

Fermentasi Sampah Buah Nanas menggunakan Sistem Kontinu dengan bantuan Bakteri *Acetobacter Xylinum*

ELGA MALVIANIE¹, YULIANTI PRATAMA², SALAFUDIN³

Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, ITENAS,
Bandung
Email: elgaaqua@gmail.com

ABSTRAK

Kadar glukosa yang terkandung di dalam buah Nanas sebesar 23,6% dapat dimanfaatkan oleh Acetobacter xylinum dalam proses fermentasi menjadi lembaran selulosa, dimana lembaran selulosa tersebut dapat dijadikan sebagai alternatif bahan baku kertas. Proses untuk menghasilkan lembaran selulosa menjadi bahan baku kertas tentunya membutuhkan suatu penelitian. Penelitian yang bertujuan untuk mengetahui optimasi proses fermentasi yang memanfaatkan sampah buah nanas terhadap pembentukan lapisan selulosa dengan sistem reaktor kontinu skala laboratorium yang dioperasikan pada suhu 30°C dengan pH 4,5. Pada sistem reaktor kontinu terdapat proses penambahan dan pengambilan substrat ketika bakteri telah mencapai keadaan steady state. Adapun parameter yang dianalisa pada percobaan ini yaitu BOD₅, COD, TPC, ketebalan selulosa, kadar air, kadar abu, kadar total selulosa, dan panjang serat. Hasil yang paling baik menunjukkan bahwa pada kecepatan aliran (Vc) sebesar 0,23 mL/menit dengan adanya penambahan oksigen mampu menurunkan parameter BOD₅ sebesar 49,9%, COD sebesar 50% dan meningkatkan TPC sebanyak 80% dengan ketebalan selulosa 3 mm.

Kata kunci: Sampah Buah Nanas, Fermentasi, Acetobacter xylinum, Selulosa, Sistem Kontinu

ABSTRACT

Glucose contained in the pineapple fruit of 23,6% can be utilized by Acetobacter xylinum in the fermentation process into a sheet of cellulose, cellulose sheets which can be used as an alternative raw material for paper. The process to produce cellulosic sheet, the raw material of course requires a research paper. The researches which have the aims to determine the optimization of fermentation processes with pineapple waste to the formation of a layer of cellulose fermentation by continuous laboratory-scale reactor system operated at 30°C with a pH of 4,5. In continuous reactor system there is a process of addition of substrates and taking substrates when the condition of bacteria in the reactor has reached steady state. As for the parameters analyzed in this study are BOD₅, COD, TPC, cellulose thickness, moisture content, ash content, total levels of cellulose, and fiber length. The best results showed that the flow velocity (Vc) of 0,23 mL/min with the addition of oxygen can lower BOD₅ parameter of 49,9%, COD by 50% and increase the TPC as much as 80% with the thickness of cellulose of 3 mm.

Keywords: Pineapple Fruit Waste, Fermentation, Acetobacter xylinum, Cellulose, Continuous System

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara agraris, salah satunya terlihat pada sektor pertanian di Pulau Jawa yang merupakan penghasil produksi buah Nanas (*Ananas comosus*) yang selalu tersedia sepanjang tahunnya. Berdasarkan (BPS, 2010), produksi buah Nanas di Indonesia pada Tahun 2010 produksi buah Nanas yang dihasilkan sebanyak 1.406.445 ton sedangkan pada Tahun 2011 produksi buah Nanas semakin bertambah sebanyak 1.540.626 ton serta pada Tahun 2012 produksi buah Nanas yang dihasilkan sebanyak 1.749.817 ton. Berdasarkan data BPS, 2010 tersebut dapat dilihat bahwa produksi buah Nanas di Indonesia setiap tahunnya semakin meningkat. Namun, hasil pertanian tersebut tidak seimbang dengan hasil produksi dan kebutuhan atau konsumsi yang ada di masyarakat, dimana pemanfaatan buah Nanas yang ada belum optimal dilakukan sehingga selama ini buah Nanas yang membusuk dibiarkan begitu saja tanpa adanya pengolahan lebih lanjut. Hal ini yang mengakibatkan sampah organik yang ada di pasar khususnya pasar tradisional Gede Bage Bandung semakin meningkat sehingga jumlah timbulan sampah di Pasar Gede Bage Bandung juga meningkat. Adanya peningkatan timbulan sampah dapat menimbulkan dampak negatif di antaranya mengurangi estetika lingkungan sekitar, gangguan terhadap kesehatan masyarakat, dan biaya untuk pengolahan sampah organik yang semakin tinggi. Penelitian mengenai pemanfaatan sampah buah Nanas sebagai alternatif bahan baku kertas merupakan salah satu cara untuk mengatasi permasalahan tersebut, dimana selama ini *raw material* yang digunakan untuk produksi *pulp and paper* berasal dari pohon/kayu. Menurut Nurediyanto, tahun 2006 jumlah konsumsi kertas di Indonesia sebanyak 5.96 juta ton sehingga membutuhkan 24 juta meter kubik kayu untuk memproduksi kertas tersebut. Selain itu, menurut *World Resource Institute* untuk negara berkembang peningkatan konsumsi kertas rata-rata sekitar 7% per tahun, maka diperoleh jumlah konsumsi kertas Indonesia di tahun 2012 sekitar 8.96 juta ton yang menghabiskan \pm 36 juta meter kubik kayu/tahun.

Berdasarkan pernyataan diatas, maka perlu dilakukan suatu penelitian lebih lanjut untuk memanfaatkan timbulan sampah organik yang semakin tinggi. Adapun penelitian yang dilakukan ialah mengenai fermentasi sampah buah Nanas menggunakan sistem kontinu dengan bantuan mikroorganisme berupa bakteri *Acetobacter xylinum* untuk menghasilkan lembaran selulosa yang dapat dimanfaatkan sebagai alternatif bahan baku kertas. Pada sistem kontinu ini terdapat proses penambahan substrat dan pengambilan substrat. Proses penambahan dan pengambilan substrat dilakukan ketika kondisi bakteri dalam reaktor telah mencapai keadaan *steady state* dimana produk yang dihasilkan akan dikeluarkan melalui kran pada reaktor sehingga pada sistem ini diharapkan dapat mempercepat proses pembentukan selulosa dengan menggunakan kecepatan aliran substrat (V_c) dan waktu detensi (t_d) yang telah ditentukan dalam proses fermentasi sehingga hasil produk yang dikeluarkan dapat dijadikan sebagai alternatif bahan baku kertas serta dapat membantu mengurangi jumlah timbulan sampah organik dengan cara memanfaatkan sampah buah Nanas tersebut. Adapun beberapa indikator yang dapat dijadikan sebagai acuan telah tercapainya tujuan dari penelitian ini ialah dengan melihat ketebalan selulosa dan karakteristik permukaan lapisan selulosa yang terbentuk, apabila karakteristik lapisan selulosa yang dihasilkan semakin rapat maka diduga bahwa sampel tersebut memiliki kandungan serat yang tinggi yang dapat dijadikan sebagai alternatif bahan baku kertas yang diharapkan.

2. METODOLOGI

Metodologi ini menunjukkan alur penelitian yang dilakukan pada percobaan yang dapat dilihat pada Gambar 1. Pada tahap pertama dilakukan tahapan persiapan diantaranya mencari studi literatur yang berasal dari buku, jurnal, karya ilmiah, dan media elektronik yang berkaitan dengan penelitian seperti faktor-faktor yang mempengaruhi proses fermentasi, karakteristik bakteri *Acetobacter xylinum*, proses fermentasi oleh bakteri *Acetobacter xylinum* dan lain sebagainya. Selanjutnya akan dilakukan persiapan alat dan bahan yang akan digunakan dalam penelitian antara lain pengambilan sampel (sampah buah nanas) seperti yang terlihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Pesiapan Alat dan Bahan

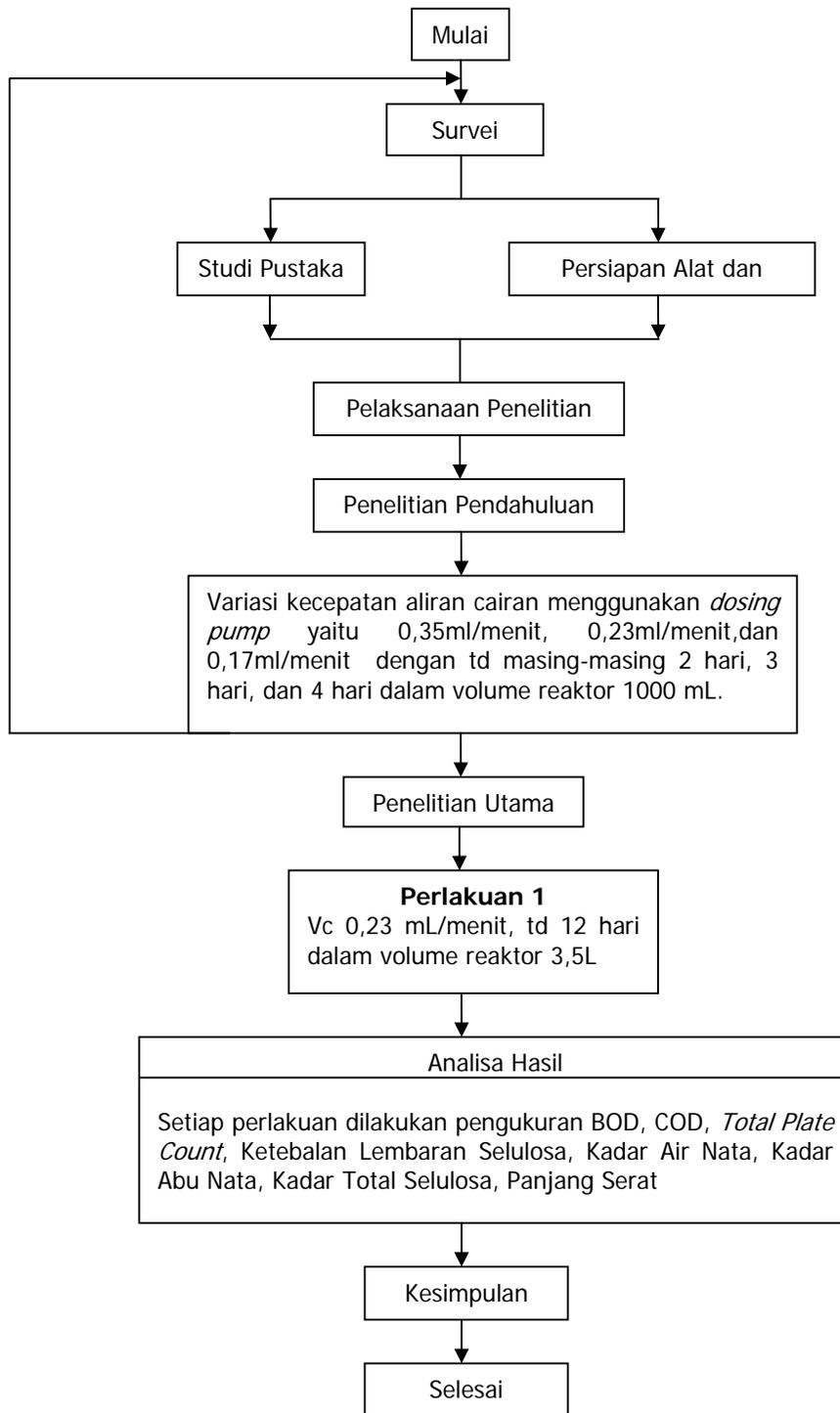
Alat	Bahan
Ekstraktor	<i>Acetobacter xylinum</i>
<i>Dosing pump</i>	Sampah Buah Nanas
<i>Hot Plate Magnetic Stirrer</i>	Oksigen
<i>Autoclave</i>	Aquadest

Pada pelaksanaan penelitian ini dilakukan dua tahapan yaitu penelitian pendahuluan dan penelitian utama. Pada penelitian pendahuluan dilakukan variasi kecepatan aliran substrat yaitu 0,35 mL/menit, 0,23 mL/menit, dan 0,17 mL/menit dengan waktu detensi masing-masing 2 hari, 3 hari, dan 4 hari dalam volume reaktor 1000 mL yang bertujuan untuk mendapatkan hipotesa awal mengenai kecepatan aliran substrat yang optimum sebagai referensi pada penelitian utama sedangkan pada penelitian utama dengan menggunakan kecepatan aliran substrat (V_c) dari penelitian pendahuluan yang paling optimum bertujuan untuk mengetahui optimasi proses pembentukan lapisan selulosa dalam proses fermentasi kontinu. Setelah itu, hasil dari percobaan tersebut dilakukan analisa hasil seperti parameter *Biochemical oxygen demand* (BOD), *Chemical oxygen demand* (COD), *Total plate count* (TPC), Ketebalan selulosa, Kadar air, Kadar abu, Kadar total selulosa dan panjang serat. Adapun metode pengukuran sampel fermentasi substrat dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Metode Pengukuran Sampel Fermentasi Substrat

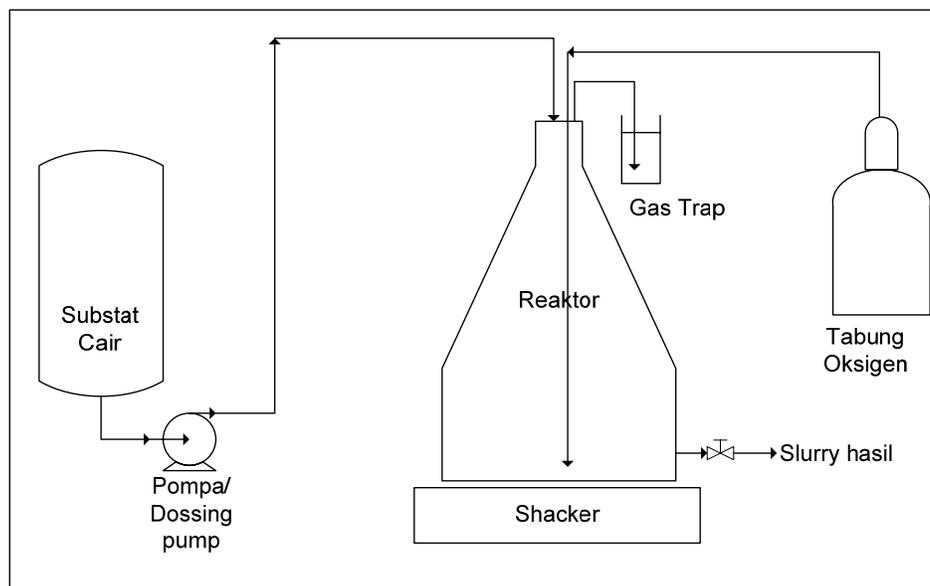
Parameter	Satuan	Metode Acuan	Metode Pengukuran
BOD ₅	mg/L	SNI 6989.72:2009	Titration Winkler
COD	mg/L	SMWW 5220 C	Refluks Tertutup
<i>Total Plate Count</i>	Sel/ml	SMWW 9215 B	<i>Pour Plate Method</i>
Ketebalan	mm	-	Penggaris
Selulosa	%	SNI 08-7070-2005	Gravimetri
Kadar air	%	SNI ISO 776:2010	Gravimetri
Kadar abu	%	In house method	Titration
Kadar selulosa total	mm	SNI ISO 16065-2:2010	Cahaya tidak terpolarisasi
Panjang serat			

Sumber : SNI, SMWW, in house method, 2012



Gambar 1. Metodologi Penelitian

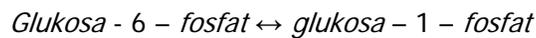
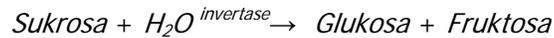
Penelitian ini dilakukan untuk skala laboratorium di Laboratorium Mikrobiologi Lingkungan Institut Teknologi Nasional (Itenas) Bandung. Skema rancangan percobaan dapat dilihat pada Gambar 2. Pada awalnya substrat cair dari buah nanas akan di pompakan ke dalam reaktor dengan menggunakan *dosing pump*. *Dosing pump* yang digunakan akan di atur laju alir nya sesuai dengan variasi kecepatan yang ditentukan. Reaktor yang digunakan akan dikondisikan dalam keadaan tertutup, dimana pemberian oksigen yang dibutuhkan nanti dialirkan melalui selang. Didalam reaktor tersebut akan menggunakan *hot plate magnetic stirrer* yang berfungsi untuk mengaduk antara substrat dan cairan. Kemudian cairan yang ada didalam reaktor dikeluarkan melalui saluran keluar ke wadah penampung produk. Di wadah tersebut diharapkan akan terjadi proses pembentukan selulosa.



Gambar 2. Skema Rancangan Percobaan

3. ANALISA DAN PEMBAHASAN

Komposisi glukosa yang terkandung didalam buah nanas dapat bermanfaat bagi pertumbuhan mikroorganisme sebagai sumber makanan, contohnya bakteri *Acetobacter xylinum* untuk menghasilkan lembaran selulosa (nata) melalui proses fermentasi. *Acetobacter xylinum* merupakan bakteri penghasil selulosa atau selulosa mikrobial. Bakteri ini bersifat Gram negatif, aerob, dan dapat memproduksi selulosa. Selama fermentasi bakteri *Acetobacter xylinum* memecah gula (sukrosa) menjadi glukosa dan fruktosa. Glukosa melalui reaksi heksokinase menjadi glukosa-6-fosfat. Glukosa-6-fosfat diubah menjadi glukosa-1-fosfat oleh enzim fosfoglukomutase. Reaksi selanjutnya adalah pembentukan uridin difosfat glukosa (UDP-glukosa) yang merupakan hasil reaksi antara glukosa-1-fosfat dengan uridin trifosfat (UTP), oleh kerja enzim glukosa-1-fosfat uridiltransferase. Reaksi ini dialihkan menuju ke kanan oleh kerja pirofosfatase, yang menghidrolisa pirofosfat (PPi) menjadi ortofosfat (Pi). UDP-glukosa adalah donor langsung residu glukosa didalam pembentukan enzimatis selulosa oleh kerja selulosa sintase yang mengiatkan pemindahan residu glukosil dari UDP glukosa keujung non residu molekul selulosa (Lehninger, 1994).



Gambar 3. Biosintesis Selulosa dari Glukosa (Lehninger, 1994)

Dalam pertumbuhan bakteri *A. xylinum* dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain kandungan nutrisi meliputi jumlah karbon dan nitrogen, tingkat keasaman (pH), temperatur, dan udara. Bakteri *A. xylinum* tergolong bakteri *Psychrotroph* dimana bakteri ini dapat tumbuh pada rentang suhu 20°C-30°C akan tetapi dapat tumbuh optimal pada suhu 30°C, selain itu bakteri *A. xylinum* ini dapat tumbuh pada pH 3.5-7.5 sehingga termasuk pada golongan asidofil, namun pH optimal untuk pertumbuhannya adalah 4.3-5.5 (Lapuz *et al.*, 1967). Pada penelitian ini menggunakan suhu 30°C dengan pH 4,5.

3.1 Hasil Pengamatan dan Analisa Penelitian Pendahuluan

Pada penelitian pendahuluan ini menggunakan perbandingan volume sampel dengan aquadest 50:50 dari volume substrat yang digunakan 1000 mL dalam proses fermentasi dengan pH 4,5 dan jumlah inokulum cair sebanyak 100 mL pada masing-masing penelitian. Hasil pengamatan dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengamatan Penelitian Pendahuluan

Kecepatan Alir Substrat (Vc) (mL/menit)	Waktu detensi (td) (hari)	Pembentukan lapisan selulosa (hari ke-)
0,35	2	≥2 hari
0,23	3	1
0,17	4	≥4 hari

Sumber : Hasil Penelitian, 2013

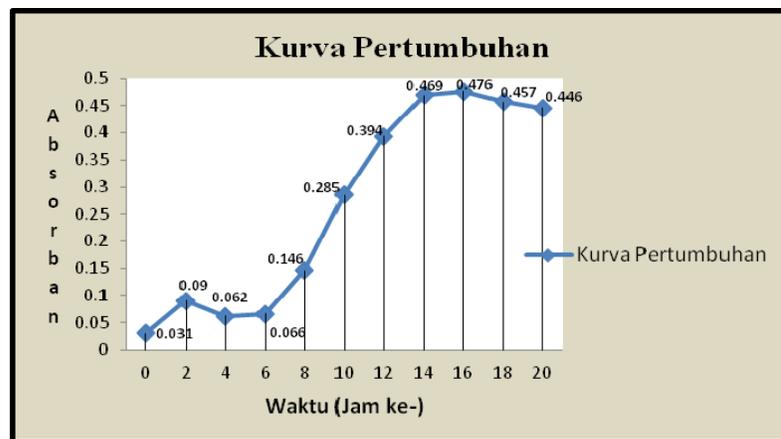
Berdasarkan hasil pengamatan bahwa pada kecepatan aliran substrat(Vc) 0,23 mL/menit dengan td 4 hari dalam proses pembentukan lapisan selulosa paling cepat daripada variasi Vc lainnya, maka berdasarkan hasil tersebut kecepatan aliran substrat(Vc) 0,23 mL/menit dijadikan sebagai referensi awal dalam variasi kecepatan aliran substrat(Vc) untuk penelitian utama.

3.2 Proses Pencapaian *Steady State* Pada Bakteri *Acetobacter xylinum*

Data kurva pertumbuhan Bakteri *Acetobacter xylinum* yang terlihat pada Gambar 3 berfungsi untuk mengetahui keadaan *steady state* atau fase stasioner pada Bakteri *Acetobacter xylinum*. Pentingnya mengetahui keadaan *steady state* pada Bakteri *Acetobacter xylinum* adalah salah satu ketentuan dari proses fermentasi sistem kontinu yang digunakan pada penelitian ini sebab berdasarkan literatur pada sistem kontinu terdapat proses penambahan substrat dan pengambilan produk secara terus menerus ketika keadaan bakteri mencapai *steady state* (fase tetap). Untuk mendapatkan grafik kurva pertumbuhan bakteri seperti yang terlihat pada Gambar 4, diperlukan nilai absorbansi terhadap waktu (jam ke-) dengan melakukan pengukuran nilai *Optical Density*(OD) tiap 2 jam sekali dengan panjang gelombang 590nm(Cappuccino, 1983).

Berdasarkan kurva pertumbuhan bakteri tersebut didapatkan suatu informasi bahwa dalam pertumbuhan bakteri memerlukan suatu tahapan/fase. Fase pertama pada pertumbuhan bakteri tersebut ialah fase lag/fase adaptasi yaitu fase penyesuaian mikroorganisme pada

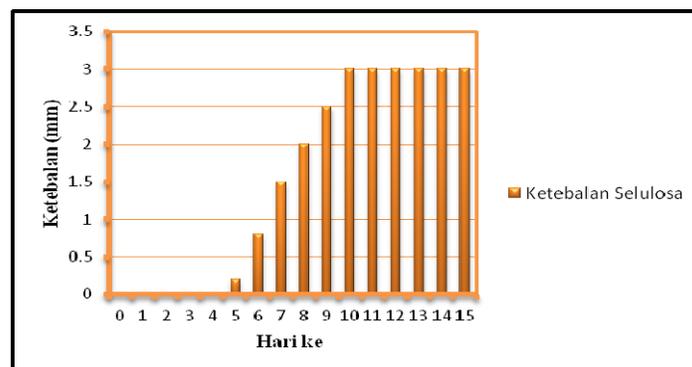
suatu lingkungan yang baru, ciri fase lag adalah tidak adanya peningkatan jumlah sel namun hanya terjadi peningkatan ukuran sel. Pada fase keduanya adalah fase log/fase eksponensial merupakan fase dimana mikroorganismenya tumbuh dan membelah diri pada kecepatan maksimum dan fase ketiga yaitu fase stasioner, pada fase stasioner pertumbuhan mikroorganismenya mulai berhenti dan terjadi keseimbangan antara jumlah sel yang membelah dengan jumlah sel yang mati dan keempat adalah fase kematian (Pratiwi, 2008). Pada Gambar 3, dapat dilihat bahwa fase lag terjadi pada waktu ke 0-6jam sedangkan fase log/eksponensial terjadi pada waktu ke 6-14jam begitu juga pada waktu ke 14-20jam pada bakteri *Acetobacter xylinum* sudah mengalami fase stasioner dimana terjadi pertumbuhan bakteri yang tidak begitu signifikan. Maka, dari data kurva pertumbuhan Bakteri *Acetobacter xylinum* mendapatkan kesimpulan bahwa percobaan penelitian utama mulai di jalankan pada waktu ke 24 jam karena diperkirakan pada waktu tersebut bakteri telah mencapai keadaan *steady state* dan hal tersebut berkaitan dengan definisi dari proses fermentasi sistem kontinu yang digunakan dalam penelitian ini.



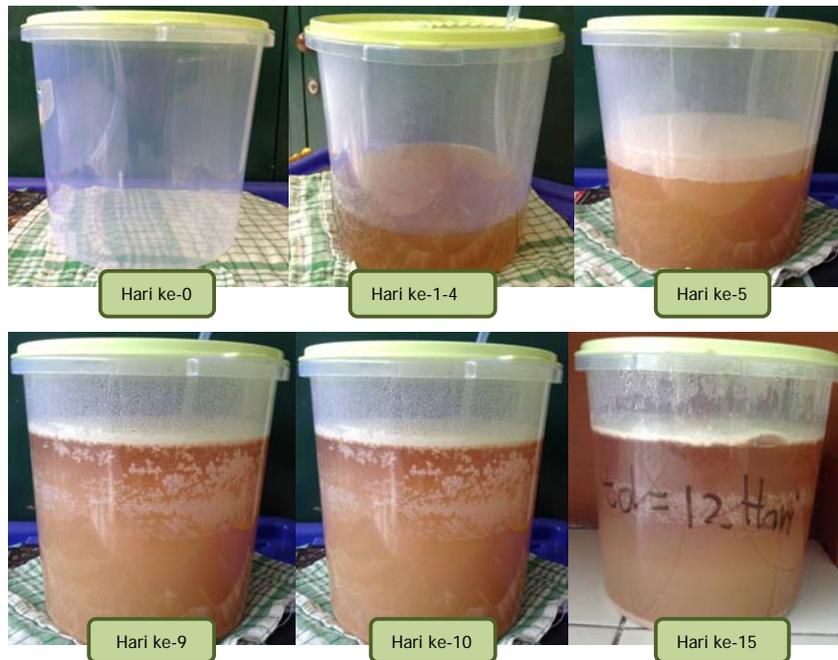
Gambar 4. Kurva Pertumbuhan Bakteri *Acetobacter xylinum*

3.3 Hasil Pengamatan dan Analisa Penelitian Utama

Pada penelitian utama volume reaktor yang digunakan diperbesar menjadi 3,5L dengan variasi kecepatan aliran (V_c) substrat 0,23 mL/menit maka waktu detensi (t_d) yang digunakan selama 12 hari dengan perlakuan penambahan oksigen murni ke dalam reaktor yang tertutup serta menggunakan *hot plate magnetic stirrer* dalam proses pengadukan cairan 100 rpm didapatkan suatu informasi bahwa pada hari ke-5 lapisan selulosa sudah terbentuk yaitu 0,2 mm hingga pada hari ke-15 ketebalan selulosa sebesar 3 mm dimana hasil pengamatan tersebut dapat dilihat pada Gambar 5 dan 6. Berdasarkan hasil pengamatan tersebut dapat disimpulkan bahwa Bakteri *Acetobacter xylinum* dapat mensintesa sebagian gula menjadi selulosa.



Gambar 5. Rekapitulasi Nilai Ketebalan Selulosa Penelitian Utama



Gambar 6. Ketebalan Selulosa Penelitian Utama

Seiring dengan bertambahnya nilai ketebalan selulosa dapat dihubungkan dengan adanya peningkatan nilai *Total Plate Count*(TPC) sebesar 80% dengan nilai efisiensi penurunan nilai BOD₅ sebesar 49,9% dan COD sebesar 50% seperti yang terlihat pada Tabel 5. Semakin meningkatnya nilai TPC tersebut menunjukkan bahwa nutrisi pada bakteri *Acetobacter xylinum* dalam reaktor tercukupi sehingga bakteri tersebut dapat berkembangbiak secara kontinu. Adapun hubungan antara nilai TPC dengan nilai BOD₅ yaitu berbanding terbalik. Pernyataan tersebut dapat dilihat dari nilai perbandingan antara peningkatan nilai TPC dengan penurunan nilai BOD₅ selama proses fermentasi berlangsung. Semakin tingginya nilai TPC mengindikasikan bahwa telah terjadi proses pembelahan diri pada bakteri sehingga jumlah sel bakteri semakin meningkat setiap harinya. Ketika jumlah sel bakteri semakin meningkat maka secara tidak langsung akan mempengaruhi kandungan BOD₅ di dalam proses fermentasi, karena untuk menguraikan zat-zat organik dalam air limbah secara biologi membutuhkan peranan bakteri (*Metcalf & Eddy*). Oleh sebab itu, semakin banyaknya jumlah sel bakteri di dalam air akan memudahkan proses penyisihan nilai BOD₅. Selain terjadi proses penguraian secara biologi pada percobaan ini juga terjadi proses penguraian secara kimiawi yang dapat dilihat pada Tabel 5.

Pada penelitian ini juga dilakukan uji coba nilai kadar air, kadar abu, kadar total selulosa, dan panjang serat di Balai Besar Pulp dan Kertas (BBPK) untuk mengetahui kualitas dari sampel tersebut. Berdasarkan hasil pengukuran tersebut untuk nilai kadar air sebanyak 86,36%, kadar abu sebanyak 8,41%, kadar total selulosa yaitu 62,34% dengan panjang serat terbanyak 0,537 mm. Menurut Suryani (2000), "*Acetobacter xylinum* dapat mengubah gula menjadi selulosa" sehingga semakin besar persentase gula total yang ditinjau dari banyaknya sampel substrat nanas dan lama fermentasi dapat menyebabkan kadar air selulosa semakin rendah. Hal ini diduga bahwa semakin tinggi konsentrasi gula total dan lama fermentasi, maka serat yang terbentuk akan semakin banyak dan semakin rapat akibat dari hasil metabolisme *Acetobacter xylinum* sehingga air yang terperangkap semakin sedikit yang menyebabkan kadar air menjadi lebih rendah.

Tabel 5.Rekapitulasi Parameter Uji Penelitian Utama

Hari ke-	Parameter			Efisiensi (%)		
	BOD ₅ (mg/L)	TPC (sel/mL)	COD (mg/L)	BOD ₅	TPC	COD
0	195.4	10000	256	0	0	0
1	-	16000	-	-	37.5	-
2	-	22000	-	-	54.5	-
3	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-
5	-	-	192	-	-	25
6	102.6	32100	-	47.5	68.8	-
7	-	-	-	-	-	-
8	-	48000	160	-	79.2	37.5
9	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-
11	-	-	128	-	-	50
12	97.9	50000	-	49.9	80	-

Sumber: Hasil Penelitian, 2013



Gambar 7.Karakteristik Permukaan Lapisan Selulosa Penelitian Utama

Selain itu, pentingnya dilakukan pengukuran terhadap parameter kadar total selulosa yaitu terkait dengan kandungan serat yang terdapat pada sampel karena berdasarkan sifatnya serat mempunyai struktur yang rapat dan saling berikatan sehingga apabila karakteristik dari lapisan selulosa semakin kenyal dan semakin rapat maka dapat disimpulkan bahwa sampel tersebut memiliki kandungan serat yang banyak. Pada Gambar 7, terlihat bahwa pada sampel penelitian utama memiliki karakteristik permukaan yang halus dan rapat sehingga hasil produk yang dihasilkan sesuai dengan kualitas yang dihasilkan.

Mengenai nilai kadar abu, nilai kadar abu sendiri terbentuk dari massa residu yang tertinggal dari serat nata sehingga semakin tinggi konsentrasi gula total dan lama fermentasi maka serat yang terbentuk semakin banyak dan semakin rapat. Selain itu, berdasarkan hasil uji sampel di BBPK juga menunjukkan bahwa serat yang terkandung di dalam sampel memiliki nilai panjang serat sekitar 0,537 mm. Menurut klasifikasi serat dalam SNI ISO 16065-2-2010 nilai panjang serat 0,537 mm termasuk ke dalam jenis serat pendek.

Maka berdasarkan analisa, hasil produk yang dihasilkan dengan kecepatan aliran substrat (Vc) 0,23 mL/menit dengan waktu detensi (td) selama 12 hari mampu menghasilkan produk yang optimum dalam proses fermentasi sistem kontinu, baik dilihat secara visual berdasarkan hasil karakteristik permukaan lapisan selulosa maupun dilihat secara kualitas berdasarkan hasil uji parameter pada sampel.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengamatan dan pengukuran yang telah dilakukan pada proses fermentasi kontinu didapatkan suatu kesimpulan bahwa pada sampel yang menggunakan variasi kecepatan aliran substrat (Vc) 0,23 mL/menit dengan waktu detensi (td) selama 12 hari mampu menghasilkan produk yang optimum, baik di lihat secara visual maupun dari hasil uji kualitas produk. Selain itu, memang benar telah terjadi proses penguraian suatu zat-zat organik baik secara biologi oleh bakteri *Acetobacter xylinum* dan secara kimiawi yang dapat dilihat dari semakin efisiensi penurunan nilai BOD₅ sebesar 49,9% sedangkan nilai COD sebesar 50% serta adanya peningkatan nilai TPC sebesar 80% seiring dengan terjadinya proses pembentukan lapisan selulosa yang memiliki ketebalan selulosa 3mm dalam fermentasi secara kontinu.

DAFTAR PUSTAKA

- Cappuccino, JG and Sherman, N. 1983. *Microbiology a Laboratory Manual*. Canada : Addison-Wesley Publishing Company
- Lapuz, MM., et al. 1967. "The Nata Organs Cultural Requirements Characteristics and Identity". *The Phillipines Journal and Science*. 96, (91-96).
- Lehninger. 1994. *Dasar-Dasar Biokimia*. Jakarta : Erlangga
- Melliawati, R. 2007. "Fermentasi Air Kelapa dan Ekstrak Buah Nanas oleh Bakteri *Acetobacter*. RMG-1 sebagai Penghasil Asam Asetat dan Bioselulosa". 10(1), 55.
- Metcalf, Eddy. 2004. *Wastewater Engineering*. New York : Fourth edition, McGraw-Hill Inc
- Pratiwi, ST. 2008. *Mikrobiologi Farmasi*. Jakarta : Erlangga
- Suryani, Ani. 2000. "Kajian Teknik Kultivasi dan Pengaruh Luas Permukaan Media Tumbuh pada Produksi Selulosa Menggunakan Bakteri Isolat Lokal". *Jurnal Mikrobiologi Indonesia*. Vol.5 (1)