim dan pembentukan sel sehingga berkaitan dengan produksi selulosa (Phunsri et al., 2003; Chawla et al., 2009). Terbentuknya mamaenzim pada minggu kedua dapat dilihat pada Gambar 2 berikut ini.

Pada minggu – minggu berikutnya sampai dengan minggu ke -4, penambahan ketebalan selulosa tidak bertambah dengan baik, warna selulosa bening dan timbulnya lapisan – lapisan strain yang terpecah (lepas) dari lapisan strain sebelumnya terbentuk. Warna strain bening dan kekenyalan yang tidak kuat. Pada bioreaktor T2, dengan penambahan variasi gula 10% dari total gula yang dibutuhkan, nampak bahwa aktifitas bakteri lebih baik dibanding dengan bioreaktor T1, dimana strain – strain selulosa lebih panjang dan tebal dibanding dengan T1, hampir di seluruh dinding bioreaktor nampak strain halus. Warna strain lebih terang dan Nampak strain yang lebih kenyal dan kuat. Lapisan – lapisan strain terbentuk dan lebih kenyal. Strain tidak terlepas dan tersusun kuat di permukaan bioreaktor. Penambahan lapisan strain bertambah tiap harinya, dilihat dari penambahan ketebalan selulosa pada permukaan. Penambahan terbentuknya selulosa makin terlihat ketika memasuki hari kelima selama proses. Hanya saja, karena bahan organik yang masih utuh didalam bioreaktor, menyebabkan terbentuknya strain mengikuti pola buah yang ada dipermukaan.



Pada bioreaktor T3, dengan variasi penambahan sumber gula sebesar 20% dari kebutuhan gula, bioreaktor menunjukkan aktifitas sel pembentukan selulosa yang bagus, dimana selulosa nampak menyebar dan melebar dan mengalami peningkatan ketebalan yang lebih cepat. Warna selulosa yang jernih dan kekenyalan yang kuat dibanding dengan T2. Selulosa terbentuk merata dipermukaan. Kecukupan gula dan aktifitas bakteri mensintesa glukosa dan polimerisasi glukosa sehingga terbentuk selulosa lebih baik dibanding dengan bioreaktor T2. Kekenyalan selulosa bagus dan warnanya cerah. Ketebalan selulosa terbentuk dengan baik, rapat dan membentuk satu lapisan yang kokoh.

Pada bioreaktor T4, selulosa terbentuk dengan baik, akan tetapi kekenyalannya terlalu kuat (cenderung keras), dengan warna yang lebih keruh (tidak bening). Ketebalannya selulosa terbentuk dengan baik dimulai pada hari kelima. Terbentuk lapisan – lapisan selulosa yang lebih kuat dan lebih kenyal dibanding dengan T3.

Pada bioreaktor T5, pada kondisi anaerobik tidak terlihat pembentukan selulosa pada permukaan bioreaktor hingga fermentasi diselesaikan pada minggu ke – 4, dimana pertumbuhan baakteri aerobik pembentuk selulosa tidak dapat tumbuh tanpa adanya oksigen pada bioreaktor. Mamaenzim yang terbentuk selama 4 minggu dapat dilihat pada Gambar 3 seperti berikut.

Pada penelitian ini menggunakan metode fermentasi statis (diam) yang masih banyak digunakan pada fermentasi sederhana tanpa adanya perlakuan agitasi ppada bioreaktor. Pada beberapa penelitian menunjukkan bahwa metode diam (statis) lebih efektif menghasilkan selulosa. Pada penelitian ini, suhu bioreaktor yang merujuk pada suhu optimum pertumbuhan bakteri pembentuk selulosa yaitu pada suhu 280 C.

Keasaman pH dibuat alami pada bioreaktor, tanpa adanya penyesuaian pH pada bioreaktor. Pada pengukuran pH awal dan pH akhir bioreaktor menunjukkan angka 4. Pertumbuhan bakteri selulosa optimum pada skala \$ sampai 6. Pada awal kondisi, pH menunjukkan angka 5 dan pada akhir fermentasi pH menunjukkan angka 4, dimana pada angka ini akan mempengaruhi proses produksi seluloa akan menurun. Sehingga fermentasi dihentikan pada minggu ke 4, dimana bioreakto sudah menunjukkan produksi selulosa sudah tidak optimum lagi.



Gambar 3. Mamaenzim pada minggu ke-4

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa mamaenzime (**scoby**) terbentuk dimulai pada hari kelima pada minggu pertama, dengan karakteristik dilihat secara fisik. Produksi mamaenzime pada bioreaktor T3 menunjukkan hasil yang paling baik dibandingkan dengan bioreaktor T1, T2, T4, dan T5. Pada bioreaktor T3, variasi penambahan gula 20% dari ratio berat gula pembuatan ecoenzime. Dimana pada bioreaktor T3 mamaenzime terbentuk dengan kondisi terlihat bening, kenyal, tebal, dan rata di bagian atas bioreaktor. Dan pH akhir bioreaktor menunjukkan pH 4, dimana pada pH ini bioreaktor sudah tidak dapat menghasilkan mamaenzim lagi dengan baik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada penelitian ini, diucapkan terimakasih kepada teman – teman penelitian mamaenzim.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ani Suryani, Andes Ismayana, Yenita Suatrina, Yu Ryang Pyun, 2000, Kajian Teknik Kultivasi dan Pengaruh Luas Permukaan Media Tumbuh pada Produksi Selulosa Menggunakan Bakteri Isolat Lokal, Jurnal Mikrobiologi Indonesia, vol 5 no 1, hal 4 – 9.
- [2] Fiki Harjuni, Nursyirwani, Irwan Effendi, 2020, Kemampuan Biodegradasi Bakteri Selulolitik pada Ekosistem Mangrove, Jurnal Ruaya Vol. 8. no. 1, FPIK UNMUH-PNK.
- [3] George Sourvinos, 2022, Methods Involved in Aerobic and Anaerobic Fermentation, Journal of Probiotics & Health, DOI: 10.35248/2329-8901.22.10.277
- [4] Modupe, E., O., Abiodun, J., O., Atonye, S., N., 2018, Biological And Chemical Changes During The Aerobic and Anaerobic Fermentation of African Locust Bean, International Journal of Chemistry Studies, Volume 2; Issue 2; March 2018; Page No. 25-30
- [5] Nitzan C., Emma S., Secil Ugur Y., Designing With Microbial Cellulose to Feed New Biological Cycles, International Journal of Food Design Vol. 4., No. 2., pp. 155–171
- [6] Noer L., Atariansah, Diana N., Sri I., Ida Susanti, Liesbetini H., 2004, Kinetika Fermentasi Produksi Selulosa Bakteri Oleh Acetobacter pasteuriallum Pada Kultur Kocok, Jurnal AI Azhar Indonesia, Vol 3, No.3, hal 7-13
- [7] Risa Umami, 2023, Produksi Selulosa Oleh Strain Bakteri Acetobacter Lovaniensis dan Gluconobacter Oksidans, Pustaka Bangsa, Mataram, Nusa Tenggara Barat.
- [8] Ruth Melliawati, Nuryati, Luluk Magfiroh, 2015, Pengolahan Limbah Kulit Buah Buahan Menjadi Selulosa Oleh Bakteri Acetobacter sp. RMG-2. The Treatment of Fruit - Rind Waste Into Cellulose by Acetobacter sp. RMG-2 Bacteria, Pros Semnas Masy Biodiv Indon Vol 1, No 2, hal 300-305