

Pengaruh Variasi Glukosa dalam Pembuatan Selongsong Sosis dengan Proses Fermentasi Air Kelapa menggunakan Sistem *Batch* Reaktor

NISA YUHANIANSYAH¹, YULIANTI PRATAMA¹, SALAFUDIN²

1. Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, ITENAS, Bandung
2. Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik Industri, ITENAS, Bandung
Email: nyuhaniansyah@gmail.com

ABSTRAK

Salah satu faktor yang mempengaruhi proses pembentukan selulosa dalam proses fermentasi oleh A. xylinum adalah sumber karbon. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan konsentrasi glukosa yang optimum terhadap ketebalan selulosa berdasarkan variasi jenis pipa dan perlakuan pipa. Proses fermentasi menggunakan sistem batch reaktor skala laboratorium yang disuplai oksigen murni selama 16 hari fermentasi dengan nilai pH 4,30. Variasi jenis pipa yang digunakan pada penelitian adalah pipa PVC dan pipa PET dengan perlakuan digores dan tanpa digores. Variasi konsentrasi glukosa yang digunakan pada penelitian adalah 5%, 10%, 15%, 20% dan 25%. Hasil terbaik diperoleh pada penambahan konsentrasi glukosa sebesar 15% dan menggunakan pipa PVC dengan perlakuan digores karena menghasilkan selulosa dengan ketebalan 0,2 cm dengan nilai persentase penurunan COD 62,16%, BOD 72,62%, Kadar Glukosa 87,77%, pH 11,11% dan persentase peningkatan TPC 87,13%.

Kata kunci: *Acetobacter xylinum, BOD, Fermentasi, Reaktor Batch, TPC Variasi Glukosa*

ABSTRACT

Cellulose is a fermented product by the bacterium. Acetobacter xylinum from the degradation source contained in the coconut water substrate. One factor that influences the process of cellulose formation in the fermentation process by A. xylinum is a carbon source. The purpose of this study is to determine the optimum glucose concentration on cellulose thickness based on variations of pipe types and pipe treatment. A laboratory-scale batch system reactor which is supplied with pure oxygen for 16 days of fermentation with a pH value of 4.30. Variations in the type of pipe used in the study are PVC pipes and PET pipes with scratched and without scratched treatment. Variations in glucose concentration used in the study were 5%, 10%, 15%, 20% and 25%. The best results were obtained by the thickness of 0.2 cm with a percentage of COD reduction of 62.16%, BOD 72.62%, Glucose Level 87.77%, pH 11.11% and 87.13% TPC increase percentage.

Keywords: *Acetobacter xylinum, BOD, Fermentation, Batch Reactor, TPC, Variation of Glucose*

1. PENDAHULUAN

Kemasan pangan mempunyai peran penting untuk melindungi bahan makanan yang dapat menyebabkan penurunan kualitas mutu. Penggunaan kemasan *non biodegradable* dapat mengkontaminasi produk yang dikemas sehingga menyebabkan penurunan kualitas mutu (Gustina, 2018). Selulosa merupakan bahan yang cocok untuk dijadikan kemasan pangan karena sifatnya *biodegradable*, salah satunya dapat digunakan sebagai *edible film* dalam pembuatan selongsong sosis (Esa, 2014).

Edible film merupakan lapisan tipis dapat digunakan sebagai kemasan primer dan sekunder dan bersifat *edible*, alami dan non toksik serta dapat menahan perpindahan gas dan uap air pada kemasan. Selulosa merupakan salah satu bahan yang cocok untuk digunakan sebagai kemasan pangan karena sifatnya *biodegradable*, dan dapat digunakan sebagai *edible film* dalam pembuatan selongsong sosis.

Selulosa merupakan hasil fermentasi air kelapa dengan bantuan *Acetobacter xylinum* (*A. xylinum*). Air kelapa merupakan salah satu bahan baku yang digunakan dalam pembuatan selulosa, karena mengandung nutrisi yang dibutuhkan bagi pertumbuhan dan perkembangbiakan bakteri *A. xylinum* (Hamad, 2011).

Faktor-faktor yang mempengaruhi keberhasilan dan optimalisasi pembentukan selulosa oleh *A. xylinum* antara lain sumber karbon, sumber nitrogen dan pH (Kartika, 2012). Salah satu sumber karbon yang dapat digunakan yaitu glukosa.

Golongan monosakarida seperti glukosa menghasilkan selulosa dengan ketebalan yang lebih baik. Konsentrasi glukosa sebagai sumber energi utama, berbanding lurus dengan terbentuknya selulosa, akan tetapi jika konsentrasi glukosa terlalu tinggi dapat mengganggu metabolisme dari bakteri *A. xylinum* (Hamad, 2011).

Sehingga, pada penelitian ini menggunakan variasi konsentrasi glukosa untuk mengetahui konsentrasi glukosa yang optimum terhadap pembentukan selulosa.

2. METODOLOGI

2.1 Studi Literatur

Studi literatur ini bertujuan untuk mempelajari referensi yang berhubungan dengan penelitian ini untuk mendapatkan gambaran dan keterangan yang lebih lengkap. Studi literatur yang dilakukan terhadap berbagai jurnal, karya ilmiah, dan hasil penelitian terdahulu yang berkaitan dengan proses fermentasi.

2.2 Persiapan Penelitian

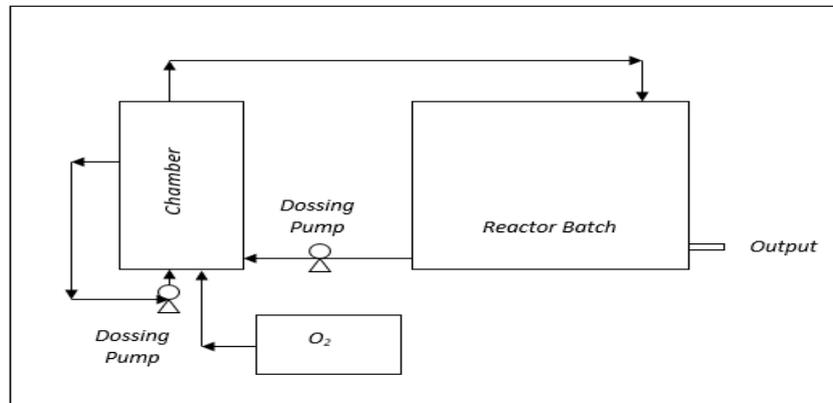
Persiapan penelitian ini dibagi menjadi dua tahapan untuk mendukung penelitian yang akan dilaksanakan ini, berupa: persiapan alat seperti persiapan pembuatan cetakan selongsong dan persiapan bahan seperti persiapan pembuatan biakan bakteri dan persiapan pembuatan media substrat.

2.2.1 Persiapan Alat

Alat yang dipersiapkan meliputi alat-alat yang mendukung proses fermentasi yaitu reaktor *batch* dengan kapasitas 5000 mL, *chamber* dengan kapasitas 3000 mL, tabung oksigen, *dosing pump*, *diffuser*, dan alat-alat yang digunakan untuk pengukuran parameter seperti pH meter, *heating block*, *autoclave* dan *magnetic stirrer*.

Persiapan alat meliputi persiapan pembuatan cetakan selongsong dilakukan dengan menggunakan 2 jenis pipa, yaitu pipa PVC dan pipa PET yang mana masing-masing pipa diberikan perlakuan digores dan perlakuan tanpa digores. Tujuan dilakukannya perlakuan tersebut untuk membandingkan pembentukan selulosa yang terjadi pada cetakan

selongsong. Variasi konsentrasi glukosa yang digunakan yaitu 5%, 10%, 15%, 20% dan 25%. Penelitian ini dilakukan skala laboratorium di Laboratorium Mikrobiologi Lingkungan Institut Teknologi Nasional (ITENAS) Bandung. Skema rangkaian penelitian terdapat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Skema Rangkaian Penelitian

Pada awalnya media substrat air kelapa yang sudah tercampur dengan biakan murni *A. xylinum* dan glukosa dimasukkan ke dalam masing-masing reaktor yang telah disesuaikan konsentrasi glukosanya. Glukosa yang digunakan diatur konsentrasinya sesuai dengan variasi konsentrasi glukosa.

Reaktor yang digunakan akan dikondisikan dalam keadaan tertutup, dimana suplai oksigen murni akan dialirkan melalui selang. Media substrat pada *chamber* dipompakan ke dalam reaktor menggunakan *dosing pump*. Chamber ini berfungsi untuk mensirkulasikan substrat dari reaktor yang akan dikontakkan dengan oksigen murni, sehingga diharapkan oksigen terlarut pada substrat tinggi. Kemudian media substrat yang terdapat pada reaktor dikembalikan ke dalam *chamber* melalui selang. Diharapkan pada reaktor *batch* tersebut akan terjadi proses pembentukan selulosa yang optimal.

Reaktor sistem *batch* yang digunakan pada penelitian ini berjumlah 5 buah yang dilakukan secara paralel. Masing-masing reaktor terdapat 2 cetakan pipa PVC dan 2 cetakan pipa PET, yang mana masing-masing jenis pipa diberikan perlakuan digores dan tanpa digores.

2.2.2 Persiapan Bahan

Persiapan bahan yang dilakukan pada penelitian ini meliputi persiapan air kelapa sebagai media substrat untuk proses fermentasi dan bahan-bahan kimia untuk berbagai pengukuran yang akan diuji. Selain itu, terdapat persiapan pembuatan biakan bakteri *A. xylinum* adalah dengan mencampurkan substrat air kelapa dengan bakteri murni *A. xylinum* melalui proses sterilisasi, inokulasi, dan inkubasi.

Proses sterilisasi dilakukan untuk memastikan tidak ada mikroorganisme lain yang dapat mempengaruhi proses fermentasi. Proses inokulasi dilakukan dengan menambahkan inokulum berupa bakteri *A. xylinum* sebesar 10% dari volume air kelapa yang digunakan secara aseptik. Setelah itu, air kelapa yang sudah dicampurkan bakteri *A. xylinum* diinkubasi pada suhu ruang selama 7 hari.

Media substrat yang digunakan terbuat dari air kelapa yang ditambahkan dengan bahan CH₃COOH, urea, dan glukosa. Penambahan glukosa pada media substrat sesuai dengan variasi konsentrasi glukosa yang digunakan pada penelitian ini. Pembuatan media substrat ini dilakukan dengan proses sterilisasi menggunakan *autoclave* agar tidak terkontaminasi oleh bakteri lain.

2.3 Pengukuran Kualitas Sampel

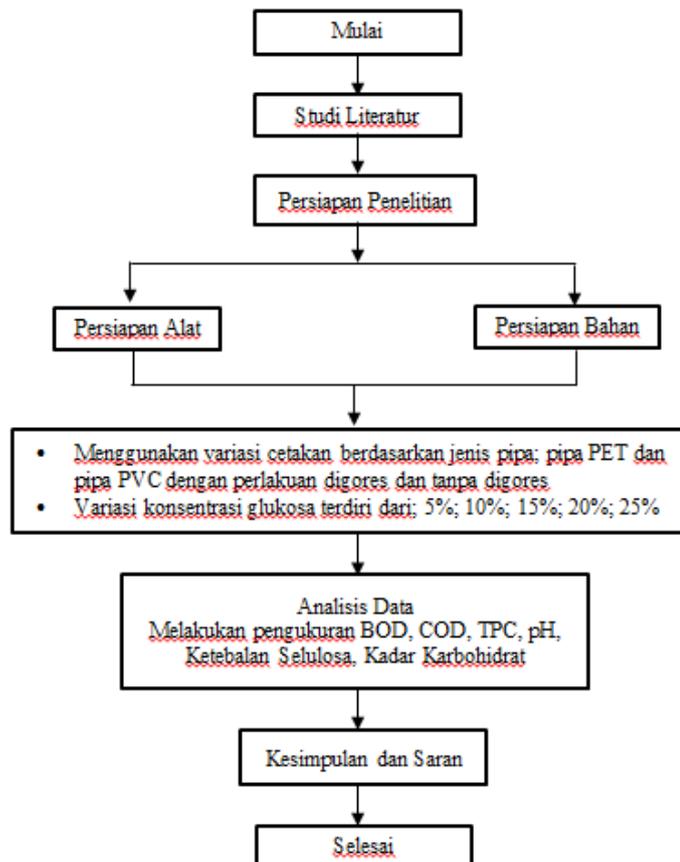
Parameter yang diukur pada penelitian ini meliputi pengukuran *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Biochemical Oxygen Demand* (BOD), pH, ketebalan selulosa, kadar karbohidrat dan *Total Plate Count* (TPC). Pengukuran kualitas sampel dilakukan setiap 2 hari sekali. Adapun metode pengukuran substrat fermentasi dan yang terdapat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Metode Pengukuran Substrat Fermentasi dan Selulosa

| Parameter | Satuan | Sumber | Metode |
|--------------------|--------|---------------------|-------------------|
| Ketebalan Selulosa | cm | - | Jangka Sorong |
| Parameter | Satuan | Sumber | Metode |
| pH | - | SNI 06-6989.11-2004 | Potensiometri |
| BOD | mg/L | SNI 6989.72-2009 | Titration Winkler |
| COD | mg/L | SNI 06-6989.2-2009 | Refluks Tertutup |
| TPC | Koloni | SMWW 9215 B | Pour Plate Method |
| Kadar Karbohidrat | mg/L | SNI 1-12892-1992 | Potensiometri |

2.4 Analisis dan Pembahasan

Analisis dilakukan pada hasil penelitian ini adalah mengetahui pengaruh variasi konsentrasi glukosa yang optimum terhadap pembentukan selulosa, mengetahui pengaruh penggunaan jenis pipa serta perlakuan pipa pada pembentukan selulosa dan menganalisis hasil pengukuran parameter yang diukur.



Gambar 2 Bagan Alir Tahap Pelaksanaan Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Analisis Variasi Jenis Pipa

Penelitian variasi jenis pipa dilakukan untuk mendapatkan cetakan selongsong terbaik dan sebagai medium pendukung dalam pembentukan selulosa selama proses fermentasi. Variasi jenis pipa yang digunakan yaitu pipa PVC dan pipa PET. Hasil pembentukan selulosa pada variasi jenis pipa selama 16 hari proses fermentasi terdapat pada **Gambar 3**.

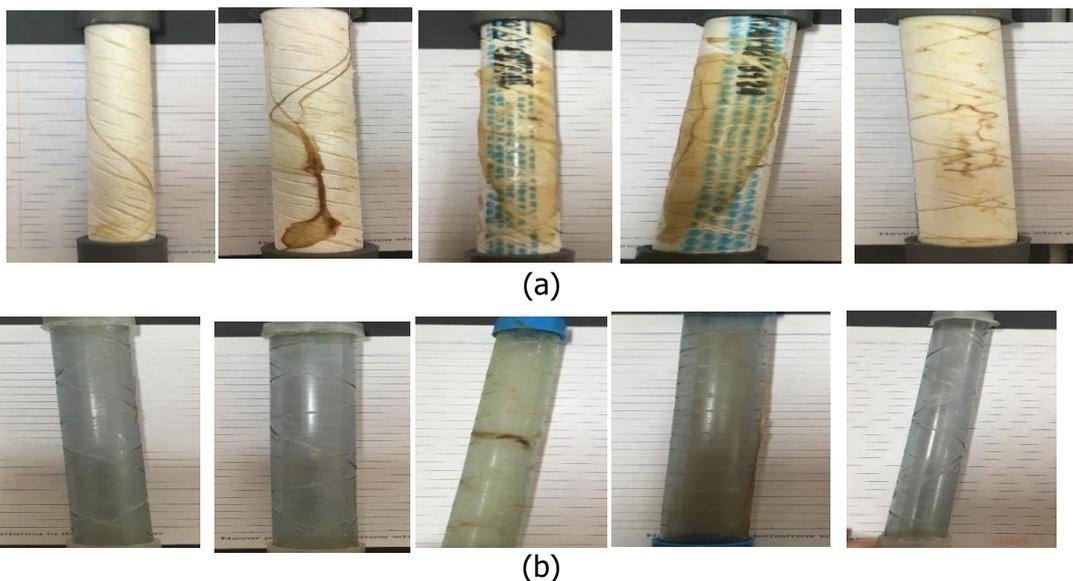


Gambar 3. Hasil Pembentukan Selulosa Pada Variasi Jenis Pipa

Berdasarkan Gambar 3, pembentukan selulosa lebih banyak terjadi pada jenis pipa PVC dibandingkan dengan jenis pipa PET. Pembentukan selulosa tidak terjadi pada jenis pipa PET karena jenis pipa PET memiliki permukaan yang sangat halus, sehingga dalam pembentukan selulosa oleh bakteri *A. xylinum* sulit untuk menempel pada permukaan jenis pipa PET. Hal ini sesuai dengan pernyataan (Chasanah, 2007) bahwa permukaan yang halus dapat menunda penempelan awal bakteri, tetapi tidak mempengaruhi bakteri yang terbentuk. Menurut Hamadouche, 2003) dimana pada substrat dengan media kaca sangat sedikit ditemukan selulosa dibandingkan substrat dengan media PVC. Dengan demikian hasil analisis variasi jenis pipa yang terbaik yaitu jenis pipa PVC.

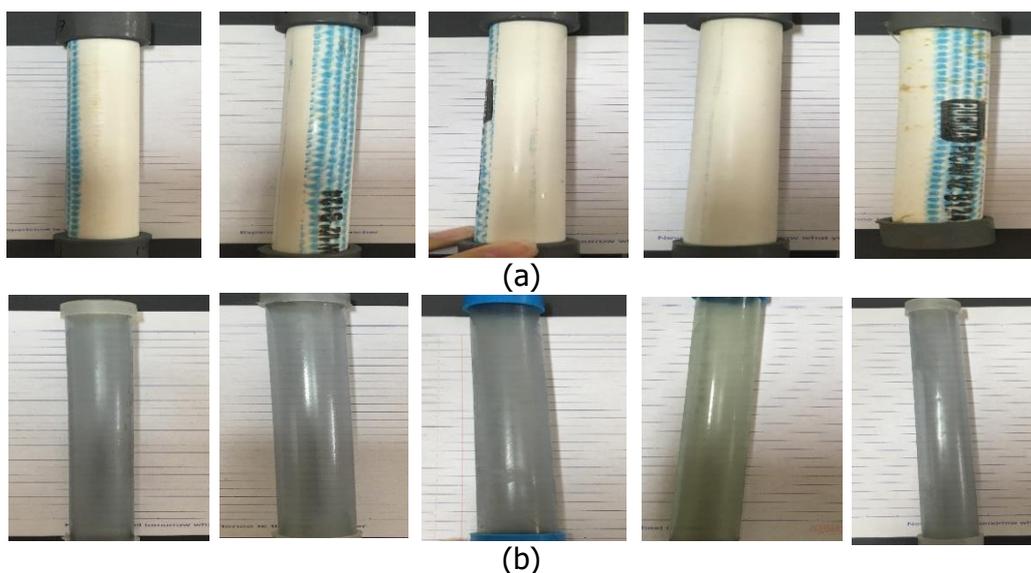
3.2 Hasil Analisis Perlakuan Digores dan Tanpa Digores

Perlakuan pipa digores dan tanpa digores bertujuan untuk membandingkan pembentukan selulosa pada permukaan yang kasar dengan permukaan yang halus. Hasil pembentukan selulosa pada perlakuan digores dan tanpa digores terdapat pada **Gambar 4**.



**Gambar 4. Pembentukan Selulosa Perlakuan Digores Pada Jenis Pipa
(a) Pipa PVC (b) Pipa PET**

Berdasarkan **Gambar 4**, pembentukan selulosa lebih banyak tumbuh melekat pada perlakuan pipa PVC digores. Hal ini dikarenakan bakteri *A. xylinum* lebih mudah menempel pada permukaan yang kasar karena pada permukaan yang kasar terdapat pori-pori. Hal ini sesuai dengan pernyataan (Chasanah, 2007) yang menyatakan bahwa pada pipa PVC yang digores memiliki permukaan yang kasar (hidrofil) sehingga memberikan perlekatan yang cukup luas untuk membentuk selulosa. Dengan permukaan yang lebih kasar juga bakteri akan lebih mudah menempel dibandingkan dengan permukaan yang halus (hidrofob). Pembentukan selulosa pada perlakuan tanpa digores terdapat pada **Gambar 5**.



Gambar 5. Pembentukan Selulosa Perlakuan Tanpa Digores Pada Jenis Pipa (a) Pipa PVC (b) Pipa PET

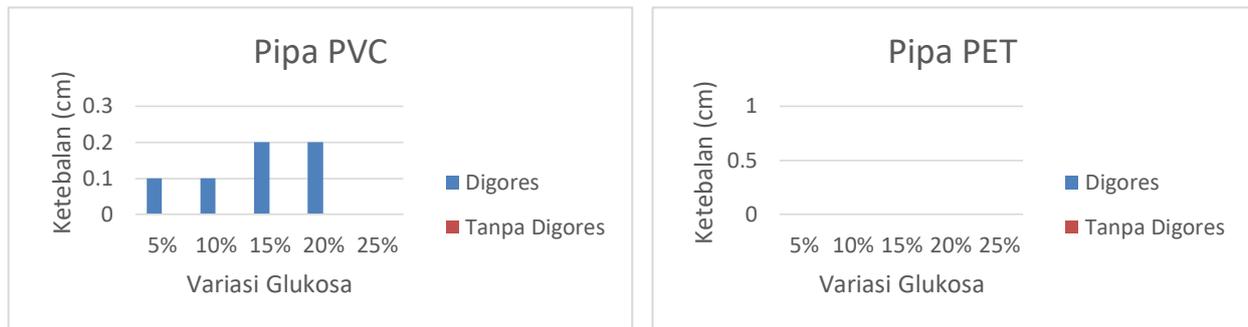
Berdasarkan **Gambar 5**, tidak terdapat selulosa yang melekat pada media cetakan selongsong. Cetakan selongsong tanpa digores memiliki permukaan yang halus, sehingga selulosa tidak menempel pada permukaan cetakan selongsong. Permukaan yang halus dapat menunda penempelan awal bakteri, tetapi tidak mempengaruhi jumlah bakteri yang terbentuk. Menurut (Kerr, 1999), selulosa bakteri lebih banyak ditemukan pada permukaan yang kasar dibandingkan dengan permukaan yang halus. Berdasarkan hasil analisis, pada jenis pipa PVC perlakuan digores lebih baik dibandingkan dengan perlakuan tanpa digores, karena selulosa dapat menempel pada media cetakan selongsong.

3.3 Hasil Analisis Variasi Konsentrasi Glukosa

Variasi konsentrasi glukosa dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui konsentrasi glukosa yang optimum terhadap ketebalan selulosa. Variasi konsentrasi glukosa yang digunakan pada penelitian ini yaitu 5%, 10%, 15%, 20% dan 25%. Hasil pengukuran pada ketebalan akhir selulosa berdasarkan variasi konsentrasi glukosa terdapat **Gambar 6**.

Berdasarkan **Gambar 6**, pada pipa PVC perlakuan digores, ketebalan selulosa berdasarkan variasi glukosa 5%, 10%, 15%, 20% dan 25% berturut-turut adalah 0,1 cm, 0,1 cm, 0,2 cm, 0,2 cm dan 0 cm. Sedangkan pada jenis pipa PVC tanpa digores, jenis pipa PET tanpa digores dan digores, tidak terdapat pembentukan selulosa. Pembentukan selulosa pada variasi konsentrasi glukosa 15% dan 20% memiliki ketebalan yang sama. Namun, pada variasi konsentrasi glukosa 15%, pembentukan selulosanya lebih optimum dibandingkan dengan konsentrasi glukosa 20%. Konsentrasi glukosa 15% merupakan konsentrasi glukosa

yang optimum dalam pembentukan selulosa, karena pada konsentrasi tersebut, pertumbuhan bakteri dalam menghasilkan selulosa menjadi konstan.



Gambar 6. Hasil Pengukuran Ketebalan Selulosa Berdasarkan Variasi Glukosa

Menurut (Marhaeni, 2016), pada nutrient seperti glukosa, hambatan tidak akan terjadi sampai konsentrasi yang sangat tinggi (100 – 200 g/L), tetapi pada waktu konsentrasi mencapai 350 – 500 g/L, bagi sebagian mikroorganisme tidak mungkin ada pertumbuhan. Pembentukan selulosa pada variasi konsentrasi glukosa 15% dan 20% terdapat pada **Gambar 7.**



Gambar 7. Pembentukan Selulosa (a) Konsentrasi Glukosa 15% (b) Konsentrasi Glukosa 20%

Pembentukan selulosa pada konsentrasi 20% terlihat lebih gelap dibandingkan dengan konsentrasi 15%, hal ini dikarenakan pada konsentrasi glukosa 20% lebih banyak glukosa yang ditambahkan pada media substrat air kelapa, sehingga terperangkap pada selulosa. Menurut (Pambayun, 2006), Pada proses pemanasan media, semakin banyak konsentrasi glukosa yang ditambahkan kedalam media maka semakin banyak glukosa yang mengalami browning, sehingga warna media selulosa akan semakin kuat. Warna media ini akan terperangkap dalam struktur serat selulosa yang transparan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa, pada konsentrasi glukosa 5% dan 10% merupakan konsentrasi yang rendah, sehingga kecepatan pertumbuhan bakteri dalam menghasilkan selulosa rendah. Hal ini ditunjukkan pada hasil ketebalan selulosa yang dihasilkan pada konsentrasi glukosa 5% dan 10% memiliki ketebalan yang sama yaitu 0,1 cm, dan pembentukan selulosa tidak menutupi seluruh permukaan pipa PVC dengan perlakuan digores.

Menurut (Habibah, 2016), konsentrasi substrat yang bervariasi dapat mempengaruhi pertumbuhan bakteri. Pada konsentrasi substrat yang rendah, kecepatan pertumbuhan bakteri biasanya rendah, dan bertambah secara cepat jika konsentrasi substrat bertambah tinggi. Pada tingkat konsentrasi substrat tertentu, kecepatan pertumbuhan menjadi konstan, dan pada konsentrasi substrat tinggi dapat menjadi inhibitor pertumbuhan, sehingga dapat terjadi kematian bagi bakteri.

Pada konsentrasi glukosa 25%, tidak terdapat selulosa yang tumbuh. Hal ini dikarenakan konsentrasi glukosa yang terlalu tinggi menyebabkan kematian pada bakteri, sehingga tidak terdapat selulosa yang tumbuh. Penambahan gula yang terlalu banyak kurang menguntungkan, karena selain mengganggu aktivitas bakteri juga terlalu banyak gula yang terbuang akibat diubah menjadi asam dan menyebabkan penurunan pH pada media substrat (Marhaeni, 2016). Dari hasil penelitian variasi konsentrasi glukosa, didapat bahwa pembentukan selulosa yang optimum dihasilkan pada variasi konsentrasi glukosa 15% menghasilkan ketebalan 0,2 cm.

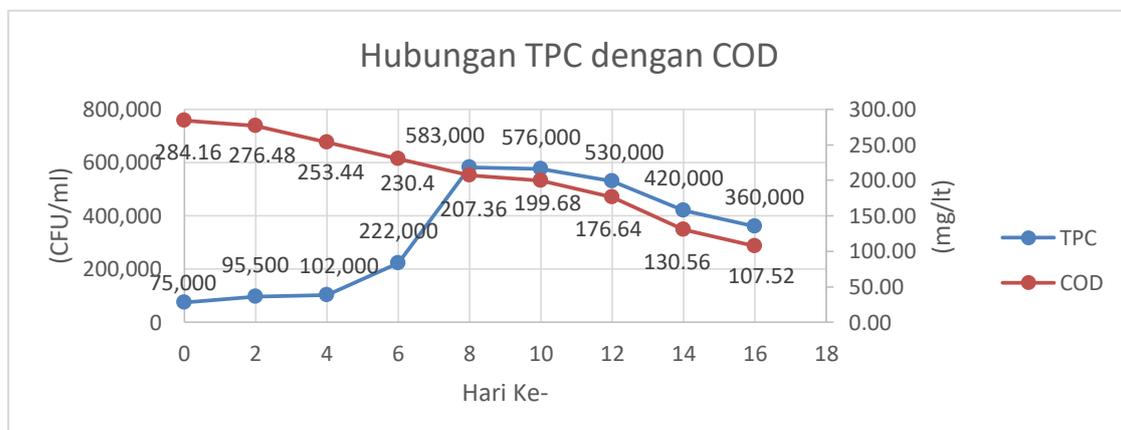
3.4 Hasil Pengukuran Parameter

Pengukuran parameter dianalisis dalam bentuk hubungan antar parameter dalam pembentukan selulosa. Pembentukan selulosa yang dimaksud adalah ketebalan selulosa yang dihasilkan oleh bakteri *A. xylinum*. Ketebalan selulosa merupakan output nyata dari fermentasi air kelapa yang bersifat kualitatif maupun kuantitatif. Dimana kualitas selulosa yang terbaik tercermin berdasarkan ketebalan selulosa yang dihasilkan dari rangkaian matriks yang berasal dari selulosa, hasil polimerisasi glukosa oleh sel *A. xylinum*. Ketebalan selulosa yang dihasilkan merupakan aspek penting dalam fermentasi karena berhubungan langsung dengan pertumbuhan *A. xylinum* (Aji, 2015).

3.4.1 Hubungan TPC dengan COD

Hubungan antara parameter TPC dan COD berbanding terbalik. Nilai COD mengalami penurunan sedangkan nilai TPC mengalami peningkatan. Hal ini dikarenakan, COD merupakan jumlah oksigen yang dibutuhkan dalam mengoksidasi zat-zat organik yang terkandung dalam substrat fermentasi. Substrat fermentasi yang digunakan dalam penelitian ini yaitu glukosa yang merupakan salah satu senyawa organik yang digunakan oleh bakteri *A. xylinum* sebagai sumber karbon untuk proses metabolisme.

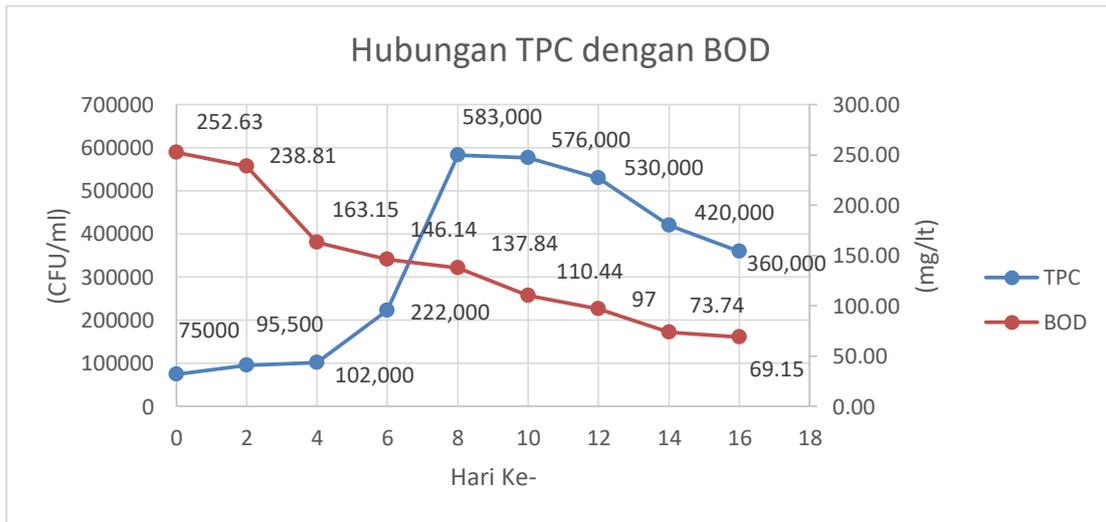
Bakteri *A. xylinum* menggunakan sumber karbon untuk mensintesis glukosa menjadi selulosa dan untuk pertumbuhannya, sehingga penurunan nilai COD diakibatkan oleh berkurangnya sumber karbon karena digunakan oleh bakteri *A. xylinum*. Persentase penurunan nilai COD sebesar 62,16% dan presentase peningkatan nilai TPC sebesar 87,13%. Menurut (Septiani, 2017), penurunan nilai COD dengan jumlah yang tidak besar karena dipengaruhi oleh kehadiran asam asetat sebagai senyawa organik lain. Proses sintesis glukosa menjadi selulosa menghasilkan produk metabolit primer yaitu asam asetat. Asam asetat merupakan salah satu senyawa organik. Semua bahan organik mengandung karbon (C) yang berkombinasi dengan satu atau lebih elemen lainnya. Grafik hubungan TPC dengan COD terdapat pada **Gambar 8**.



Gambar 8. Hubungan Parameter TPC dengan COD

3.4.2 Hubungan TPC dengan BOD

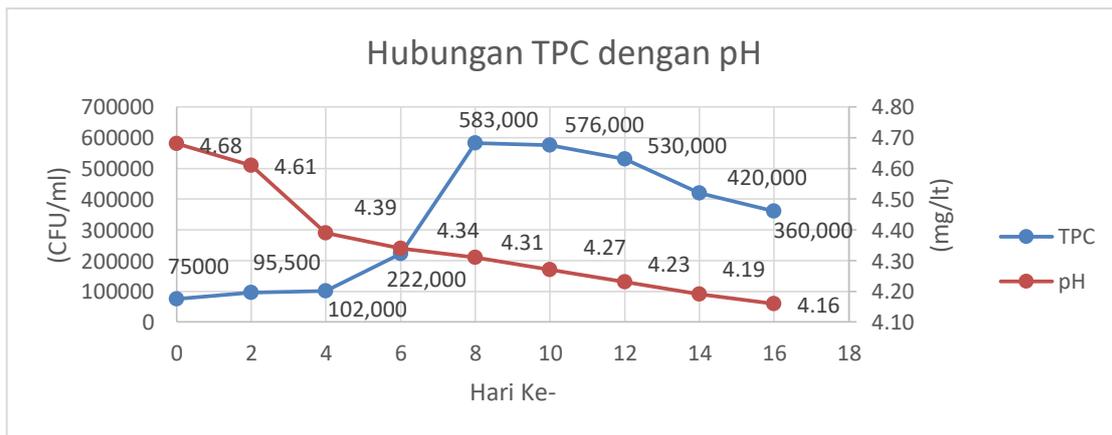
Hubungan antara parameter TPC dan BOD berbanding terbalik. Hal tersebut dapat dilihat pada **Gambar 9**, yang mana peningkatan nilai TPC diikuti penurunan nilai BOD selama proses fermentasi. Persentase penurunan nilai TPC dan BOD adalah 87,13% dan 72,67%. Peningkatan nilai TPC mengindikasikan bahwa sumber karbon yaitu glukosa digunakan oleh bakteri *A. xylinum* untuk membelah diri atau memperbanyak jumlah sel dan untuk mensintesis glukosa menjadi selulosa. Oleh karena itu, dalam mendekomposisi kandungan organik secara biologi membutuhkan peran bakteri, sehingga semakin banyak jumlah bakteri yang tumbuh akan memudahkan proses penyisihan senyawa organik. Grafik hubungan TPC dengan BOD terdapat pada **Gambar 9**.



Gambar 9. Hubungan Parameter TPC dengan BOD

3.4.3 Hubungan TPC dengan pH

Berdasarkan **Gambar 10**, peningkatan nilai TPC berbanding terbalik dengan penurunan nilai pH. Grafik hubungan nilai TPC dengan pH terdapat pada **Gambar 10**.



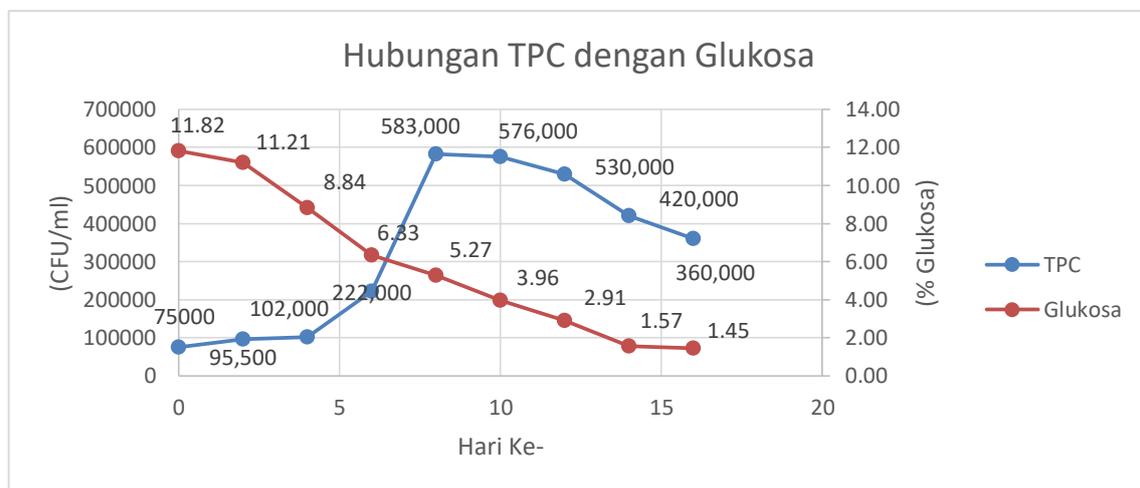
Gambar 10. Hubungan Parameter TPC dengan COD

Persentase peningkatan nilai TPC dan penurunan nilai pH adalah 87,13% dan 11,11%. Peningkatan nilai TPC mengakibatkan nilai pH menjadi turun selama proses fermentasi. Hal tersebut dikarenakan dalam mensintesis glukosa, bakteri *A. xylinum* menghasilkan metabolit primer yaitu asam asetat. Sehingga asam asetat yang dihasilkan membuat media substrat fermentasi menjadi asam karena terjadi oksidasi asam selama proses metabolisme bakteri.

Nilai pH selama proses fermentasi berada pada rentang 4,68 – 4,16. Nilai pH mendukung terjadinya proses degradasi oleh bakteri *A. xylinum*, karena rentang nilai pH, masih berada di rentang pH optimum dalam pertumbuhan bakteri *A. xylinum*. Hal ini sesuai dengan pernyataan (Hamad, 2011), bahwa bakteri *A. xylinum* dapat tumbuh pada rentang pH 3,5 – 7,5.

3.4.4 Hubungan TPC dengan Kadar Glukosa

Grafik hubungan antara parameter TPC dengan kadar glukosa terdapat pada **Gambar 11**. Persentase peningkatan nilai TPC dengan penurunan kadar glukosa yaitu 87,13% dan 87,77%. Pertumbuhan bakteri *A. xylinum* berkaitan dengan sumber karbon yaitu glukosa. Adanya sumber karbon dalam media fermentasi tidak hanya mencukupi kebutuhan energy yang diperlukan oleh bakteri *A. xylinum*, akan tetapi juga merangsang pembentukan selulosa yang tebal. Penurunan kadar glukosa selama proses fermentasi mengindikasikan glukosa dalam media substrat fermentasi digunakan oleh bakteri *A. xylinum* untuk aktifitas metabolisme dan sebagian lagi diuraikan menjadi suatu polisakarida yang dikenal sebagai selulosa (Kartika, 2012).



Gambar 11. Hubungan Parameter TPC dengan Kadar Glukosa

3.5 Hasil Pengukuran Parameter Pendukung

3.5.1 EDS (*Electron Dispersive Spectrometers*)

Hasil EDS memperlihatkan komposisi persen massa pada cuplikan jaringan selulosa hasil dari proses fermentasi. Berikut hasil pengukuran parameter EDS untuk variasi konsentrasi glukosa 15% dan 20%.

Tabel 2. Komposisi % Massa Pada Selulosa Variasi Glukosa 15% dan 20%

| Komposisi (% Massa) | Variasi Glukosa | |
|---------------------|-----------------|---------|
| | 15% | 20% |
| C | 67,44 % | 58,88 % |
| O | 28,54 % | 37,40 % |
| Na | 0,54 % | 0,50 % |
| S | 0,34 % | - |
| Cl | 1,16 % | 1,23 % |
| K | 1,99 % | 2 % |

Hasil pengukuran EDS untuk variasi glukosa 15% didominasi oleh kandungan unsur Carbon (C) sebesar 67,44 %, Oksigen (O) sebesar 28,54% serta kandungan unsur lain yaitu elemen mikro Natrium (Na) sebesar 0,54%, Sulfur (S) sebesar 0,34%, Cl (Klorida) 1,16% dan Kalium (K) sebesar 1,99%. Sedangkan hasil pengukuran EDS untuk variasi 20% terdapat unsur Carbon (C) sebesar 58,88%, unsur Oksigen (O) sebesar 37,40 %, Natrium (Na) sebesar 0,50 %, Klorida (Cl) sebesar 1,23% dan Kalium (K) sebesar 2%.

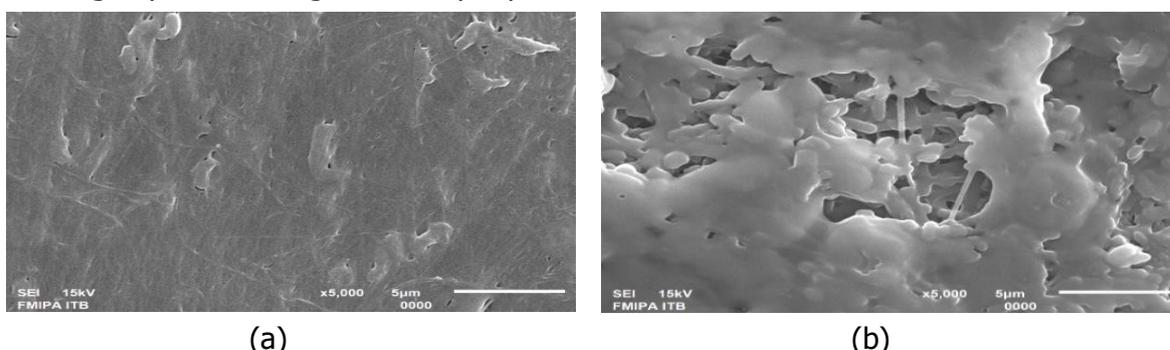
Perbedaan kandungan unsur pada variasi glukosa 15% dan 20% terdapat pada unsur Sulfur (S), yang mana pada variasi 20% tidak terdapat unsur S. Unsur elemen mikro seperti Na dan K berasal dari media substrat air kelapa yang digunakan. Menurut (Kartika, 2012) komposisi mineral yang terdapat pada air kelapa yaitu Na dan K dengan kandungan sebesar 21,07 dan 14,11 mg/100 ml. Kandungan mineral-mineral tersebut diperlukan dalam proses metabolisme.

Kandungan unsur Klorida (Cl) pada variasi glukosa 15% dan 20% masing-masing sebesar 1,16% dan 1,23%. Kandungan Cl pada variasi glukosa 20% lebih besar 0,07% dibandingkan dengan variasi glukosa 15%. Hal ini mengindikasikan bahwa cuplikan selulosa pada variasi glukosa 15% lebih sedikit mengandung klorida dibandingkan dengan 20%.

Menurut (Septiani, 2017) Unsur Klorida (Cl) yang terdapat pada selulosa berasal dari proses *leaching* pipa PVC yang digunakan pada proses fermentasi. Dari penelitian ini, membuktikan bahwa pipa PVC tidak tahan terhadap kondisi asam sehingga terjadi proses *leaching*. Secara kimia PVC merupakan polimer berbahan dasar *hidrokarbon-chlorin*. Klorin yang terdapat dalam PVC mengandung 57% dari berat total resin murni (*Green Paper Environmental issue of PVC* 2000) dikutip dalam Septiani (2017).

3.5.2 SEM (*Scanning Electron Microscopy*)

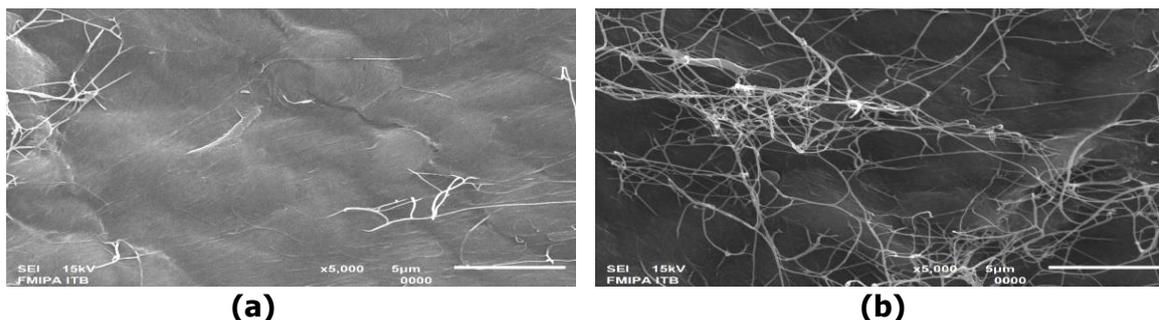
Analisis SEM merupakan salah satu analisis untuk mengetahui karakteristik permukaan dari suatu membran. Hasil SEM selulosa dengan variasi glukosa 15% yang terbentuk pada pipa PVC dengan perlakuan digores terdapat pada **Gambar 12**.



Gambar 12. Hasil SEM Selulosa Variasi Glukosa 15% (a) Permukaan Atas Selulosa (b) Permukaan Bawah Selulosa

Berdasarkan hasil SEM pada **Gambar 12**, memperlihatkan permukaan pori-pori yang tidak seragam antara permukaan atas dan permukaan bawah selulosa. Hasil SEM variasi glukosa 15% permukaan atas terlihat halus, sedangkan pada permukaan bawah terlihat pori-pori yang besar. Bagian permukaan bawah terlihat adanya rongga pada permukaan selulosa karena selulosa yang terbentuk sesuai dengan media pendukung yang digunakan (cetakan selongsong) yaitu pipa PVC yang digores. Pipa PVC yang digores memiliki pori-pori untuk melekatnya bakteri *A. xylinum*.

Hasil SEM selulosa pada variasi glukosa 20% yang terbentuk pada pipa PVC dengan perlakuan digores terdapat pada **Gambar 13**.



Gambar 13 Hasil SEM Selulosa Variasi Glukosa 20% (a) Permukaan Atas Selulosa (b) Permukaan Bawah Selulosa

Dari hasil pengukuran SEM pada variasi glukosa 20%, terlihat bahwa pada **Gambar 13 (a)** permukaan selulosa yang kontak langsung dengan media substrat memiliki permukaan yang halus. Sedangkan pada **Gambar 13 (b)** permukaan selulosa yang menempel langsung dengan permukaan pipa yang digores memiliki pori-pori yang sangat besar dibandingkan dengan permukaan bawah pada variasi 15%.

Menurut (Wardani, 2013), struktur pori yang terlihat seharusnya memiliki struktur pori lebih rapat pada bagian atas dan pori yang lebih besar pada bagian bawah. Bagian atas yang kontak langsung dengan media substrat memiliki permukaan yang licin dan halus, sedangkan pada bagian bawah yang kontak langsung dengan pipa digores memiliki permukaan berongga dengan struktur yang lebih besar.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, ketebalan selulosa terjadi pada konsentrasi glukosa 15% dan 20% dengan ketebalan 0,2 cm. Pembentukan selulosa terjadi pada pipa PVC dengan perlakuan digores, karena menghasilkan pembentukan selulosa yang lebih baik, yaitu hampir menutupi permukaan cetakan selongsong. Hasil pengukuran parameter untuk konsentrasi glukosa 15% memiliki persentase nilai COD 62,12%, BOD 72,62%, pH 11,11%, kadar glukosa 87,77%. Pembentukan selulosa pada konsentrasi glukosa 15% memiliki kerapatan pori-pori yang lebih kecil dibandingkan dengan selulosa pada konsentrasi 20%. Hasil SEM pada konsentrasi glukosa 15% mengandung unsur Klorida (Cl) sebesar 1,16% lebih sedikit dibandingkan dengan konsentrasi glukosa 20% yaitu 1,23%

DAFTAR RUJUKAN

- Aji, P., Nugroho, D. A., MP, S., & Atris Suyantohadi, S. T. P. (2015). *Kajian Model Matematis Faktor Fermentasi Sel Amobil Acetobacter Xylinum Dalam Produksi Nata De Coco* (Doctoral dissertation, Universitas Gadjah Mada).
- Chasanah, A. N. (2007). Efektivitas Biofilm Pseudomonas Putida Dengan Medium Pendukung Pipa Pvc Dan Tempurung Kelapa Untuk Menurunkan Kadar Kromium (Cr) Limbah Cair Industri Penyamakan Kulit (Doctoral Dissertation, Universitas Sebelas Maret).
- Esa, F., Tasirin, S. M., & Rahman, N. A. (2014). Overview Of Bacterial Cellulose Production And Application. *Agriculture And Agricultural Science Procedia*, 2, 113-119.
- Gustina, H. M. (2018). Pengaruh Konsentrasi Chitosan Terhadap Karakteristik Edible Berbasis Nata De Coco (Doctoral Dissertation, Fakultas Teknik).
- Habibah, I., Mahadi, I., & Sayuti, I. (2016). Pengaruh Variasi Jenis Pengolahan Teh (Camellia Sinensis L Kuntze) Dan Konsentrasi Gula Terhadap Fermentasi Kombucha Sebagai Rancangan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) Biologi Sma. *Jurnal Online Mahasiswa (Jom) Bidang Keguruan Dan Ilmu Pendidikan*, 4(1), 1-13
- Hamad, A., Andriyani, N. A., Wibisono, H., & Sutopo, H. (2011). Pengaruh Penambahan Sumber Karbon Terhadap Kondisi Fisik Nata De Coco. *Techno (Jurnal Fakultas Teknik)*, 12(2), 74-77.
- Hamadouche.N. (2003). Marine bacteria interaction causing biofouling with biospecific materials. *ArchiMer. Institutional Archive of Ifremer*.
- Kerr, A, C.M.Beveridge, M.J.Cowling, T.Hodgkiess, A.C.S. Parr and M.J. Smith. (1999). Some physical factors affecting the accumulation of biofouling. *Journal of the Marine Biological Association of the UK* (1999), 79:2:357-359.
- Kartika, F. Y. (2012). Pengaruh Penambahan Sumber N Dan Sumber C Terhadap Karakteristik Fisikokimia Dan Organoleptik Nata De Boras Dari Nira Lontar Menggunakan Acetobacter Xylinum. Skripsi. Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Marhaeni, B. (2016). Biofouling Pada Beberapa Jenis Substrat Permukaan Kasar dan Halus. Puwokerto. Universitas Jenderal Soedirman.
- Pambayun, R. (2006). *Teknologi Pengolahan Nata de coco*. Yogyakarta: Kanisius Yogyakarta.
- Septiani, T. (2017). *Kajian Pembuatan Selongsong Sosis Dengan Proses Fermentasi Air Kelapa Menggunakan Sistem Batch Reaktor*. Jurusan Teknik Lingkungan. Institut Teknologi Nasional. Bandung
- Wardani, A. (2013). Pengaruh Aditif Pada Pembuatan Membran Ultrafiltrasi Berbasis Polisulfon untuk Pemurnian Air Gambut (Skripsi). Institut Teknologi Bandung.