

**PENENTUAN UMUR STARTER DAN KECEPATAN  
PENGADUKAN YANG OPTIMAL DALAM MENGHASILKAN  
GUM XANTHAN**



OLEH :

**IKA MERDEKAWATI R.**

**G 611 02 053**

**TEKNOLOGI HASIL PERTANIAN**



	21 - Agustus - 07
	Fak. pertanian
	(satu) eks
	Hadiah
	215

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI HASIL PERTANIAN  
JURUSAN TEKNOLOGI PERTANIAN  
FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2007**

**PENENTUAN UMUR STARTER DAN KECEPATAN PENGADUKAN  
YANG OPTIMAL DALAM MENGHASILKAN GUM XANTHAN**

**OLEH :**

**IKA MERDEKAWATI R.  
G 611 02 053**

**Skripsi Hasil Penelitian  
Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar  
Sarjana Teknologi Pertanian**

pada

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI HASIL PERTANIAN  
JURUSAN TEKNOLOGI PERTANIAN  
FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2007**

## LEMBAR PENGESAHAN

JUDUL : PENENTUAN UMUR STARTER DAN  
KECEPATAN PENGADUKAN YANG OPTIMAL  
DALAM MENGHASILKAN GUM XANTHAN

NAMA : IKA MERDEKAWATI R.

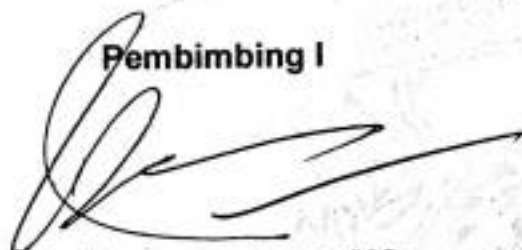
STAMBUK : G 611 02 053

PROGRAM STUDI : TEKNOLOGI HASIL PERTANIAN

Disetujui :

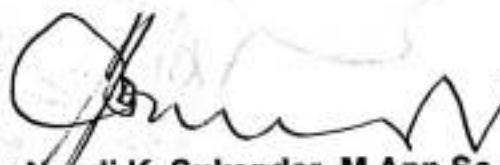
### 1. Tim Pembimbing

Pembimbing I



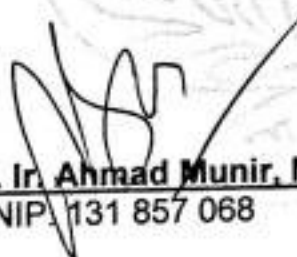
Dr. Ir. Amran Laga, MS  
NIP. 131 792 023

Pembimbing II



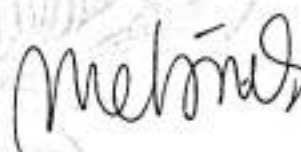
Ir. Nandi K. Sukendar, M.App.Sc  
NIP. 131 411 602

### 3. Ketua Jurusan



Prof. Dr. Ir. Ahmad Munir, M.Eng  
NIP. 131 857 068

### 2. Ketua Panitia Ujian Sarjana



Dr. Ir. Meta Mahendradatta  
NIP. 131 972 266

Tanggal Lulus : Agustus 2007

## KATA PENGANTAR



Alhamdulillah, Penulis memanjatkan puji syukur kehadiran Allah SWT, atas segala Rahmat dan Hidayah-Nya yang senantiasa menyertai penulis dalam menyelesaikan skripsi ini. Skripsi dengan judul ***Penentuan Umur Starter dan Kecepatan Pengadukan yang Optimal dalam Menghasilkan Gum Xanthan*** dibuat guna melengkapi salah satu syarat mencapai gelar Sarjana Teknologi Pertanian (STP) pada Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin, Makassar.

Dalam menyelesaikan skripsi ini, banyak hal yang terjadi diluar jangkauan dan kemampuan penulis, tanpa adanya bantuan dari semua pihak yang selama ini terlibat hingga akhirnya skripsi ini dapat dirampungkan. Meskipun demikian, penulis sadar sepenuhnya bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis dengan senang hati mengharapkan masukan baik berupa saran maupun kritikan yang sifatnya mengarah kepada perbaikan skripsi ini.

Selama penyusunan dan penulisan skripsi ini, penulis banyak mendapatkan bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, oleh karenanya perkenankanlah penulis mengucapkan kata terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. *Dr. Ir. Amran Laga, MS* dan *Ir. Nandi K. Sukendar, M.App.Sc* selaku pembimbing yang disela-sela kesibukannya, beliau telah sudi

meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan, pengarahan, saran, serta petunjuk mulai dari awal hingga penyelesaian skripsi ini.

2. *Prof. Dr. Ir. Elly Ishak, M.Sc* dan *Prof. Dr. Ir. Abu Bakar Tawali* selaku dosen penguji yang telah memberikan saran dan kritik yang membangun, sehingga skripsi ini menjadi lebih baik.
3. Seluruh Dosen Pengajar pada Program Studi Teknologi Hasil Pertanian yang telah memberikan ilmunya kepada penulis selama kuliah.
4. Staff Program Studi Teknologi Hasil Pertanian (Abd. Muis B., Ir. Hj. A. Nurhayati, Ir. Amir, Yuli Bachtiar, dan Pak Udin) yang senantiasa memberikan waktu dan tenaganya untuk membantu penulis dalam melaksanakan penelitian dan pengurusan berkas sarjana.

Akhirnya, penulis hanya dapat mengharapkan semoga amal baik tersebut akan mendapatkan balasan dan rahmat serta karunia dari Allah SWT, dan berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak sebagaimana mestinya.

Makassar, Agustus 2007

Penulis

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



### DATA PRIBADI :

Nama Lengkap : Ika Merdekawati R.  
Nama Panggilan : Itcha  
Tempat/Tanggal Lahir : Sorowako, 17-08-1983  
Alamat : Pondok Griya Putri Indah  
Agama : Islam  
Hobi : Membaca & Tidur

### RIWAYAT PENDIDIKAN :

- ☞ 1988 – 1990 : TK YPS LAWEWU, Sorowako
- ☞ 1990 – 1996 : SD YPS LAWEWU, Sorowako
- ☞ 1996 – 1999 : SLTP YPS SINGKOLE, Sorowako
- ☞ 1999 – 2002 : SMU YPS SINGKOLE, Sorowako
- ☞ 2002 – 2007 : Program Studi Teknologi Hasil Pertanian, Jurusan  
Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas  
Hasanuddin

### PENGALAMAN ORGANISASI :

- ☞ Pengurus JMUA Fapertahut Unhas Periode 1426-1427 H.
- ☞ Pengurus Jama'ah Mushalla Ulil Al-Baab Fakultas Pertanian dan  
Kehutanan Universitas Hasanuddin Makassar Periode 1424/1425 H.

Pernah menjadi Asisten Mata Kuliah Teknologi Fermentasi pada Program Studi Teknologi Hasil Pertanian.

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

## THANKS TO



© Amazing Parents of My Life : Abhi *JIMMY RIYANTO* dan Ummi *ROSMATI*. Sembah sujud qoe toek Abhi & Ummi atas segala pengorbanan lahir dan bathin yang telah dipercikkan ke eq. mulai dari eq masih berupe segumpal darah sampai pada detik eq mendespal gelar sarjana ini. Ya ALLAH...berikanlah kedudukan yang tertinggil toek orang tua qoe. Berikanlah hamba kesempatan toek membalas smua pengorbanan mereka, amin Ya Rabbal eslamn...

© Lovely Sister : *RAINA DWI ARYANTI*. Ade qoe, jalanen seluruh smasih keluarga yang digantungkan dipundekmu sekerang toek dunia & akherat kelak. Trust me, You Can Be The Person That You Want To Be...!!! I Believe You, my siste...!!! Destin ke smoga cepet dapat kerja neh, saye belikan ji itu Hp impianmu, okay...Destin ke juga smoga surat undangan cepet menyeber.. amin Ya Rabbal eslamn...



© Lovely Cats : I Love You All...Be The Good Cats, okay...Jangan suka lupa makan & minum susu, nter kalian bisa kurus... pertanggungjawabannya berat bo' di akherat kelak ! Rajin mandi supaya tetap wangi, steps tau bisa terpilih dalam ajang pemilihan model Majalah Aneka Setwa. Hi..Hi...☺

© Kehidupan Qoe yang Terindah : *JULHAR*, kamu adalah Anugerah Terindah yang Aku Miliki yang Allah SWI telah karuniakan kepada qoe...Terimakasih atas segala doa, dukungan, kasih sayang, pengorbanan, dan hari-hari yang menyenangkan dalam kehidupan qoe. Terima kasih yang tak terhingga kamu tetap setia mendampingiku dalam suka & duka (05 Agustus 2003). Kau ditunggu...!!!

☺ Decker & Madet crew : Thanks udh jadi temen2 terbaik qoe slama ini. doain yach...kapan qta2 pada ngumpul berenang lagi...jadi kangen naek perahu rame2 menyebrang pulau neh...!!!

☺ Shobet Qoe : FERNIATI, NENEL, YUNI, NURUL, 'n IDJIA I Really Miss You. Guys... deh lama qta gak ngumpul berenang dengan segala kegilaan smasa skull dulu...bisa...kayak Kalelawar lagi !!! See U all at Sorowako tercinta...!!!



☺ Phi-Phi crew : Sarjana mi KEYUA ts' cest...Thanks for Your support, girls...Dibalik smasa ini pasti ada hikmahnya, karena qta smasa sedang mengalami proses pendewasaan pola pikir yang matang. RANV ^Smoga swet dengan Dany yach, hadapi smasanya dengan senyuman^. UPHIE ^Belajar untuk lebih tough 'n don't be a grandma again, cepet' mi sarjana neh...supaya lengkap^. NYILAR ^Smoga langgeng dengan Amar Maruf neh! munker^. TITI ^Always be a smart girl^. LILIA ^Ibu ustadzah yang lagi nunggu kiriman jodoh^. JANE ^Smoga sukses dengan gelar baru Ibu guru^. AFI ^Always moist yach^. dan NIA ^ Always datang tak dijemput pulang tak diantar^.

☺ Teman2 angkatan Qoe st TJP02 : Guno Xanthan crew : DARMA, ARNI, LENDONG. Thanks atas waktu, bantuan, 'n kebersamaan qta selama penelitian. Pondok Hessuddho crew : Titi, Titeh, Nelli, Asma. VCO + Keko + Mango Flakes crew : Uneez, Fitri, Resti, Ekky, Chis, Anti, Linda. Edible Film crew : Whana, Anita, Awwi. Yang setia menemani di Lab kalo' malam : K' Yuli, K' Rahmat, Dhea, Murhum, Firmans, Newir, dan Adi. Toek TJP02 : Aba', Andi, dan Ucceng thanks banget atas bantuannya.

☺ Senior 'n Junior Qoe st TJP : Meskipun tidak bisa disebutkan satu per satu, tapi kenangan bersama kalian smasa tidak akan pernah terlupakan !!! Toek junior qoe TJP06. I want to say big thanks fou your help, guys...!!!



Ika Merdekawati R. (G 611 02 053). Penentuan Umur Starter dan Kecepatan Pengadukan yang Optimal dalam Menghasilkan Gum Xanthan. Dibawah Bimbingan Amran Laga dan Nandi K. Sukendar.

---

## RINGKASAN

Gum xanthan adalah polisakarida yang diproduksi melalui proses fermentasi aerobik oleh bakteri *Xanthomonas campestris*. Tapioka dalam pemanfaatannya harus dibuat dalam bentuk hidrolisat terlebih dahulu agar dapat dimanfaatkan secara optimal dalam pembentukan produk gum xanthan. Hidrolisat pati tapioka diduga dapat digunakan sebagai sumber karbon dan energi utama untuk memproduksi gum xanthan karena mengandung glukosa. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui umur starter dan kecepatan pengadukan yang optimal dalam menghasilkan gum xanthan. Parameter pengamatan yang dilakukan, yaitu jumlah koloni, biomassa, kadar gula pereduksi, gum xanthan, viskositas, dan karakterisasi produk gum xanthan. Berdasarkan hasil parameter pengamatan dapat dikemukakan bahwa perlakuan yang terbaik, yaitu perlakuan umur starter 36 jam dengan perolehan gum xanthan 15 g/l dan biomassa 5,33 g/l, sedangkan berdasarkan kualitas yang terbaik terdapat pada perlakuan kecepatan pengadukan 100 rpm dengan perolehan viskositas 650 Cps, dan berdasarkan kuantitas yang terbaik terdapat pada perlakuan kecepatan pengadukan 400 rpm dengan perolehan gum xanthan 5,4 g/l. Karakterisasi produk gum xanthan yang memenuhi syarat *Food Chemical Codex* and *The National Formulary*, yaitu keadaan fisik, kekentalan, susut akibat pengeringan, dan kadar abu, sedangkan yang tidak memenuhi syarat *Food Chemical Codex* and *The National Formulary*, yaitu kadar air.

Ika Merdekawati R. (G 611 02 053). The Optimal Starter Age and Mixed Speed in Producing Xanthan Gum. Under Guidance of Amran Laga and Nandi K. Sukendar.

---

### ABSTRACT

Xanthan gum is polysaccharide produced through aerobic fermentation process by *Xanthomonas campestris* bacteria. Tapioca in its utilization must be made in hydrolysate form first in order to be able to utilize optimally in xanthan gum product preparation. The tapioca starch hydrolysate the xanthan gum because of containing glucose. The research was aimed to find the starter age and find the optimal mixing speed in producing the xanthan gum. The observation parameters done, were colony number, biomass, reducing sugar content, xanthan gum, viscosity, and characterization of the xanthan gum product. Based on the observation parameters can be adduced that the best treatment, were the starter age for 36 hours by xanthan gum acquisition 15 g/l and biomass 5,33 g/l, while based on the best quality was on treatment of mixing speed 100 rpm by acquisition of viscosity 650 Cps, and based on the best quantity was on treatment of mixing speed 400 rpm by acquisition xanthan gum 5,4 g/l. Characterization of xanthan gum fulfilling requiring of *Food Chemical Codex* and *The National Formulary*, were physical condition, viscosity, shrinkage because of drying, and the ash content, while not fulfilling requiring of *Food Chemical Codex* and *The National Formulary*, were moisture content.

## DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR GAMBAR .....	x
DAFTAR TABEL .....	xi
DAFTAR LAMPIRAN .....	xii
<b>I. PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan Penelitian.....	3
1.4. Kegunaan Penelitian.....	3
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1. Tapioka .....	4
2.2. Gum Xanthan	
a. Struktur Kimia Gum Xanthan.....	5
b. Biosintesis Gum Xanthan .....	7
c. Sifat Fisiko Kimia Gum Xanthan.....	8
d. Kegunaan Gum Xanthan.....	11
e. Faktor-faktor yang Penting dalam Produksi Gum Xanthan	
1. Mikroba.....	12
2. Substrat.....	13
3. Suhu dan pH .....	15
4. Pemanenan.....	16
2.3. Bakteri <i>Xanthomonas campestris</i> .....	17
2.4. Jumlah Koloni .....	20
2.5. Fermentor Berpengaduk.....	21
<b>III. METODE PENELITIAN</b>	
3.1. Waktu dan Tempat .....	23
3.2. Bahan dan Alat .....	23

3.3. Metode Penelitian	
a. Penentuan Umur Starter yang Optimal.....	24
b. Penentuan Kecepatan Pengadukan yang Optimal....	25
3.4. Parameter Pengamatan	
a. Jumlah Koloni.....	25
b. Biomassa.....	26
c. Kadar Gula Pereduksi .....	26
d. Gum Xanthan .....	26
e. Viskositas .....	27
f. Karakterisasi Produk Gum Xanthan .....	27
3.5. Pengolahan Data.....	27
3.6. Prosedur Percobaan	
a. Proses Persiapan Bahan Hidrolisat .....	28
b. Proses Produksi Gum Xanthan .....	29
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1. Penentuan Umur Starter yang Optimal	
a. Jumlah Koloni.....	32
b. Biomassa.....	35
c. Kadar Gula Pereduksi .....	36
d. Gum Xanthan .....	38
e. Viskositas .....	40
4.2. Penentuan Kecepatan Pengadukan yang Optimal	
a. Biomassa.....	42
b. Kadar Gula Pereduksi .....	43
c. Gum Xanthan .....	45
d. Viskositas .....	46
e. Karakterisasi Produk Gum Xanthan .....	48
<b>V. KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
5.1. Kesimpulan.....	50
5.2. Saran .....	50
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>51</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>55</b>

## DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
1.	Struktur Kimia Gum Xanthan.....	6
2.	Diagram Alir Proses Produksi Gum Xanthan.....	31
3.	Perhitungan Jumlah Koloni pada Beberapa Tingkat Umur Starter.....	33
4.	Perolehan Biomassa Selama Fermentasi 96 Jam dari Pengaruh Perlakuan Umur Starter.....	35
5.	Perubahan Kadar Gula Pereduksi Selama Fermentasi 96 Jam dari Pengaruh Perlakuan Umur Starter.....	37
6.	Perolehan Gum Xanthan Selama Fermentasi 96 Jam dari Pengaruh Perlakuan Umur Starter.....	39
7.	Perubahan Viskositas Selama Fermentasi 96 Jam dari Pengaruh Perlakuan Umur Starter.....	41
8.	Pengaruh Kecepatan Pengadukan pada Penggunaan Fermentor Berpengaduk Terhadap Perolehan Biomassa.....	42
9.	Pengaruh Kecepatan Pengadukan pada Penggunaan Fermentor Berpengaduk Terhadap Perolehan Kadar Gula Pereduksi.....	44
10.	Pengaruh Kecepatan Pengadukan pada Penggunaan Fermentor Berpengaduk Terhadap Perolehan Gum Xanthan.....	45
11.	Pengaruh Kecepatan Pengadukan pada Penggunaan Fermentor Berpengaduk Terhadap Perolehan Viskositas.....	47

## DAFTAR LAMPIRAN

No.	Judul	Halaman
1a.	Hasil Perhitungan Jumlah Koloni pada Perlakuan Umur Starter.....	55
1b.	Hasil Analisa Sidik Ragam Perhitungan Jumlah Koloni pada Perlakuan Umur Starter.....	55
2a.	Hasil Perolehan Biomassa pada Perlakuan Umur Starter.....	55
2b.	Hasil Analisa Sidik Ragam Perolehan Biomassa pada Perlakuan Umur Starter.....	55
2c.	Hasil Uji BNJ Perolehan Biomassa pada Perlakuan Umur Starter.....	56
3a.	Hasil Pengukuran Kadar Gula Pereduksi pada Perlakuan Umur Starter.....	56
3b.	Hasil Analisa Sidik Ragam Pengukuran Kadar Gula Pereduksi pada Perlakuan Umur Starter.....	56
4a.	Hasil Perolehan Gum Xanthan pada Perlakuan Umur Starter.....	56
4b.	Hasil Analisa Sidik Ragam Perolehan Gum Xanthan pada Perlakuan Umur Starter.....	57
5a.	Hasil Pengukuran Viskositas pada Perlakuan Umur Starter.....	57
5b.	Hasil Analisa Sidik Ragam Pengukuran Viskositas pada Perlakuan Umur Starter.....	57
6.	Hasil Perolehan Biomassa pada Perlakuan Kecepatan Pengadukan.....	57
7.	Hasil Pengukuran Kadar Gula Pereduksi pada Perlakuan Kecepatan Pengadukan.....	58
8.	Hasil Perolehan Gum Xanthan pada Perlakuan Kecepatan Pengadukan.....	58

No.	Judul	Halaman
9.	Hasil Pengukuran Viskositas pada Perlakuan Kecepatan Pengadukan.....	58
10.	Kurva Standar Gula Pereduksi.....	59
11.	Rekapitulasi Hasil Analisa pada Perlakuan Umur Starter.....	60
12.	Rekapitulasi Hasil Analisa pada Perlakuan Kecepatan Pengadukan .....	60
13.	Komposisi Nutrien untuk Fermentasi Gum Xanthan....	61

## DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
1.	Spesifikasi Gum Xanthan Menurut <i>Food Chemical Codex and The National Formulary</i> .....	9
2.	Karakterisasi Produk Gum Xanthan.....	48



## I. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Gum xanthan adalah polisakarida yang diproduksi melalui proses fermentasi aerobik oleh bakteri *Xanthomonas campestris*. Bakteri ini dapat diisolasi dari tanaman kubis yang terserang penyakit busuk hitam atau "*black rot*". Gum xanthan dapat diaplikasikan dalam bidang pangan dan non pangan karena sifatnya yang baik dan unik. Gum xanthan biasanya digunakan untuk memperbaiki sifat tekstural produk, seperti pengental, pensuspensi, dan pencegah flokulasi.

Umur starter dalam produksi gum xanthan sangat menentukan jumlah dan kualitas produksi gum xanthan yang akan diperoleh. Umur starter merupakan laju pertumbuhan mikroorganisme yang dipengaruhi oleh komponen penyusun media fermentasi, pH, dan suhu.

Kecepatan pengadukan dalam produksi gum xanthan memiliki manfaat yang penting. Kecepatan pengadukan berfungsi untuk mentransfer oksigen dari udara ke media lalu ke mikroba, mempertahankan homogenitas mikroba serta penyebaran nutrisi.

Tapioka sebagai salah satu sumber karbohidrat selama ini masih kurang dapat dimanfaatkan oleh suatu industri, sedangkan bahan baku tersebut tersedia berlimpah dengan harga yang cukup murah. Tapioka dalam pemanfaatannya harus dibuat ke dalam bentuk hidrolisat terlebih dahulu agar dapat dimanfaatkan secara

optimal dalam pembentukan produk gum xanthan. Hidrolisat pati tapioka diduga dapat digunakan sebagai sumber karbon dan energi utama untuk memproduksi gum xanthan karena mengandung glukosa. Dengan adanya kenyataan tersebut, maka produk gum xanthan memungkinkan untuk diproduksi oleh suatu industri. Sehingga dengan melihat kenyataan tersebut, maka dilakukanlah penelitian ini untuk menghasilkan gum xanthan dengan menggunakan bahan baku tapioka dengan memperhatikan pengaruh umur starter dan kecepatan pengadukan yang optimal terhadap gum xanthan yang dihasilkan.

## 1.2. Rumusan Masalah

Gum xanthan merupakan polisakarida ekstraseluler yang dihasilkan melalui proses fermentasi aerobik oleh bakteri *Xanthomonas campestris*, sehingga dalam produksinya dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya adalah umur starter dan kecepatan pengadukan. Umur starter mampu mempersingkat fase adaptasi mikroba, sehingga proses fermentasi dapat berlangsung dengan cepat. Kecepatan pengadukan berfungsi untuk mempertahankan homogenitas mikroba serta penyebaran nutrisi.

### **1.3. Tujuan Penelitian**

1. Untuk mengetahui umur starter yang optimal dalam menghasilkan gum xanthan.
2. Untuk mengetahui kecepatan pengadukan yang optimal pada penggunaan fermentor berpengaduk dalam menghasilkan gum xanthan.

### **1.4. Kegunaan Penelitian**

Kegunaan penelitian ini adalah sebagai bahan informasi kepada pengolah bahan pangan, industri terkait, dan peneliti selanjutnya.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Tapioka

Ubi kayu merupakan bahan baku tepung tapioka yang diperoleh dengan cara mengekstrak sebagian umbi dan memisahkan patinya. Tanaman multiguna ini dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan hidup sehari-hari, makanan ternak, dan sebagai bahan baku berbagai macam industri (Suprpti, 2005).

Pati merupakan suatu polimer yang tersusun oleh dua komponen utama, yakni amilosa dan amilopektin. Kedua komponen penyusun tersebut jumlahnya bervariasi berdasarkan jumlahnya. Pati ubi kayu (tapioka) mengandung amilosa 23,74% dan selebihnya adalah komponen amilopektin. Granula pati tapioka rata-rata terdiri dari air 12,90%, pati 84,59% (b/b), serta sejumlah kecil protein 0,39% (b/b), lemak 1,12% (b/b), abu 0,16% (b/b), dan serat 11,52% (b/b) (Laga, 2001).

Hidrolisat pati ubi kayu diduga dapat digunakan sebagai sumber karbon dan energi utama bagi bakteri *Xanthomonas campestris* untuk memproduksi gum xanthan, karena hidrolisat ini mempunyai kandungan glukosa berkisar antara 32,18-33,85%. Kandungan glukosa tersebut dapat dicapai setelah dilikuifikasi selama 1 jam pada suhu 105°C oleh enzim alfa amilase (Sukara dan Meliawati, 1992).

## 2.2. Gum Xanthan

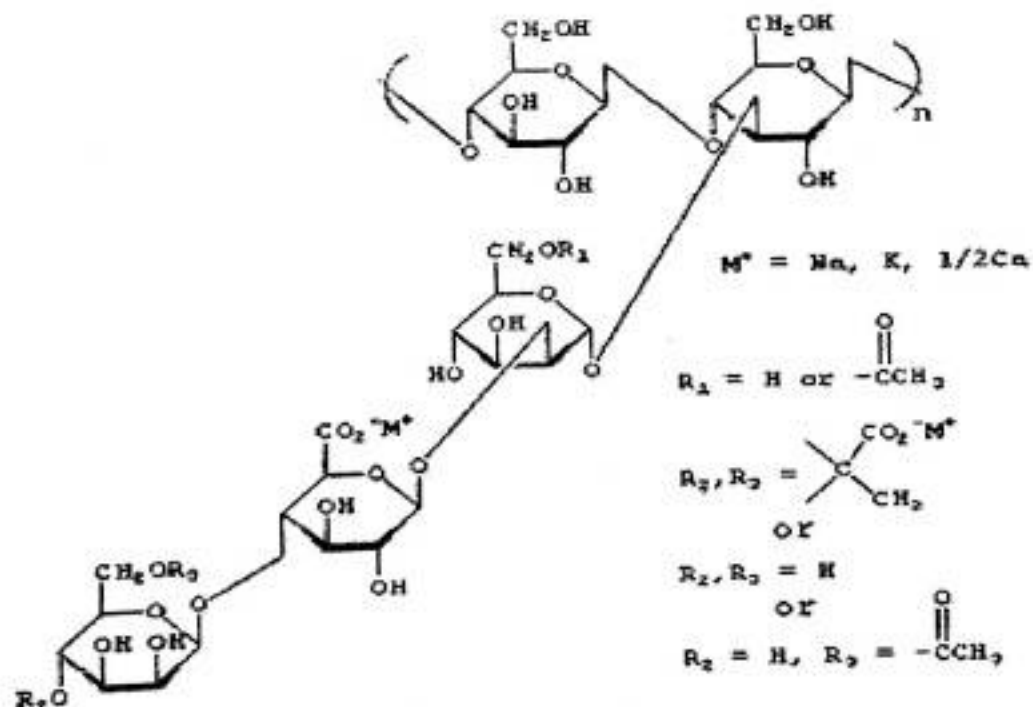
### a. Struktur Kimia Gum Xanthan

Rantai polimer gum xanthan berupa unit dasar berulang yang terdiri dari lima molekul gula, yaitu dua unit glukosa, dua unit mannosa, dan satu unit asam glukoronat yang menyusun rantai utama dan rantai cabang (Kovacs dan Kang, 1977).

Rantai utama gum xanthan dibangun oleh unit  $\beta$ -D-glukosa dengan ikatan  $\beta$ -1,4-glikosida. Struktur kimia dari rantai utama gum xanthan identik dengan struktur kimia selulosa. Sedangkan rantai cabang disusun oleh asam glukoronat yang terletak di antara dua unit mannosa,  $\alpha$ -D-mannosa dan  $\beta$ -D-mannosa. Ketiga unit gula pada rantai cabang ini berikatan pada posisi ketiga dengan setiap residu glukosa yang lain pada rantai utama. Pada rantai cabang unit  $\beta$ -D-mannosa terminal berikatan secara glikosidik pada posisi keempat asam  $\beta$ -D-glukoronat. Sebaliknya asam  $\beta$ -D-glukoronat juga berikatan secara glikosidik pada posisi kedua dari  $\alpha$ -D-mannosa. Asam piruvat yang menyusun gum xanthan berikatan secara ketal pada posisi keempat dan keenam pada  $\beta$ -D-mannosa, sedangkan asam asetat berikatan dengan  $\alpha$ -D-mannosa pada posisi keenam (Pettitt, 1982).

Struktur gum xanthan terdiri dari (1-4)  $\beta$ -D-glukopiranososa atau seperti rantai utama selulosa dengan trisakarida sebagai rantai samping yang terikat dengan rantai utama pada posisi C-3.

Rantai samping terdiri dari dua residu D-mannosa dan satu residu D-asam glukoronat. Terminal residu  $\beta$ -D-manopiranososa berikatan (1-4) dengan residu  $\beta$ -D-asam glukoronat yang pada putarannya adalah (1-2) yang terikat pada bagian non terminal residu D-manopiranososa. Berat molekul primer xanthan bervariasi antara 2 juta sampai 62 juta. Lebarnya selang ini disebabkan oleh adanya pengaruh ikatan hidrogen yang menstabilkan agregat polimer dalam air. Variasi kondisi fermentasi pada saat produksi adalah faktor lain yang dapat mempengaruhi bobot molekul polisakarida ini disamping persiapan sampel dan metode yang digunakan dalam pengukuran (Kennedy dan Bradshaw, 1984).



Gambar 1. Struktur Kimia Gum Xanthan (Anonim, 2007)

## b. Biosintesis Gum Xanthan

Sintesis gum xanthan sama halnya dengan sintesis exopolisakarida oleh bakteri gram negatif yang lainnya. Urutan sintesis dibagi menjadi 3, yaitu (a) mengambil gula sederhana dan mengkonversi menjadi derivat-derivat nukleotida, (b) menggabungkan sub unit pentasakarida yang terikat pada "isopentil pyrophosphat carrier", dan (c) polimerisasi unit-unit pentasakarida dan sekresinya. Susunan xanthan dibentuk secara berturut-turut yang dimulai dari D-glukosa-1-phosphat dan D-glukosa dari 2 mol UDP-D-glukosa. Selanjutnya, D-mannosa dan asam D-glukoronat ditambahkan masing-masing dari GDP-mannosa dan UDP-glukoronat. Grup O-acetil ditransfer dari acetyl-CoA ke residu internal mannososa, dan piruvat dari phosfoenolpiruvat ditambahkan ke terminal mannososa. Tiap-tiap tahapan ini membutuhkan substrat dan enzim yang spesifik untuk proses penyelesaiannya. Jika substrat dan enzim tidak ada, maka tahapan akan terkunci. Jalur *Entner-Daudoroff* yang terjadi dalam sel *Xanthomonas campestris* dalam hubungannya dengan jalur asam trikarbosilik merupakan mekanisme yang lebih dominan untuk katabolisme glukosa (Rosalam and England, 2006).

Proses pembentukan gum xanthan dimulai dengan masuknya substrat ke dalam sel dan mengalami reaksi fosforilasi melalui transport aktif atau melalui enzim heksokinase dengan menggunakan *Adenosine 5-triposfat* (ATP). Setelah reaksi fosforilasi, substrat digunakan untuk proses katabolik sebagai penghasil energi dan proses anabolik sebagai pembentukan polimer (polisakarida ekstraseluler, lipopolisakarida, dan polisakarida dinding sel). Tahap selanjutnya melibatkan konversi substrat terfosforilasi menjadi berbagai gula nukleotida (biasanya monosakarida nukleotida) yang dibutuhkan untuk membentuk polisakarida melalui unit pengulangan dengan pertolongan enzim UDP-Glukosa pirofosforilase. Monosakarida teraktifasi inilah yang menjadi prekursor pembentukan polimer. Tahapan berikutnya, yaitu pembentukan residu piruvat dan asetat melalui transfer dari fosfoenol piruvat kepada pentasakarida-P-P-lipid. Tahap ini merupakan tahap yang kritis. Kegagalan tahap ini menyebabkan polimer tidak mempunyai residu piruvat. Polimer yang telah terbentuk akan dikeluarkan dari dinding sel (Kennedy dan Bradshaw, 1984).

### c. Sifat Fisiko Kimia Gum Xanthan

Produk gum xanthan berupa tepung berwarna krem dapat larut dalam air panas dan air dingin, dan pada umumnya tidak dapat larut dalam pelarut organik, seperti metanol, etanol,



isopropanol, dan aseton. Pada konsentrasi alkohol yang tinggi, gum xanthan akan mengalami presifitasi dan gelatinisasi (Gonzales *et al.*, 1989).

Gum xanthan pada konsentrasi yang rendah dapat menghasilkan viskositas larutan yang tinggi. Dengan konsentrasi 1% atau lebih hampir menyerupai gel dalam keadaan diam dan mempunyai ketahanan yang rendah dalam pencampuran (Pettitt, 1982). Gum xanthan juga mempunyai tingkat pseudoplastik yang tinggi. Pada konsentrasi 0,1 sampai dengan 0,3% gum sudah efektif sebagai penstabil emulsi dan suspensi (Gustaw *et al.*, 2003).

Kualitas gum xanthan yang digunakan untuk bahan pangan yang dikemukakan oleh Pettitt (1979), harus memenuhi spesifikasi yang telah ditetapkan oleh *Food Chemical Codex* and *The National Formulary*. Spesifikasi gum xanthan selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Gum Xanthan Menurut *Food Chemical Codex* and *The National Formulary*

Karakter	Ukuran
Keadaan fisik	Kering, berwarna krem
Kekentalan	Minimum 600 Cps
Susut akibat pengeringan	15%
Kadar abu	6,5-16%
Kadar air	11%

Sumber : Pettitt, 1979

Daya cerna gum xanthan mendekati 15%, sedangkan nilai kalori secara teoritis kira-kira 3,78 kal/g. Dengan faktor daya cerna 15%, maka nilai kalori gum xanthan adalah 0,5 kal/g. Gum xanthan tidak mengakibatkan pengaruh yang buruk terhadap laju pertumbuhan, daya tahan tubuh, berat badan, serta tidak mengakibatkan tumor. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka gum xanthan aman untuk dikonsumsi dan penggunaannya tidak dibatasi (Fett *et al.*, 1985).

Sifat yang dimiliki gum xanthan dikemukakan oleh Sterdasky dan Conti (1999), Gimeno *et al.* (2004), dan Pettitt (1982), sangat baik dan unik, sehingga pemanfaatannya sangat luas baik dalam bidang pangan maupun non pangan. Beberapa sifat gum xanthan, antara lain : (1) gum xanthan larut sempurna dalam air panas ataupun dingin dan pada selang pH dan konsentrasi garam yang cukup lebar, (2) dengan adanya elektrolit pada jumlah yang kecil, maka temperatur tidak mempengaruhi viskositas, (3) viskositas sangat tinggi pada konsentrasi gum yang rendah, (4) sifat pseudoplastik yang sangat baik, yaitu viskositas sangat tinggi pada laju putaran yang rendah dan sangat rendah pada laju putaran yang tinggi, (5) viskositas tidak terpengaruh oleh garam logam yang umum terdapat pada bahan pangan, (6) viskositas tidak berubah dalam selang pH 1 sampai 13, (7) tahan terhadap enzim-enzim yang umum,



seperti protease, hemiselulase, selulase, pektinase, dan amilase pada fase terlarut dan terdegradasi oleh oksidan kuat, seperti peroksida persulfat, dan hipoklorit, (8) stabilisator yang baik pada suspensi dan emulsi, dan (9) meningkatkan rasa manis dari sukrosa, tidak berpengaruh terhadap rasa asam sitrat, kafein, dan natrium klorida.

#### d. Kegunaan Gum Xanthan

Gum xanthan merupakan polisakarida ekstraseluler yang dihasilkan oleh bakteri *Xanthomonas campestris*. Gum ini memiliki bobot antara  $10^6$ - $10^8$  dalton. Sifat kimiawi dan rheologinya unik, sehingga gum xanthan digunakan secara luas dalam berbagai industri, antara lain sebagai pengental, penstabil, pengemulsi, dan pensuspensi. Industri yang menggunakan gum xanthan, antara lain adalah industri pangan (makanan dan minuman), industri non pangan (seperti tekstil, keramik, cat, tinta, dan kertas), serta industri pengeboran minyak. Selain itu, gum xanthan juga digunakan dalam industri kosmetika, obat-obatan, dan industri pakan. Bahkan, gum xanthan ini juga bermanfaat dalam bidang agrokimia sebagai pensuspensi herbisida, fungisida, dan pestisida (Pettitt, 1979).

## e. Faktor-Faktor yang Penting dalam Produksi Gum Xanthan

### 1. Mikroba

Mikroba yang digunakan dalam proses fermentasi merupakan unsur penentu terhadap berhasil tidaknya proses fermentasi yang bersangkutan. Bakteri *Xanthomonas campestris* yang digunakan harus sehat, unggul, tahan terhadap kontaminasi, menghasilkan produk yang maksimal, dan berada pada kondisi yang sesuai untuk pertumbuhan alaminya (Laga, 1993).

Proses dan kondisi propagasi sel inokulum akan menentukan karakter dari inokulum tersebut (Wiryasasmita, 1993). Menurut Thonart *et al.* (1985), tahapan propagasi yang baik untuk peremajaan sel dalam medium YMB (*Yeast Malt Broth*) dan untuk produksi sel dalam medium CPM (*Cell Production Medium*). Lama inkubasi medium YMB dan CPM yang optimum menurut Doelle (1991), adalah berturut-turut, yaitu 12 jam, 24 jam, dan 36 jam. Jumlah sel yang diinginkan sebagai syarat starter dalam fermentasi adalah  $10^8$ - $10^9$  (Anonim, 2007).

Proses fermentasi gum xanthan diawali dengan penyiapan inokulum. Inokulum adalah kultur mikroba yang diinokulasikan ke dalam medium fermentasi pada saat kultur mikroba tersebut berada pada fase pertumbuhan

eksponensial. Kultur *Xanthomonas campestris* mula-mula dibiakkan pada media YMA (*Yeast Malt Agar*), kemudian kultur segar dipindahkan ke dalam media YMB (*Yeast Malt Broth*), sebagai tahap propagasi yang diinkubasi selama 24 jam lalu dipindahkan ke medium propagasi selanjutnya atau medium produksi. Jumlah inokulum yang ditambahkan ke dalam medium fermentasi adalah kira-kira 5-10% (Stanbury dan Whitaker, 1984).

## 2. Substrat

Sumber karbon yang diperlukan dalam produksi gum xanthan bervariasi, antara lain maltosa, glukosa, sukrosa, dan pati. Menurut Kennedy dan Bradshaw (1984), bahwa konsentrasi glukosa 1-5% akan menghasilkan gum xanthan dengan hasil yang terbaik. Medium yang mengandung 4% glukosa atau sukrosa merupakan tingkat karbohidrat awal yang optimum untuk digunakan dalam fermentasi gum xanthan. Penggunaan hidrolisat sebagai substrat mengandung glukosa yang relatif kecil (0,3 – 1,4% b/b) dalam bentuk oligosakarida (Lloyd dan Nelson, 1984).

Pertumbuhan mikroba dan produksi gum xanthan akan terhambat bila konsentrasi glukosa 5% atau lebih. Bila konsentrasi gula awal 4,5% tidak terdapat pada fase lag pada pertumbuhan mikroba, dan setelah 24 jam pertumbuhan

mikroba akan terhenti, lalu pembentukan gum xanthan akan menurun setelah 48 jam diinokulasi. Dengan konsentrasi glukosa awal 10%, pertumbuhan sel akan terhambat dan fase lag pertumbuhan menjadi panjang, produksi xanthan akan dimulai setelah 36 jam dan akan terhenti setelah 96 jam diinokulasi (Laga, 1993).

Pembentukan gum xanthan selain sumber karbon juga dipengaruhi oleh nitrogen, sulfur, dan fosfor. Sedangkan unsur kelumit yang mempengaruhi pertumbuhan mikroba dan pembentukan produk, meliputi  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ , dan lain-lain (Gustaw *et al.*, 2003). Contoh formulasi medium dalam fermentasi gum xanthan oleh *Xanthomonas campestris* yang dikemukakan oleh Peters *et al.* (2002), yaitu glukosa 55 g/l, asam sitrat 2,31 g/l,  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  5 g/l,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  0,5 g/l,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  0,114 g/l,  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  0,163 g/l,  $\text{FeCl}_3$  1,4 mg/l,  $\text{ZnCl}_2$  6,7 mg/l,  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  12 mg/l, dan  $\text{H}_3\text{BO}_3$  6,0 mg/l. Penggunaan nitrogen dalam fermentasi dikemukakan oleh Kennedy dan Bradshaw (1984), digunakan untuk sintesis protein, diantaranya sebagai enzim yang dapat mengkatalisis pembentukan polimer. Doelle (1991), menyatakan bahwa media propagasi dan media produksi, sumber nitrogen yang baik digunakan adalah amonium sulfat sebanyak 2 g/l. Yusreni (1991), menyatakan bahwa

fermentasi gum xanthan dengan menggunakan sumber nitrogen asam glutamat pada konsentrasi 15 mM memberikan hasil yang terbaik dibandingkan dengan konsentrasi 12 mM dan 18 mM.

### 3. Suhu dan pH

Kondisi yang baik untuk menghasilkan gum xanthan (polisakarida ekstraseluler) dari *Xanthomonas campestris* adalah kondisi fermentasi aerob pada suhu 28°C. Pada fermentasi di bawah suhu 25°C dan di atas suhu 40°C tidak dihasilkan polisakarida. Pada kondisi optimal, konversi glukosa menjadi gum xanthan hampir 50% dengan waktu fermentasi 96 jam (Laga, 1993).

Suhu optimum yang diperlukan untuk *Xanthomonas campestris* adalah 28°C. Fermentasi di bawah suhu 25°C dan di atas 40°C tidak akan menghasilkan gum xanthan yang diharapkan. Selain itu, ada juga yang dilaporkan bahwa fermentasi gum xanthan dapat dilakukan pada suhu 27°-31°C (Ochoa *et al.*, 1992).

Kontrol pH selama proses fermentasi sangat dibutuhkan bila glukosa awal lebih besar dari 2%. Pada medium fermentasi dengan kandungan glukosa awal 2%, dalam waktu 48 jam pH medium akan menurun hanya sampai pH 6,0 dan hampir seluruh glukosa terkonversi. Tetapi, bila

kandungan glukosa awal 5%, setelah 48 jam pH medium akan menurun di bawah 5,0 dan kekentalan cairan mencapai 5500 Cps, sedangkan glukosa sisa 3% (Moraine dan Rogovin, 1971).

Faktor-faktor fisik kondisi proses fermentasi yang berpengaruh terhadap produksi gum xanthan, antara lain pH, suhu, aerasi, dan agitasi. Selama proses fermentasi, pH berangsur-angsur menurun karena terbentuknya asam-asam organik sebagai hasil biosintesis dan terdapatnya asam organik pada molekul gum xanthan. Kisaran pH 6,0-7,5 merupakan kisaran pH yang optimum. pH di bawah titik kritis yaitu 5,0, maka produksi gum xanthan akan menurun secara drastis atau terhenti sama sekali. Oleh karena itu, selama fermentasi dibutuhkan penambahan basa agar pH medium berada pada kisaran pH 6,0-7,5 (Glicksman, 1982).

#### 4. Pemanenan

Tahapan-tahapan yang penting dalam proses pemanenan xanthan secara komersial, meliputi (1) Deaktivasi dan pemisahan sel-sel *Xanthomonas campestris*, (2) Pengendapan polimer untuk memperoleh xanthan dalam bentuk padatan, (3) Pengurangan air, pengeringan, dan penggilingan (Kennedy dan Bradshaw, 1984).



Pemanenan xanthan menurut Kang dan Cotrali (1979) dimulai dengan pasteurisasi cairan fermentasi yang bertujuan untuk membunuh sel bakteri. Kemudian dilakukan pengendapan menggunakan isopropil alkohol. Xanthan yang diperoleh kemudian dikeringkan, digiling, dan dikemas. Pasteurisasi selama 3 menit pada suhu 98,9°C mempertinggi viskositas xanthan (Kennedy dan Bradshaw, 1984).

Gonzales *et al.* (1989) melaporkan, bahwa jenis garam dan konsentrasi etanol merupakan parameter penting yang harus diperhatikan dalam proses pengunduhan gum xanthan. Pada saat konsentrasi etanol dalam pelarut meningkat 20-40 % (w/w), kelarutan gum xanthan menurun dengan cepat dan diantara kisaran konsentrasi tersebut gum xanthan menjadi tidak larut. Endapan gum xanthan nampak seperti gel dan membengkak, keadaan ini disebabkan oleh tingginya konsentrasi gum xanthan.

### **2.3. Bakteri *Xanthomonas campestris***

Bakteri *Xanthomonas campestris* merupakan jenis mikroba penghasil xanthan yang memiliki ciri-ciri, seperti berbentuk batang, polar, monotrik, heterotropik, aerobik (beberapa galur anaerob fakultatif), gram negatif, membentuk koloni berwarna kuning (Pettitt, 1982).

Menurut Buchanan *et al.* (1975), bakteri *Xanthomonas campestris* tergolong dalam :

- Divisi : Bacteria
- Kelas : Schizomycetes
- Ordo : Pseudomonadales
- Famili : Pseudomonadaceae
- Genus : *Xanthomonas*
- Species : *Xanthomonas campestris*

*Xanthomonas campestris* adalah bakteri gram negatif, aerob, berbentuk batang (0,4-0,7 x 0,7-1,8  $\mu\text{m}$ ), berflagella tunggal dengan suhu optimal pertumbuhan 28°C (Schaad, 1988). Bakteri ini merupakan chemoorganotroph. Warna (pigmentasi) koloni *Xanthomonas campestris* bersifat unik, yaitu kuning, licin, mengkilat, konveks, dan mukoid (berlendir). Pigmen ini mengandung xantomonadin. Karena sifat koloni yang unik, maka sifat ini dimasukkan ke dalam perincian *Xanthomonas campestris* yang penting diperhatikan. Bakteri ini dapat menghasilkan gum xanthan bila ditumbuhkan pada medium dengan substrat utama glukosa.

*Xanthomonas campestris* sebagai penghasil gum xanthan yang paling potensial mempunyai sifat yang tidak stabil. Mutasi spontan sangat mudah terjadi yang menyebabkan perubahan informasi genetik di dalam sel. Kondisi ini menyebabkan penggunaan kultur mikroba ini stabilitasnya perlu dijaga, baik selama

penyimpanan kultur yang dilakukan dengan pengawetan dalam bentuk agar miring atau dibuat dalam bentuk liofilisasi, maupun dalam proses fermentasi dengan mempertahankan kondisi yang optimal (Laga, 1993).

Pencirian bakteri *Xanthomonas campestris* masih sulit dilakukan, namun secara fitopatologi praktisnya pitovar dicirikan melalui sifat keunikan luka yang ditimbulkannya pada tanaman inang yang diserang (Vaurterin *et al.*, 1991). *Xanthomonas campestris* menyerang tanaman kubis dengan bentuk luka berbentuk huruf V dari arah stomata daun. Warna luka yang ditimbulkan berwarna coklat kekuningan (Ramirez *et al.*, 1988).

*Xanthomonas campestris* yang ditumbuhkan dalam agar cawan yang mengandung nutrien agar secara berulang-ulang, akan terjadi perubahan bentuk koloni dari yang normal menjadi lebih kecil. Jika diinkubasi pada medium YMA (*Yeast Malt Agar*) pada suhu 25°C selama 48 jam, maka akan timbul jenis koloni yang besar (L) dengan diameter koloni 4 mm, koloni yang sedang (Sm) dengan diameter koloni sepanjang 2 mm, dan koloni kecil (S) dengan diameter koloni sekitar 1 mm. Koloni yang besar berwarna kuning terang, koloni yang sedang dan koloni yang kecil berwarna kuning gelap. Koloni yang kecil akan menghasilkan polisakarida yang rendah jika digunakan, karena kandungan asam piruvat dalam polisakarida rendah (Kidby *et al.*, 1977).

## 2.4. Jumlah Koloni

Menghitung total bakteri dengan metode hitungan cawan digunakan NA (*Nutrient Agar*). NA adalah suatu medium yang mengandung sumber nitrogen dalam jumlah cukup, yaitu 0,3% ekstrak sapi dan 0,5% pepton, tetapi tidak mengandung sumber karbohidrat. Oleh karena itu, baik untuk pertumbuhan bakteri tetapi kapang dan khamir tidak dapat tumbuh dengan baik (Dwidjoseputro, 1998).

Perhitungan jumlah mikroba dapat dilakukan dengan tiga cara, yaitu metode MPN (*Most Probable Number*), metode hitung cawan, serta metode tidak langsung. Metode hitung cawan menggunakan sel medium padat, dan merupakan sel yang masih hidup dan dihitung serta dapat digunakan untuk isolasi dan identifikasi sel jasad renik, sebab koloni yang terbentuk mungkin berasal dari suatu jasad renik yang mempunyai suatu penampakan pertumbuhan spesifik, kelemahan dari metode hitung ini adalah hasil perhitungan tidak menunjukkan jumlah yang sebenarnya sebagai akibat beberapa sel yang berdekatan berbentuk koloni (Fardiaz, 1992).

Metode untuk memperoleh biakan murni dari suatu biakan campuran yang paling sering digunakan ada dua, yaitu teknik cawan gores dan cawan tuang. Kedua metode ini didasarkan pada prinsip yang sama, yaitu mengencerkan organisme sedemikian rupa sehingga individu spesies dapat dipisahkan dari yang lainnya,

dengan anggapan bahwa setiap koloni terpisah yang tampak pada cawan petri setelah inkubasi berasal dari satu sel tunggal. Metode hitungan cawan (*Standar Plate Count*) didasarkan pada anggapan bahwa setiap sel yang dapat hidup akan berkembang menjadi satu koloni. Jadi, jumlah koloni yang muncul pada cawan merupakan suatu indeks bagi jumlah organisme yang dapat hidup yang terkandung di dalam sampel. Setelah inkubasi, jumlah koloni cawan diamati. Untuk memenuhi persyaratan statistik, cawan yang dipilih untuk perhitungan koloni adalah yang mengandung antara 30 sampai 300 koloni (Hadioetomo, 1993).

## 2.5. Fermentor Berpengaduk

Umumnya dalam proses fermentasi aerobik digunakan fermentor yang diaduk secara mekanik dan dilengkapi dengan sistem aerasi, agitasi, dan baffle. Keuntungan-keuntungan yang diperoleh adalah memudahkan pengontrolan terhadap kecepatan aerasi dan tingkat pengadukan untuk mensuplai oksigen bagi kebutuhan mikroorganisme, serta untuk mempertahankan homogenitas dan mempercepat penyebaran nutrisi serta mikroba dalam kultur. Disamping itu, dapat mengendalikan transfer panas dan massa dengan baik (Stanburry dan Whitaker, 1984).

Peningkatan viskositas cairan fermentasi dikemukakan oleh Kennedy dan Bradshaw (1984), dapat menyebabkan terbatasnya pemindahan oksigen, selanjutnya dapat mempengaruhi mutu dan perolehan xanthan.

Aerasi dan agitasi sangat penting dalam proses fermentasi. Efektivitas aerasi dan agitasi sangat terpengaruh oleh nilai koefisien transfer masa, sedangkan nilai koefisien transfer masa dipengaruhi oleh kecepatan aliran udara, derajat agitasi, sifat rheologi medium dan kultur, dan biomassa mikroba. Produk mikroba mempengaruhi efisiensi aerasi, sedangkan busa dan anti busa mempengaruhi transfer oksigen (Stanburry dan Whitaker, 1984).

### III. METODE PENELITIAN

#### 3.1. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari sampai Mei 2007, di Laboratorium Mikrobiologi dan Bioteknologi Pangan, Jurusan Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin, Makassar.

#### 3.2. Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah substrat hidrolisat tapioka dengan derajat hidrolisis (DH) 20%, kultur bakteri *Xanthomonas campestris*, media YMA (*Yeast Malt Agar*), media NA (*Nutrient Agar*), ekstrak khamir, ekstrak malt, pepton, glukosa,  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ ,  $KH_2PO_4$ , asam sitrat,  $(NH_4)_2SO_4$ ,  $Na_2CO_3$ , asam glutamat,  $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ ,  $CaCl_2$ ,  $H_3BO_4$ , asam 3,5-dinitrosalisilat, NaOH, NaK-Tartrat, Pb asetat, PbO, Na-metabisulfit, fenol, HCl, KCl, NaCl, kertas saring, aluminium foil, kapas, aquadest, spiritus, dan alkohol 96%.

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah tabung reaksi, cawan petri, rak tabung, gegep, laminar flow, jarum ose, inkubator, timbangan analitik, penangas, oven, erlenmeyer 125 ml, erlenmeyer 250 ml, erlenmeyer 500 ml, erlenmeyer 1000 ml, gelas piala 100 ml, gelas piala 1000 ml, pipet tetes 1 ml, pipet volume 10 ml, pipet volume 1 ml, batang pengaduk, pH meter,

desikator, fermentor berpengaduk, viskosimeter Brookfield LV, spektrofotometer, autoklaf AS 1020G, autoklaf Dixons DSV030T, termometer, sentrifuge, shaker inkubator, dan tanur.

### 3.3. Metode Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dalam dua tahapan, yaitu tahap pertama penentuan umur starter yang optimal dan tahap kedua penentuan kecepatan pengadukan yang optimal pada penggunaan fermentor berpengaduk dalam menghasilkan gum xanthan.

#### 1. Penentuan Umur Starter yang Optimal

Penentuan umur starter (US) yang optimal dalam menghasilkan gum xanthan dengan menggunakan glukosa sebanyak 1,5% (Laga, 1993). Pengambilan sampel dilakukan setiap selang waktu 12 jam :

US 1 : 12 jam

US 2 : 24 jam

US 3 : 36 jam

US 4 : 48 jam

Kemudian dilanjutkan pada medium fermentasi dengan lama fermentasi 96 jam (Darmawati, 2007) dan menggunakan substrat hidrolisat tapioka dengan derajat hidrolisis (DH) 20% (Lyod dan Nelson, 1984) sebanyak 6% (b/v) (Darmawati, 2007).



## 2. Penentuan Kecepatan Pengadukan yang Optimal

Penentuan kecepatan pengadukan (KP) yang optimal pada penggunaan fermentor berpengaduk dalam menghasilkan gum xanthan pada penggunaan substrat hidrolisat tapioka sebanyak 12% (b/v) (Darmawati, 2007) dengan lama fermentasi 96 jam. Kecepatan pengadukan yang digunakan adalah :

KP 1 : 100 rpm

KP 2 : 200 rpm

KP 3 : 300 rpm

KP 4 : 400 rpm



### 3.4. Parameter Pengamatan

Parameter pengamatan yang dilakukan pada perlakuan umur starter adalah jumlah koloni, biomassa, kadar gula pereduksi, gum xanthan, dan viskositas. Parameter pengamatan yang dilakukan untuk perlakuan kecepatan pengadukan pada penggunaan fermentor berpengaduk adalah biomassa, kadar gula pereduksi, gum xanthan, viskositas, dan karakterisasi produk gum xanthan.

#### a. Jumlah Koloni

$$\text{Jumlah koloni/ml} = \text{Jumlah koloni/cawan} \times \frac{1}{\text{Faktor pengenceran}}$$

b. Biomassa

Cairan fermentasi sebanyak 1,5 mL disentrifugasi dengan kecepatan 7000 rpm selama 30 menit. Endapan yang diperoleh lalu dikeringkan pada suhu 50-60°C selama 24 jam, kemudian ditimbang.

c. Kadar Gula Pereduksi (Metode DNS)

1. Pereaksi DNS

Dilarutkan 10,6 gram asam 3,5-dinitrosalisilat dan 19,8 gram NaOH ke dalam 1416 mL air. Kemudian ditambahkan ke dalam larutan tersebut 306 gram NaK-Tartrat, 7,6 mL fenol yang telah dicairkan pada suhu 50°C, dan 8,3 Na-metabisulfit. Campur merata.

2. Sebanyak 1 ml sampel dimasukkan ke dalam tabung reaksi, kemudian ditambahkan 3 ml pereaksi DNS. Ditempatkan dalam air mendidih selama 5 menit, kemudian dibiarkan dingin sampai suhu ruang. Diencerkan sampel pada kisaran 20-80% T pada panjang gelombang 550 nm. Dibuat kurva standar dengan menggunakan larutan glukosa standar dengan kisaran 0,2 - 5 mg/ml.

d. Gum Xanthan

Sebanyak 5 ml cairan fermentasi dilarutkan dengan aquadest 1 : 5, kemudian disentrifugasi selama 30 menit dengan kecepatan 4000 rpm. Pengendapan dilakukan dengan

menambahkan pelarut etanol sebanyak 2 kali volume. Endapan dipisahkan, kemudian dikeringkan dengan oven 50°-60°C selama 2 jam, lalu ditimbang.

e. Viskositas (Metode Brookfield)

Pengukuran viskositas dilakukan dengan menggunakan alat viskosimeter Brookfield LV. Sebanyak 30 ml cairan fermentasi dimasukkan ke dalam tabung dan ditempatkan pada spindel rotasi yang sesuai dengan kecepatan 30 rpm selama 2 menit pada suhu 28°C.

f. Karakterisasi Produk Gum Xanthan

Produk gum xanthan yang diperoleh kemudian dihaluskan dan dianalisis sifat fisiko kimianya, lalu dibandingkan dengan gum xanthan komersial.

### 3.5. Pengolahan Data

Pengolahan data yang diperoleh dilakukan dengan metode Rancangan Acak Lengkap (RAL) satu variabel untuk perlakuan umur starter dengan dua kali ulangan, kemudian disusun dan diolah dengan menggunakan teknis analisis sidik ragam, apabila hasilnya berbeda nyata maka akan dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Jujur (BNJ).

### 3.6. Prosedur Penelitian

#### a. Proses Persiapan Bahan Hidrolisat

##### 1. Ekstraksi pati ubi kayu

Ubi kayu dibersihkan dari kotoran dan tanah dengan cara dicuci dan disikat, kemudian dihancurkan dengan menggunakan blender. Hasil yang sudah diblender kemudian ditambahkan air dengan perbandingan air dan ubi kayu 5 : 1. Pemasakan dilakukan dengan menggunakan saringan kain secara manual. Hasil saringan didiamkan selama  $\pm$  2 jam untuk memisahkan patinya. Pati yang telah dipisahkan dari air, kemudian dikeringkan dengan alat pengering pada suhu 50°C selama 8 jam. Untuk tahap akhir, pati dihaluskan dengan cara digiling lalu disaring dengan menggunakan saringan ukuran 80 mesh.

2. Pati yang sudah dihaluskan kemudian diukur kadar airnya.

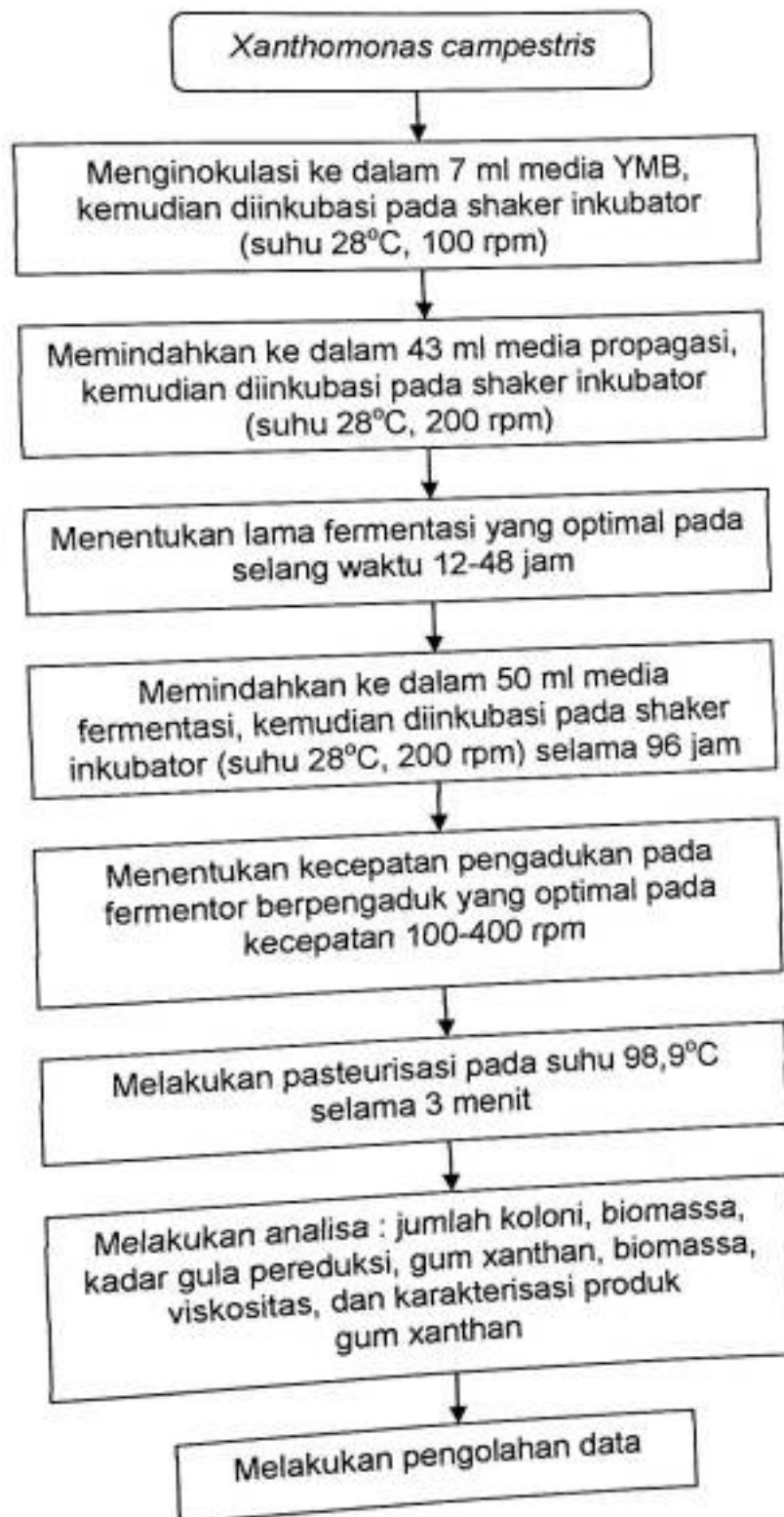
3. Pembuatan hidrolisat pati tapioka untuk mendapatkan derajat hidrolisis 20%. Pati yang sudah diketahui kadar airnya, kemudian ditimbang sebanyak 40% dari berat keringnya untuk diencerkan, kemudian mengatur pH sampai 5,5. Ditambahkan ion kalsium 12 ppm dan enzim  $\alpha$ -amilase 0,2% (b/b). Kemudian dipanaskan sampai suhu 75°C, lalu diturunkan hingga suhu 70°C dan dipertahankan selama 130 menit.

b. Proses Produksi Gum Xanthan

1. Melakukan peremajaan kultur *Xanthomonas campestris* dari cawan petri ke agar miring.
2. Kultur diinokulasi ke dalam tabung reaksi yang berisi medium YMB sebanyak 7 ml dan diinkubasi pada shaker inkubator dengan kecepatan 100 rpm selama 24 jam pada suhu kamar.
3. Kultur dari YMB sebagai starter dipindahkan ke dalam erlenmeyer yang berisi media propagasi sebanyak 43 ml, kemudian diinkubasi pada shaker inkubator dengan kecepatan 200 rpm pada suhu kamar.
4. Penentuan lama fermentasi yang optimal ditentukan pada selang waktu 12-48 jam.
5. Media propagasi dipindahkan ke dalam erlenmeyer yang berisi media fermentasi sebanyak 50 ml, lalu diinkubasi pada shaker inkubator pada suhu kamar selama 96 jam.
6. Perhitungan jumlah koloni pada pengenceran  $10^{-7}$ ,  $10^{-8}$ , dan  $10^{-9}$  dengan menggunakan metode hitungan cawan (*Standar Plate Count*).
7. Penentuan kecepatan pengadukan yang optimal dengan menggunakan fermentor berpengaduk dalam menghasilkan gum xanthan pada konsentrasi substrat 12% (b/v) untuk perlakuan 100, 200, 300, dan 400 rpm.

8. Pemanenan dengan melakukan pasteurisasi terlebih dahulu pada suhu  $98,9^{\circ}\text{C}$  selama 3 menit.
9. Dilakukan pengamatan terhadap biomassa, kadar gula pereduksi, gum xanthan, viskositas, dan karakterisasi produk gum xanthan.
10. Pengolahan data dilakukan dengan metode rancangan acak lengkap (RAL) dengan dua kali ulangan untuk perlakuan umur starter.

Secara skematis produksi gum xanthan dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alir Proses Produksi Gum Xanthan

## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Penentuan Umur Starter yang Optimal

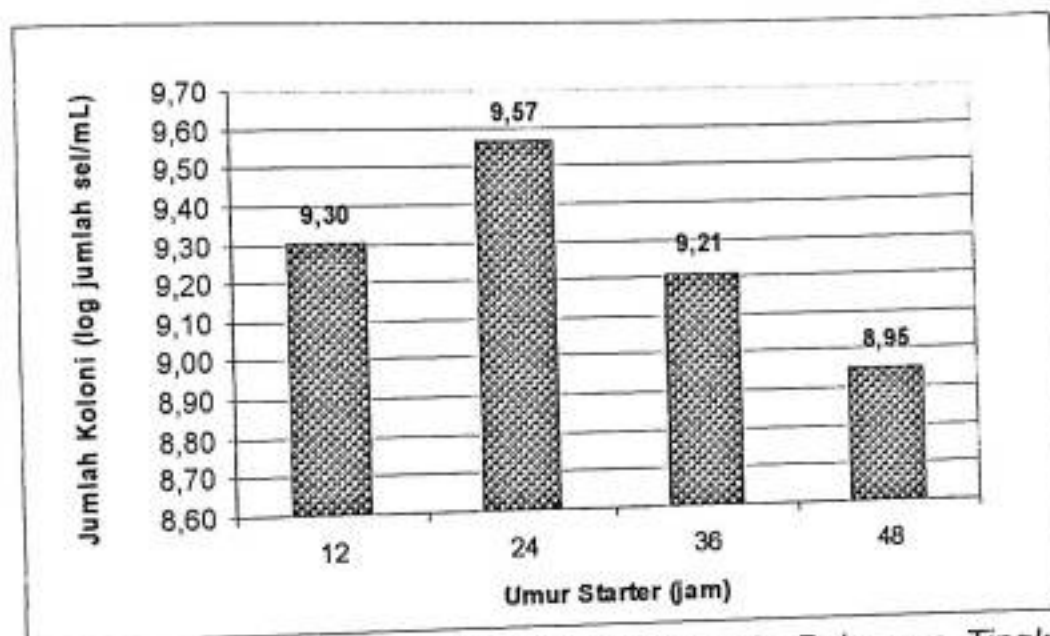
Penentuan umur starter yang optimal dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui umur starter yang optimal dalam menghasilkan gum xanthan. Umur starter yang digunakan pada selang waktu 12 sampai 48 jam dengan melakukan pengambilan sampel setiap 12 jam. Kemudian dilanjutkan pada medium fermentasi dengan lama fermentasi 96 jam. Parameter pengamatan yang dilakukan untuk medium starter adalah jumlah koloni, sedangkan untuk medium fermentasi, yaitu biomassa, kadar gula pereduksi, gum xanthan, dan viskositas. Hasil yang terbaik dari umur starter pada tahap pertama ini menjadi acuan untuk tahap kedua.

#### a. Jumlah Koloni

Mikroba merupakan bagian yang penting dalam proses fermentasi, karena dapat menentukan berhasil tidaknya suatu proses fermentasi tersebut. Perhitungan jumlah koloni dilakukan untuk mengetahui jumlah sel awal yang akan bekerja pada proses fermentasi. Hasil perhitungan jumlah koloni yang tertinggi terdapat pada perlakuan umur starter 24 jam, yaitu 9,57 log jumlah sel/ml dan jumlah koloni yang terendah terdapat pada perlakuan umur starter 48 jam, yaitu 8,95 log jumlah sel/ml (Gambar 3).



Hasil analisa sidik ragam menunjukkan bahwa pengaruh umur starter terhadap perhitungan jumlah koloni berpengaruh tidak nyata.



Gambar 3. Perhitungan Jumlah Koloni pada Beberapa Tingkat Umur Starter

Jumlah koloni pada perlakuan umur starter 12 jam lebih rendah dibandingkan dengan umur starter 24 jam. Hal ini dapat disebabkan karena jumlah mikroba awal yang berasal dari media *Yeast Malt Broth* (YMB) diperkirakan masih rendah. Setelah memasuki medium propagasi (medium starter), mikroba mengalami fase adaptasi pada perlakuan umur starter 12 jam. Fardiaz (1992), menyatakan bahwa pada fase adaptasi belum terjadi pembelahan sel, hal ini dapat disebabkan karena beberapa enzim mungkin belum disintesis. Jumlah sel yang ada pada fase ini mungkin tetap, tetapi kadang-kadang menurun. Lamanya fase ini bervariasi dapat cepat atau lambat,

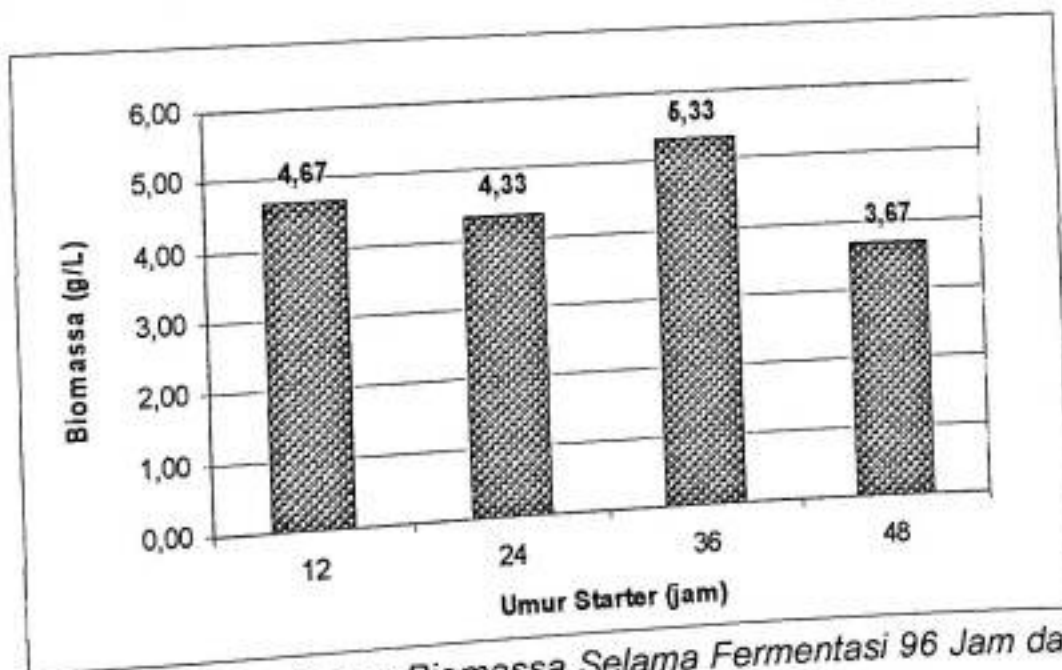
tergantung dari kecepatan penyesuaian dengan lingkungan sekitarnya. Medium dan lingkungan pertumbuhan mempengaruhi fase adaptasi. Jika nutrisi yang tersedia dan kondisi lingkungan yang baru sangat berbeda dengan yang sebelumnya, diperlukan waktu penyesuaian untuk mensintesis enzim-enzim yang dibutuhkan untuk metabolisme.

Jumlah koloni pada perlakuan umur starter 24 jam mengalami peningkatan jumlah koloni karena telah mengalami fase eksponensial, sedangkan pada perlakuan umur starter 36 jam telah memasuki akhir fase eksponensial, dan pada perlakuan umur starter 48 jam telah memasuki fase pertumbuhan lambat menuju fase kematian, karena ketersediaan nutrisi di dalam medium starter yang semakin terbatas. Fardiaz (1992), menyatakan bahwa pada fase pertumbuhan logaritmik (eksponensial) sel mikroba membelah dengan cepat dan konstan. Hal ini sangat dipengaruhi oleh medium tempat tumbuhnya, seperti pH dan kandungan nutrisi, juga kondisi lingkungan termasuk suhu dan kelembaban udara. Pada fase pertumbuhan lambat menuju fase kematian jumlah sel mengalami penurunan, disebabkan oleh zat nutrisi dalam medium sudah sangat berkurang dan adanya hasil-hasil metabolisme yang mungkin beracun atau dapat menghambat pertumbuhan mikroba.

## b. Biomassa

Hasil perolehan biomassa yang tertinggi terdapat pada perlakuan umur starter 36 jam, yaitu 5,33 g/l dan biomassa yang terendah terdapat pada perlakuan umur starter 48 jam, yaitu 3,67 g/l (Gambar 4).

Hasil analisa sidik ragam menunjukkan bahwa pengaruh perlakuan umur starter terhadap biomassa berpengaruh nyata. Hasil uji lanjutan BNJ menunjukkan bahwa perlakuan umur starter 36 jam berbeda nyata dengan perlakuan umur starter 48 jam dan berbeda tidak nyata dengan perlakuan lainnya.



Gambar 4. Perolehan Biomassa Selama Fermentasi 96 Jam dari Pengaruh Perlakuan Umur Starter

Biomassa pada perlakuan umur starter 36 jam lebih tinggi dibandingkan dengan umur starter 12, 24, dan 48 jam. Pada perlakuan umur starter 12 jam, mikroba memasuki fase adaptasi yang berasal dari medium propagasi. Sedangkan pada perlakuan

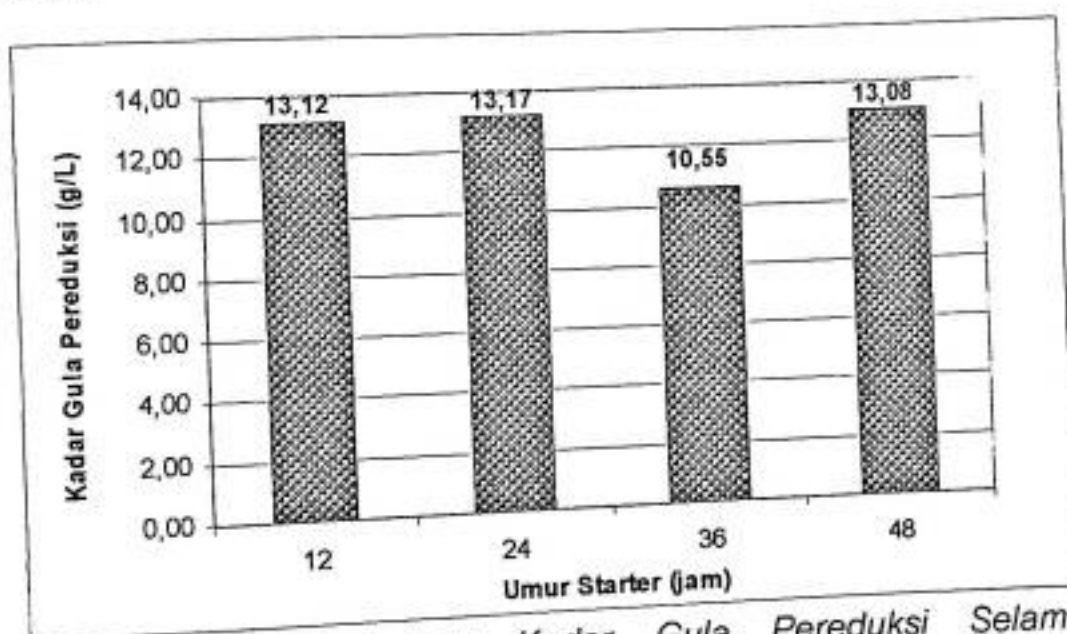
umur starter 24 jam mengalami penurunan biomassa yang dapat disebabkan oleh adanya seleksi sel. Peningkatan biomassa yang terjadi pada perlakuan umur starter 36 jam dapat disebabkan karena adanya produksi sel setelah memasuki tahap seleksi sel (fase eksponensial), dimana sel yang diproduksi merupakan sel yang telah beradaptasi dengan medium fermentasi yang tahan terhadap kondisi nutrien yang minimal. Penurunan biomassa pada perlakuan umur starter 48 jam dapat disebabkan karena mikroba telah menuju fase kematian yang disebabkan oleh kondisi nutrien semakin berkurang. Pernyataan Laga (1993), bahwa sifat fisiologis mikroba dalam sistem fermentasi terlebih dahulu mengalami proses adaptasi terhadap medium baru. Setelah memasuki akhir fase eksponensial dan fase stasioner, mikroba akan mengalami perubahan sifat fisiologis dalam memanfaatkan nutrien yang minimal untuk mempertahankan pertumbuhannya.

### c. Kadar Gula Pereduksi

Mikroba membutuhkan substrat dalam proses metabolismenya. Sumber karbon berupa glukosa maupun oligosakarida dibutuhkan bakteri *Xanthomonas campestris* dalam proses produksi gum xanthan yang dapat diketahui dengan pengukuran kadar gula pereduksi. Hasil analisa menunjukkan bahwa kadar gula pereduksi tertinggi terdapat pada perlakuan

umur starter 24 jam, yaitu 13,17 g/l dan kadar gula pereduksi yang terendah terdapat pada perlakuan umur starter 36 jam, yaitu 10,55 g/l.

Hasil analisa sidik ragam menunjukkan bahwa pengaruh umur starter terhadap kadar gula pereduksi berpengaruh tidak nyata.



Gambar 5. Perubahan Kadar Gula Pereduksi Selama Fermentasi 96 Jam dari Pengaruh Perlakuan Umur Starter

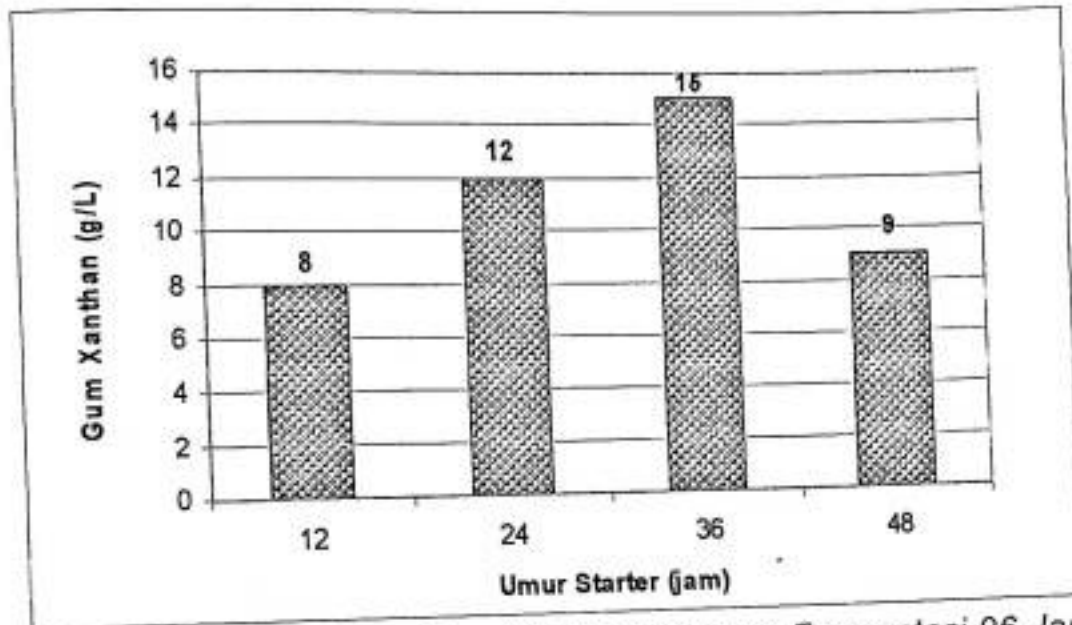
Perubahan kadar gula pereduksi selama fermentasi pada perlakuan umur starter menunjukkan pola yang stabil. Tingginya kadar gula pereduksi pada perlakuan umur starter 12 dan 24 jam dapat disebabkan karena penggunaan substrat oleh mikroba masih relatif kecil, dalam hal ini mikroba masih dalam proses adaptasi. Penurunan kadar gula pereduksi yang terjadi pada perlakuan umur starter 36 jam dapat disebabkan karena penggunaan substrat yang dikonsentrasikan pada pembentukan

gum xanthan (Gambar 6) dan pembentukan biomassa (Gambar 4). Pada perlakuan umur starter 48 jam mengalami peningkatan kadar gula pereduksi yang dapat disebabkan oleh berkurangnya jumlah biomassa (Gambar 4), dimana mikroba telah memasuki fase kematian, sehingga pembentukan gum xanthan juga berkurang (Gambar 6), yang mengakibatkan pemanfaatan substrat berkurang. Wiryasasmita (1993), menyatakan bahwa tingginya kadar glukosa tersisa pada proses fermentasi produksi gum xanthan menunjukkan, bahwa isolat kurang mampu memanfaatkan glukosa sebagai sumber karbon.

#### d. Gum Xanthan

Produksi gum xanthan yang tertinggi pada perlakuan umur starter 36 jam, yaitu 15 g/l, dan yang terendah pada perlakuan umur starter 12 jam, yaitu 8 g/l. Produksi gum xanthan dalam hal ini dipengaruhi oleh jumlah koloni sebagai starter, biomassa, dan substrat.

Hasil analisa sidik ragam menunjukkan bahwa pengaruh perlakuan umur starter terhadap produksi gum xanthan berpengaruh tidak nyata.



Gambar 6. Perolehan Gum Xanthan Selama Fermentasi 96 Jam dari Pengaruh Perlakuan Umur Starter

Hasil perolehan gum xanthan menunjukkan bahwa adanya peningkatan perolehan gum xanthan dari perlakuan umur starter 12 jam, yaitu 8 g/l meningkat menjadi 12 g/l pada perlakuan umur starter 24 jam. Rendahnya perolehan gum xanthan pada perlakuan umur starter 12 jam dapat disebabkan oleh ketersediaan substrat dan nutrien yang masih banyak karena pemanfaatannya masih kurang. Pada perlakuan umur starter 24 jam mulai mengalami peningkatan perolehan gum xanthan meskipun kadar gula pereduksi masih tinggi (Gambar 5) dan perolehan biomassa yang menurun (Gambar 4), hal ini dapat disebabkan karena mikroba masih kekurangan energi dalam memproduksi gum xanthan. Tingginya perolehan gum xanthan pada perlakuan umur starter 36 jam dengan perolehan biomassa yang tinggi pula dan kadar gula pereduksi yang

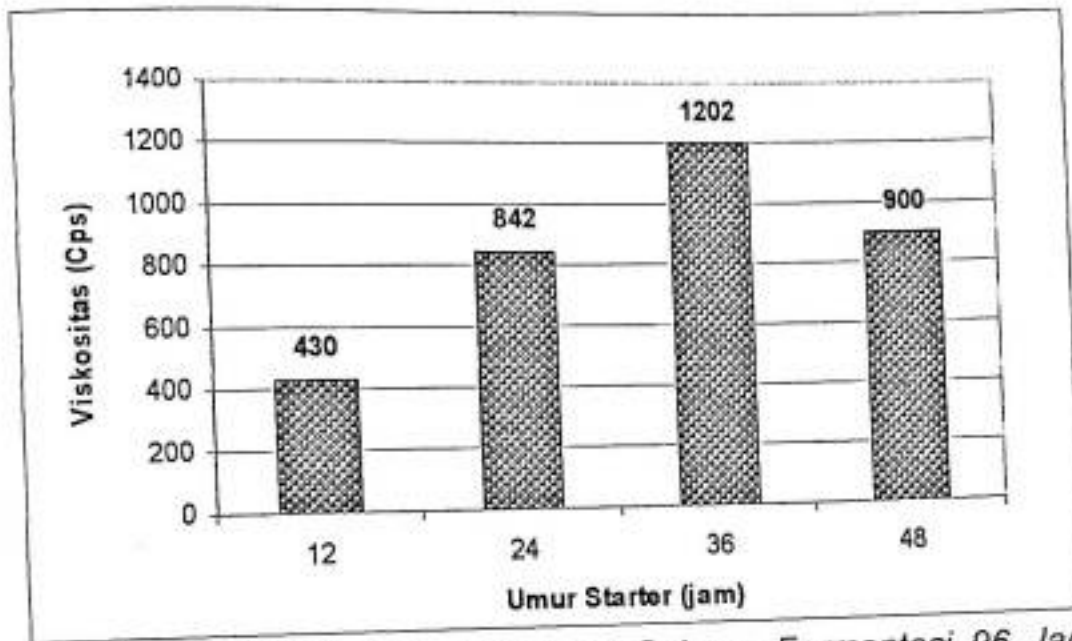
rendah dapat disebabkan karena pemanfaatan substrat dan nutrien sudah optimal. Penurunan perolehan gum xanthan pada perlakuan 48 jam dapat disebabkan karena pemanfaatan substrat dan nutrien sudah berkurang yang diakibatkan oleh mikroba yang berasal dari medium propagasi telah memasuki fase kematian, hal ini dapat dilihat pada perolehan biomassa yang rendah (Gambar 4) dan kadar gula pereduksi yang tinggi (Gambar 5) pada perlakuan 48 jam. Pernyataan Wiryasasmita (1993), bahwa proses dan kondisi propagasi sel inokulum akan menentukan karakter dari inokulum. Hal ini merupakan faktor yang juga berpengaruh terhadap produksi gum xanthan.

#### e. Viskositas

Viskositas merupakan faktor yang perlu diperhatikan dalam produksi gum xanthan dan berhubungan dengan perolehan gum xanthan. Hasil pengukuran viskositas tertinggi terdapat pada perlakuan umur starter 36 jam, yaitu 1202 Cps, sedangkan viskositas terendah terdapat pada perlakuan umur starter 12 jam, yaitu 430 Cps (Gambar 7).

Hasil analisa sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan umur starter dengan hasil pengukuran viskositas berpengaruh tidak nyata.





Gambar 7. Perubahan Viskositas Selama Fermentasi 96 Jam dari Pengaruh Perlakuan Umur Starter

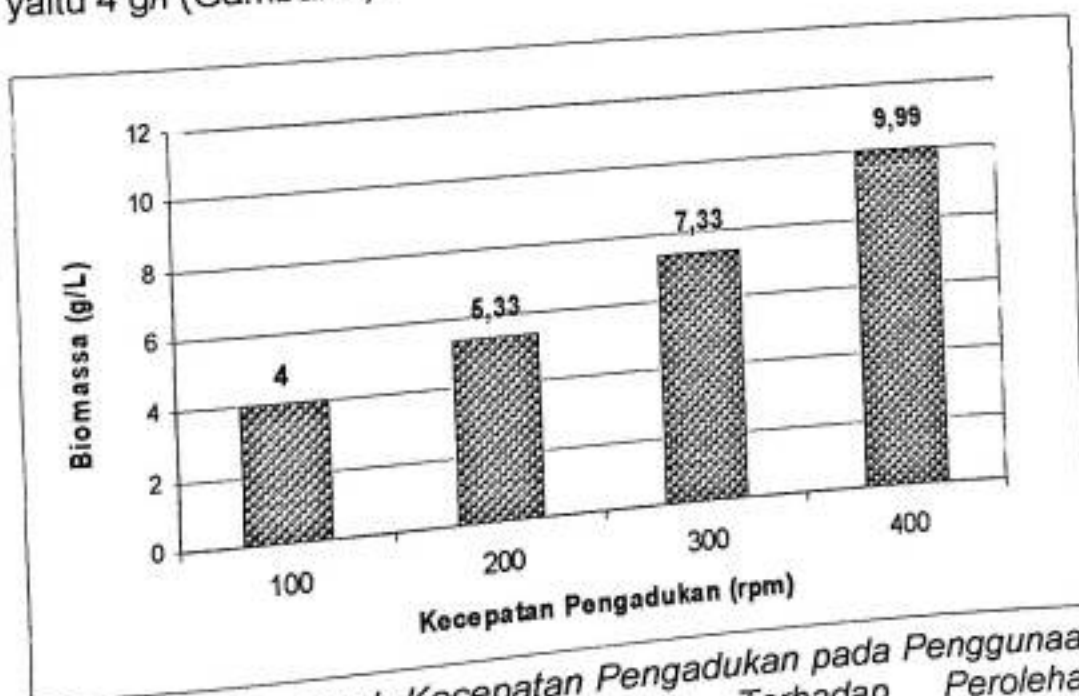
Hasil pengukuran viskositas berhubungan dengan hasil perolehan gum xanthan (Gambar 6). Tingginya hasil pengukuran viskositas pada perlakuan umur starter 36 jam, yaitu 1202 Cps, selain dipengaruhi oleh perolehan gum xanthan yang tinggi, juga dipengaruhi oleh bobot molekul yang tinggi dan unit polimer yang banyak dari gum xanthan. Pernyataan Wiryasamita (1993), bahwa senyawa gum xanthan dengan bobot molekul rendah mempunyai unit-unit polimer yang sedikit, hal ini akan mengakibatkan sifat kekentalan gum xanthan semakin rendah. Lobas *et al.* (1991), juga menyatakan bahwa kualitas gum xanthan ditentukan oleh bobot molekulnya, semakin tinggi bobot molekul gum xanthan, maka semakin tinggi pula kekentalan cairan fermentasi yang dihasilkan.

#### 4.2. Penentuan Kecepatan Pengadukan yang Optimal

Penentuan kecepatan pengadukan yang optimal dilakukan untuk mengetahui kecepatan pengadukan yang optimal pada penggunaan fermentor berpengaduk dalam menghasilkan gum xanthan. Parameter pengamatan yang dilakukan, yaitu biomassa, kadar gula pereduksi, gum xanthan, viskositas, dan karakterisasi produk gum xanthan. Lama fermentasi yang digunakan adalah 96 jam.

##### a. Biomassa

Biomassa tertinggi terdapat pada perlakuan kecepatan pengadukan 400 rpm, yaitu 9,99 g/l. Biomassa yang terendah terdapat pada perlakuan kecepatan pengadukan 100 rpm, yaitu 4 g/l (Gambar 8).

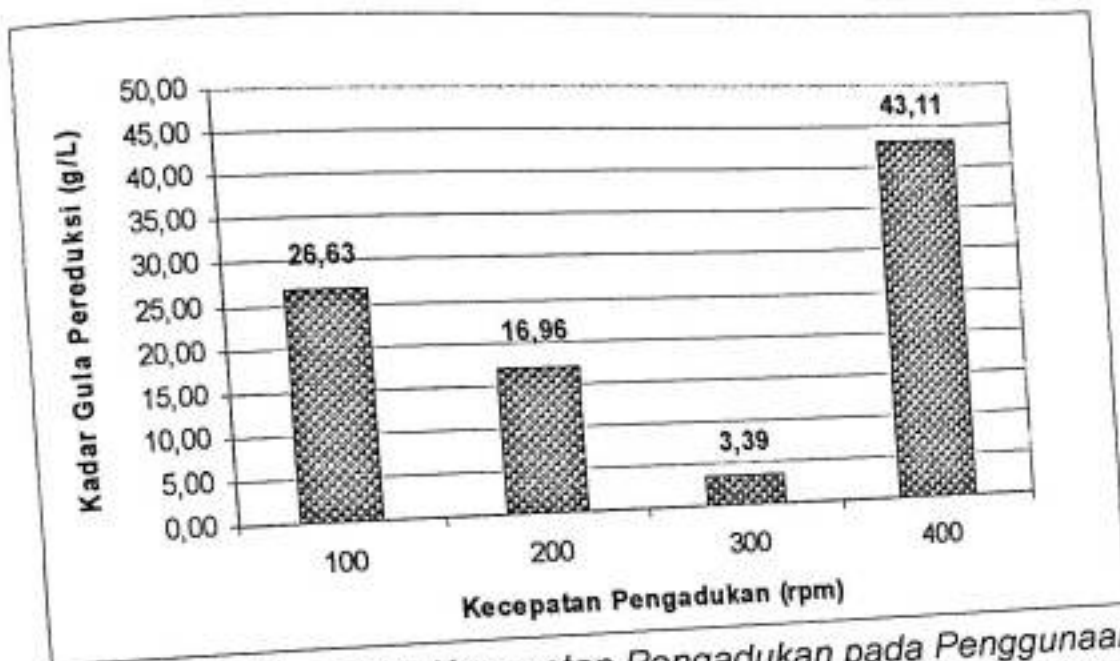


Gambar 8. Pengaruh Kecepatan Pengadukan pada Penggunaan Fermentor Berpengaduk Terhadap Perolehan Biomassa

Biomassa yang diperoleh menunjukkan bahwa semakin tinggi kecepatan pengadukan, maka biomassa yang diperoleh juga semakin meningkat. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 8. Keadaan yang demikian dapat dipengaruhi oleh kecepatan pengadukan pada fermentor yang dapat mempengaruhi pemecahan gelembung udara, agar dapat menjadi oksigen terlarut. Lobas *et al.* (1991), melaporkan bahwa oksigen dalam bentuk oksigen terlarut selama proses fermentasi gum xanthan berlangsung, sebaiknya dipertahankan selama kondisi yang optimal sesuai dengan kebutuhan bakteri *Xanthomonas campestris*, karena hal ini akan berpengaruh langsung terhadap laju pertumbuhannya. Wiryasasmita (1993), juga menyatakan bahwa sparger dalam proses fermentasi mampu memecah gelembung udara yang dipompakan ke dalam. Keberadaan sparger dalam hal ini dapat meningkatkan jumlah oksigen terlarut dalam proses fermentasi, sehingga pertumbuhan bakteri dan produksi gum xanthan tercapai optimal.

#### **b. Kadar Gula Pereduksi**

Hasil analisa kadar gula pereduksi tertinggi terdapat pada perlakuan kecepatan pengadukan 400 rpm, yaitu 43,11 g/l dan kadar gula pereduksi terendah terdapat pada perlakuan kecepatan pengadukan 300 rpm, yaitu 3,39 g/l (Gambar 9).

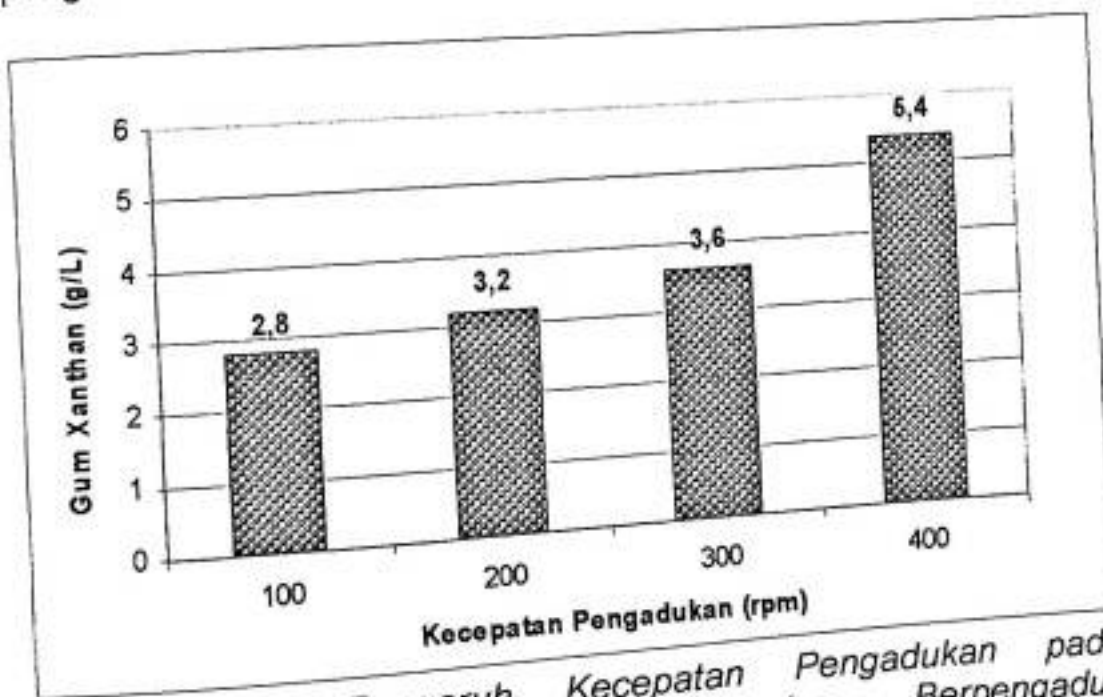


Gambar 9. Pengaruh Kecepatan Pengadukan pada Penggunaan Fermentor Berpengaduk Terhadap Perolehan Kadar Gula Pereduksi

Kadar gula pereduksi yang diperoleh jika dihubungkan dengan perolehan biomassa (Gambar 8) dan perolehan gum xanthan (Gambar 10), menunjukkan bahwa terjadi penurunan kadar gula pereduksi pada kecepatan pengadukan 100 rpm hingga 300 rpm, tetapi terjadi peningkatan kadar gula pereduksi pada kecepatan 400 rpm. Sedangkan pada perolehan biomassa dan gum xanthan terjadi peningkatan. Fenomena ini disebabkan karena kecepatan pengadukan yang mempengaruhi homogenitas campuran mikroba dan media. Hal tersebut dinyatakan oleh Stanbury dan Whitaker (1984), bahwa fermentor dengan sistem beragitasi ditujukan untuk mempertahankan homogenitas campuran media dan biakan mikroba. Disamping itu dapat mengendalikan transfer panas dan massa dengan baik.

## 2. Gum Xanthan

Produksi gum xanthan menunjukkan bahwa semakin tinggi kecepatan pengadukan, maka kecenderungan gum xanthan yang dihasilkan juga semakin tinggi. Produksi gum xanthan tertinggi terdapat pada perlakuan kecepatan pengadukan 400 rpm, yaitu 5,4 g/l dan produksi gum xanthan yang terendah terdapat pada perlakuan kecepatan pengadukan 100 rpm, yaitu 2,8 g/l (Gambar 10).



Gambar 10. Pengaruh Kecepatan Pengadukan pada Penggunaan Fermentor Berpengaduk Terhadap Perolehan Gum Xanthan

Kecepatan pengadukan berpengaruh terhadap produksi gum xanthan berdasarkan hasil yang telah diperoleh. Hasil pelaporan Peters *et al.* (1989), menyatakan bahwa pada kecepatan agitasi rendah, produksi gum xanthannya atau bobot molekulnya lebih rendah bila dibandingkan dengan agitasi tinggi.

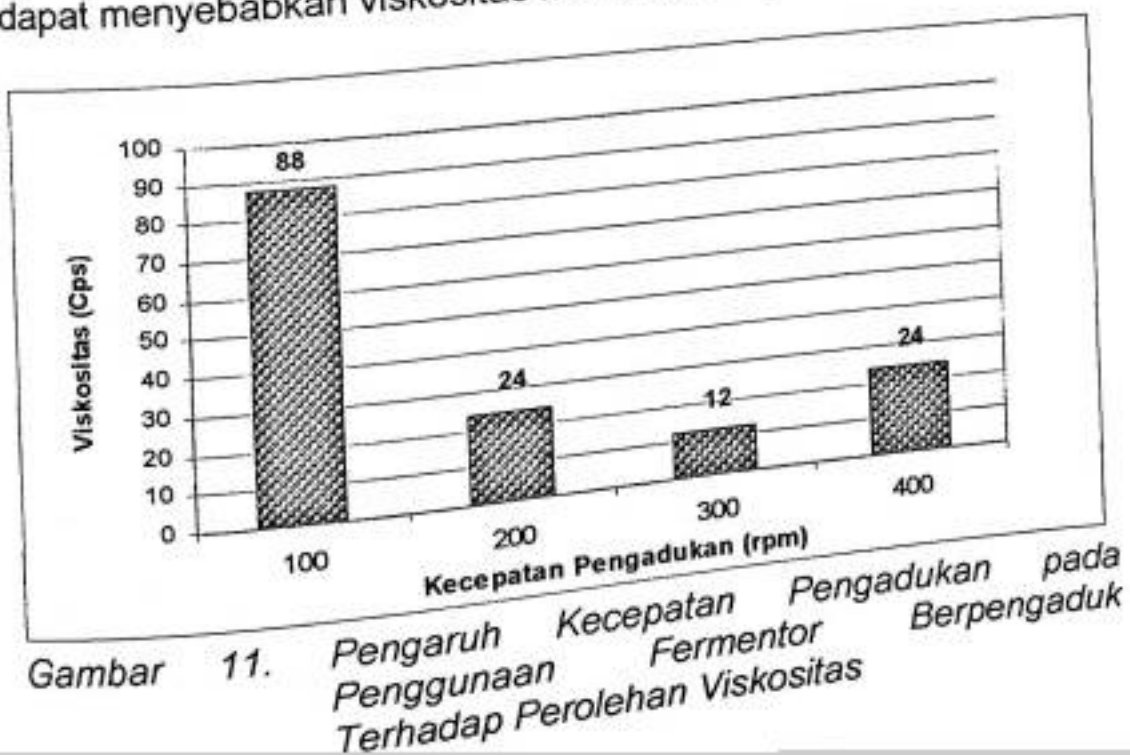
Funahashi *et al.* (1988), juga melaporkan bahwa spesifik gum xanthan oleh *Xanthomonas campestris* tergantung pada kecepatan agitasi dan garis tengah impelernya.

Hasil yang dilaporkan menunjukkan bahwa adanya hubungan antara perolehan biomassa yang meningkat (Gambar 8) dengan produksi gum xanthan yang meningkat (Gambar 10) yang dalam hal ini berhubungan dengan sistem pengadukan yang mempengaruhi distribusi oksigen. Pernyataan Wiryasamita (1993), bahwa sistem pengocokan yang kurang memadai dalam proses produksi gum xanthan akan menyebabkan berkurangnya transfer dan distribusi oksigen, sehingga penetrasi oksigen ke dalam sel akan berkurang. Jika penetrasi oksigen berkurang ke dalam sel, maka transfer massa dan transfer nutrisi ke dalam sel juga akan berkurang. Kondisi ini akan mengakibatkan menurunnya pertumbuhan sel yang diikuti oleh menurunnya sintesis gum xanthan.

#### d. Viskositas

Viskositas merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi mutu gum xanthan yang dihasilkan. Hasil pengukuran viskositas yang tertinggi terdapat pada perlakuan kecepatan pengadukan 100 rpm, yaitu 88 Cps dan viskositas yang terendah terdapat pada perlakuan kecepatan pengadukan 300 rpm, yaitu 12 Cps (Gambar 11).

Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa pada kecepatan pengadukan 100 rpm, viskositasnya lebih tinggi dibandingkan dengan kecepatan pengadukan 200 rpm, 300 rpm, dan 400 rpm. Jika dihubungkan dengan perolehan gum xanthan (Gambar 10), untuk kecepatan pengadukan 400 rpm diperoleh gum xanthan yang lebih tinggi dibandingkan dengan kecepatan pengadukan 100 rpm. Hal ini dapat disebabkan karena kecepatan pengadukan yang tinggi, sehingga dapat mempengaruhi viskositas, tetapi dapat diperoleh gum xanthan dengan hasil yang tinggi. Seperti yang dinyatakan oleh Nienow (1984), bahwa viskositas yang tinggi dari cairan gum xanthan dapat menjadi suatu pembatas dalam hal pengadukan cairan xanthan selama fermentasi. Tingginya kecepatan pengadukan dapat mempengaruhi viskositas cairan xanthan dan dapat menyebabkan viskositas menurun dengan cepat.



Gambar 11. Pengaruh Kecepatan Pengadukan pada Penggunaan Fermentor Terhadap Perolehan Viskositas

### e. Karakterisasi Produk Gum Xanthan

Tabel 2. Karakterisasi Produk Gum Xanthan

Kecepatan Pengadukan (rpm)	Karakter				
	Keadaan Fisik	Kekentalan (Cps)	Kadar Air (%)	Susut Akibat Pengeringan (%)	Kadar Abu (%)
100	Kering, Krem	650	16,55	6,84	10,48
200	Kering, Krem	250	23,76	8,07	10,76
300	Kering, Krem	200	19,47	7,80	24,61
400	Kering, Putih	250	26,67	6,72	8,21
Komersial	Kering, Krem	4320	26,42	6,80	8,09

Karakterisasi produk gum xanthan dilakukan untuk membandingkan antara produk gum xanthan yang dihasilkan dengan gum xanthan komersial. Keadaan fisik pada kecepatan pengadukan 100, 200, dan 300 rpm telah memenuhi syarat *Food Chemical Codex* and *The National Formulary*, yaitu kering dan berwarna krem, sedangkan pada kecepatan pengadukan 400 rpm tidak memenuhi syarat *Food Chemical Codex* and *The National Formulary* karena berwarna putih.

Kekentalan yang diperoleh pada perlakuan kecepatan pengadukan 100 rpm telah memenuhi syarat *Food Chemical Codex* and *The National Formulary* karena memiliki kekentalan di atas 600 Cps, sedangkan pada kecepatan pengadukan 200, 300, dan 400 rpm tidak memenuhi syarat *Food Chemical Codex* and *The National Formulary* karena memiliki kekentalan di



Kadar air yang diperoleh pada perlakuan kecepatan pengadukan 100, 200, 300, dan 400 rpm tidak memenuhi syarat *Food Chemical Codex* and *The National Formulary* karena memiliki kadar air di atas 11%.

Susut akibat pengeringan yang diperoleh pada perlakuan kecepatan pengadukan 100, 200, 300, dan 400 rpm telah memenuhi syarat *Food Chemical Codex* and *The National Formulary* karena diperoleh hasil susut akibat pengeringan di bawah 15%.

Kadar abu yang diperoleh pada perlakuan kecepatan pengadukan 100, 200, dan 400 rpm telah memenuhi syarat *Food Chemical Codex* and *The National Formulary* karena hasil pengukuran kadar abu berkisar antara 6,5-16%, sedangkan pada kecepatan pengadukan 300 rpm tidak memenuhi syarat *Food Chemical Codex* and *The National Formulary* karena memiliki kadar abu di atas 6,5-16%.

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### 1. Kesimpulan

1. Perlakuan umur starter yang terbaik dalam menghasilkan gum xanthan, yaitu pada umur starter 36 jam dengan perolehan gum xanthan 15 g/l.
2. Perlakuan kecepatan pengadukan pada penggunaan fermentor berpengaduk yang terbaik berdasarkan kualitas terdapat pada perlakuan kecepatan pengadukan 100 rpm dengan perolehan viskositas 650 Cps, sedangkan berdasarkan kuantitas terdapat pada perlakuan kecepatan pengadukan 400 rpm dengan perolehan gum xanthan 5,4 g/l.
3. Karakterisasi produk gum xanthan yang memenuhi syarat *Food Chemical Codex and The National Formulary*, yaitu keadaan fisik, kekentalan, susut akibat pengeringan, dan kadar abu, sedangkan yang tidak memenuhi syarat *Food Chemical Codex and The National Formulary*, yaitu kadar air.

### 2. Saran

Sebaiknya pada penelitian selanjutnya dilakukan variasi lama fermentasi bakteri *Xanthomonas campestris* dalam menghasilkan gum xanthan.

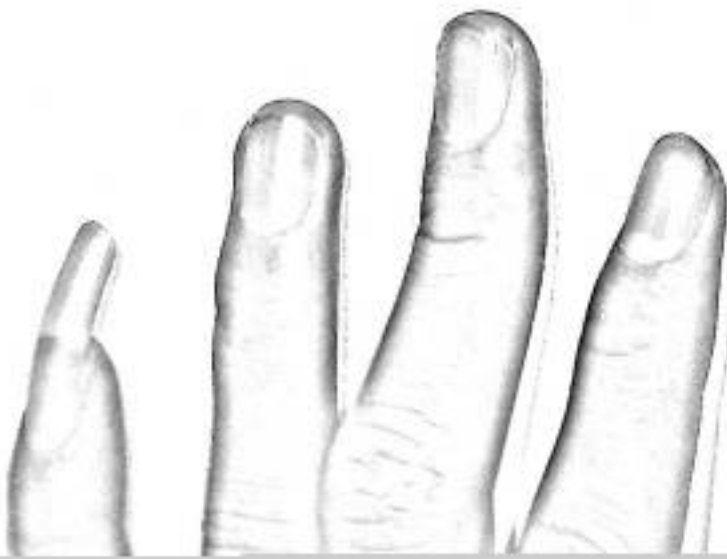
## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2007. **Xanthan Gum**. <http://www.lsbu.ac.uk/water/hyxan.html>. 26 Desember 2006.
- Buchanan, R. E., N. E. Gibbons, S. T. Cowan, J. G. Holt, C. Liston, R. G. Murrey, G. F. Nilven, A. W. Ravin and R. Y. Starier, 1975. **Bergey's Manual of Determinative Bacteriology**. Eighteen Edition Composed and at Waverly Press Inc. PP 200-244.
- Darmawati, 2007. **Penentuan Lama Fermentasi dan Konsentrasi Substrat Hidrolisat Tapioka yang Optimal Untuk Menghasilkan Gum Xanthan oleh Bakteri *Xanthomonas campestris***. Skripsi Hasil Penelitian Program Sarjana Universitas Hasanuddin.
- Doelle, H.W., D.A. Mitchell and C.E. Rolz, 1991. **Solid Substrate Cultivation**. Elsevier Applied Science. London.
- Dwidjoseputro, D., 1998. **Dasar-Dasar Mikrobiologi**. Djambatan, Jakarta.
- Fardiaz, Srikandi., 1992. **Mikrobiologi Pangan I**. Pusat antar Universitas Pangan dan Gizi. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Fett, F. W. and S. F. Osman, 1985. **Purification and Characterization of *Xanthomonas campestris* pv *glycines* Exopolysaccharides**. Plant Science 40 : 99-103.
- Galindo, E., G. Salcedo, C. Flores and M.E. Ramirez. 1993. **Improved Shakeflask test for The Screening of Xanthan-Producing Microorganism**. World J. of Microbial and Biotechnol 9 : 122-124.
- Gimeno, E., C. L. Moraru and J. L. Kokini, 2004. **Effect of Xanthan Gum and CMC on The Structure and Texture of Corn Flour Pellets Expanded by Microwave Heating**. J. Cereal Chem. 81 (1) : 100-107.
- Glicksman, M., 1982. **Food Colloids**. The AVI Publishing CO. INC, Boca Raton, Florida.
- Gonzales, R., M. R. Johns, P. F. Greenfield and G. W. Pace, 1989. **Xanthan Gum Precipitation Using Ethanol**. Process Biochemistry. December Eds.

- Gustaw, W., Z. Targonski, P. Glibowski, S. Mleko and S. Pikus, 2003. **The Influence of Xanthan Gum on Rheology and Microstructure of Heat Induced Whey Proteins Gels.** *Electronic J. of Polish Agricultural Universities., Food Science and Technology*, vol 6 Issue 2.
- Hadioetomo, Ratna Siri, 1993. **Mikrobiologi Dasar Dalam Praktek.** Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Kang, K. S., dan I. W. Cotrell, 1979. **Polysaccharides.** *Di dalam* H. P. Pepples dan P. Parman (eds.). *Microbial Technology*, vol. 1. Academic Press, Inc. New York.
- Kennedy J. F., dan I. J. Bradshaw, 1984. **Production, properties and applications of xanthan.** *Prog. Ind. Microbio.* 19 : 319.
- Kidby, D., P. Sandford, A. Herman dan M. Cadmus, 1977. **Maintenance procedures of curtailment of genetic instability *Xanthomonas campestris* NRRL B-1459.** *Appl. Eviron. Microbiol.* 33 (4) : 840-845.
- Kovacs, P., dan K. S. Kang, 1977. **Xanthan Gum.** *Di Dalam* H. D. Graham (ed.) *Food Colloids.* The AVI Publ. Co. Inc. Westport. Connecticut.
- Laga, Amran., 1993. **Laporan Praktikum Teknologi Mikrobial : Percobaan Produksi Gum Xanthan.** Program Pascasarjana Teknologi Industri Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Laga, Amran., 2001. **Produksi Siklodekstrin Menggunakan Substrat Tapioka Terlikuifikasi dengan Aseptor Minimal.** Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Llyod, EN., and W.J. Nelson, 1984. **Glucose and Fructose Containing Sweeteners From Starch.** *Di dalam* *Starch (2<sup>nd</sup>).* Academic Press, Inc.
- Lobas, D., H. Herbst, I.S. Such, A. Schumpe and W.D. Deckwer, 1991. **Characterization of Xanthan Quality.** Poster. Presented at Hunburger Macromoleculer Sympisium, 25-27 Sept. 1991.
- Moraine, R. A., dan P. Rogovin, 1971. **Xanthan by Polimer Production at Increased Concentration by pH Control.** *Biotechnol Bioeng* Vol. XIII : 381-391.

- Ochoa, F. G., V. E. Santos and A. P. Fritsch, 1992. **Nutritional Study of *Xanthomonas campestris* in Xanthan Gum Production by Factorial Design of Experiments.** *Enzyme Microb. Technol.* Vol 14 : 991-996.
- Peters, H. V., H. Herbst, P. G. M. Hesselink, H. Lunsdorf, A. Schumpe WD Decwer, 2002. **The Influence of Agitation Rate on Xanthan Production by *Xanthomonas campestris*.** *J. Biotechnol Bioeng* 45 : 1391-1397.
- Pettitt, D. J., 1979. **Xanthan Gum.** In *Polysaccharide in Food*. J. M. V. Blanshard and J. R. Mitchell (eds.). Butterwoths, London.
- Pettitt, D. J., 1982. **Xanthan Gum.** *Di dalam* M. Glicksman (ed.). *Food Hydrocolloids* Vol 1. CRS Press Inc, Boca Raton, Florida.
- Pomeranz, Y., 1985. **Functional Properties of Food Component.** Academic Press, Inc. Sydney.
- Ramirez, M. E., L. Fucikovsky, F. G. Jimenez, and E. Galindo, 1988. **Xanthan Gum Production by Altered Phato Genecity Variants of *Xanthomonas campestris*.** *Appl. Microbio. Biotech.* 24 : 5-10.
- Rossalam, S. and R. England, 2006. **Review of Xanthan Gum Production From Unmodified Starches by *Xanthomonas campestris* sp.** *Journal Enzyme and Microbial Technology* 39 : 197-207.
- Schaad, N. W., and R. E. Stall, 1988. **Isolation Technique of *Xanthomonas* using Differential and Selective Media.** In *Laboratory Guide for Identification of Plant Pathogenic Bacteria.* 2<sup>nd</sup> Ed. APS Press. Minnesota. Hal : 91-94.
- Stanbury, P. F., and A. Whitaker, 1984. **Principle of Fermentation Technology.** Pergamon Press, New York.
- Sterdansky, M., dan E. Conti, 1999. **Xanthan Production by Solid State Fermentation.** *J. Process Biochemistry* 34 : 581-587.
- Suprapti, M. Lies., 2005. **Tepung Tapioka Pembuatan dan Pemanfaatannya.** Kanisius, Yogyakarta.
- Thonart, P., M. Paquot, L. Hermans and H. Alaqui, 1985. **Xanthan Production by *Xanthomonas campestris* NRRL-B-1459 and Interfacial Approach by Zeta Potential Measurement.** *Enzyme Microb. Technol.* Vol.7 : 235-238.

- Vauterin, L., J. Swing and K. Kersters, 1991. **Grouping of *Xanthomonas campestris* pv by SDS-Page of Protein.** J. of General Microbiology. 137 : 1677-1687.
- Wiryasasmita, Rosita, 1993. **Produksi Gum Xanthan dari Hidrolisat Pati Ubi Kayu oleh *Xanthomonas* sp. Liar.** Tesis. Program Pasca Sarjana Institut Pertanian Bogor.
- Yusreni, 1991. **Studi Penggunaan Beberapa Sumber Nitrogen Pada Produksi Gum xanthan dari Tetes Tebu.** Skripsi. Jurusan Teknologi industri Pertanian. Fakultas Teknologi Industri Pertanian IPB.



## LAMPIRAN

Lampiran 1a. Hasil Perhitungan Jumlah Koloni pada Perlakuan Umur Starter

Umur Starter (jam)	Jumlah Koloni (ml)		Sub total (log jumlah sel/mL)	Rata-rata (log jumlah sel/mL)
	Ulangan 1	Ulangan 2		
12	201 x 10 <sup>7</sup>	199 x 10 <sup>7</sup>	18,60	9,30
24	560 x 10 <sup>7</sup>	241 x 10 <sup>7</sup>	19,13	9,57
36	218 x 10 <sup>7</sup>	118 x 10 <sup>7</sup>	18,41	9,21
48	990 x 10 <sup>6</sup>	800 x 10 <sup>6</sup>	17,90	8,95
Total			74,04	37,02

Lampiran 1b. Hasil Analisa Sidik Ragam Perhitungan Jumlah Koloni pada Perlakuan Umur Starter

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F Hit	F 5%	F 1%
Perlakuan	3	0,39	0,13	4,85 <sup>tn</sup>	6,59	16,59
Galat	4	0,11	0,03			
Total	7	0,50				

Ket : tn = berbeda tidak nyata

Lampiran 2a. Hasil Perolehan Biomassa pada Perlakuan Umur Starter

Umur Starter (jam)	Biomassa (g/L)		Sub Total (g/L)	Rata-rata (g/L)
	Ulangan 1	Ulangan 2		
12	4,66	4,66	9,33	4,66
24	4,66	4	8,66	4,33
36	5,33	5,33	10,66	5,33
48	4	3,33	7,33	3,66
Total	18,67	17,33	36,00	18,00

Lampiran 2b. Hasil Analisa Sidik Ragam Perolehan Biomassa pada Perlakuan Umur Starter

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F Hit	F 5%	F 1%
Perlakuan	3	2,89	0,96	8,67 <sup>*</sup>	6,59	16,59
Galat	4	0,44	0,11			
Total	7	3,33				

Ket : \* = berbeda nyata

Lampiran 2c. Hasil Uji BNJ Perolehan Biomassa pada Perlakuan Umur Starter

Umur Starter (jam)	Rata-rata (g/L)	BNJ 5% (1,1782)	BNJ 1% (1,9134)
12	4,666	ab	ab
24	4,333	ab	ab
36	5,333	bc	bc
48	3,666	a	a

Lampiran 3a. Hasil Pengukuran Kadar Gula Pereduksi pada Perlakuan Umur Starter

Umur Starter (jam)	Gula Pereduksi (g/L)		Sub Total (g/L)	Rata-rata (g/L)
	Ulangan 1	Ulangan 2		
12	14,41	11,83	26,23	13,12
24	13,21	13,13	26,34	13,17
36	9,44	11,67	21,10	10,55
48	16,03	10,13	26,15	13,08
Total	53,08	46,75	99,83	49,92

Lampiran 3b. Hasil Analisa Sidik Ragam Pengukuran Kadar Gula Pereduksi pada Perlakuan Umur Starter

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F Hit	F 5%	F 1%
Perlakuan	3	9,91	3,30	0,57 <sup>tn</sup>	6,59	16,59
Galat	4	23,23	5,81			
Total	7	33,14				

Ket: tn = berbeda tidak nyata

Lampiran 4a. Hasil Perolehan Gum Xanthan pada Perlakuan Umur Starter

Umur Starter (jam)	Gum Xanthan (g/L)		Sub Total (g/L)	Rata-rata (g/L)
	Ulangan 1	Ulangan 2		
12	8	8	16	8
24	12	12	24	12
36	16	14	30	15
48	6	12	18	9
Total	42	46	88	44



Lampiran 4b. Hasil Analisa Sidik Ragam Perolehan Gum Xanthan pada Perlakuan Umur Starter

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F Hit	F 5%	F 1%
Perlakuan	3	60	20	4 <sup>tn</sup>	6,59	16,59
Galat	4	20	5			
Total	7	80				

Ket : tn = berbeda tidak nyata

Lampiran 5a. Hasil Pengukuran Viskositas pada Perlakuan Umur Starter

Umur Starter (jam)	Viskositas (Cps)		Sub Total (g/L)	Rata-rata (g/L)
	Ulangan 1	Ulangan 2		
12	696	164	860	430
24	1560	124	1684	842
36	1680	724	2404	1202
48	336	1464	1800	900
Total	4272	2476	6748	3374

Lampiran 5b. Hasil Analisa Sidik Ragam Pengukuran Viskositas pada Perlakuan Umur Starter

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F Hit	F 5%	F 1%
Perlakuan	3	605398,00	201799,33	0,36 <sup>tn</sup>	6,59	16,59
Galat	4	2265720,00	566430,00			
Total	7	2871118,00				

Ket : tn = berbeda tidak nyata

Lampiran 6. Hasil Perolehan Biomassa pada Perlakuan Kecepatan Pengadukan

Kecepatan Pengadukan (rpm)	Biomassa (g/L)
100	4
200	5,33
300	7,33
400	9,99
Total	26,65

Lampiran 7. Hasil Pengukuran Kadar Gula Pereduksi pada Perlakuan Kecepatan Pengadukan

Kecepatan Pengadukan (rpm)	Gula Pereduksi (g/L)
100	26,63
200	16,96
300	3,39
400	43,11
<i>Total</i>	<i>90,09</i>

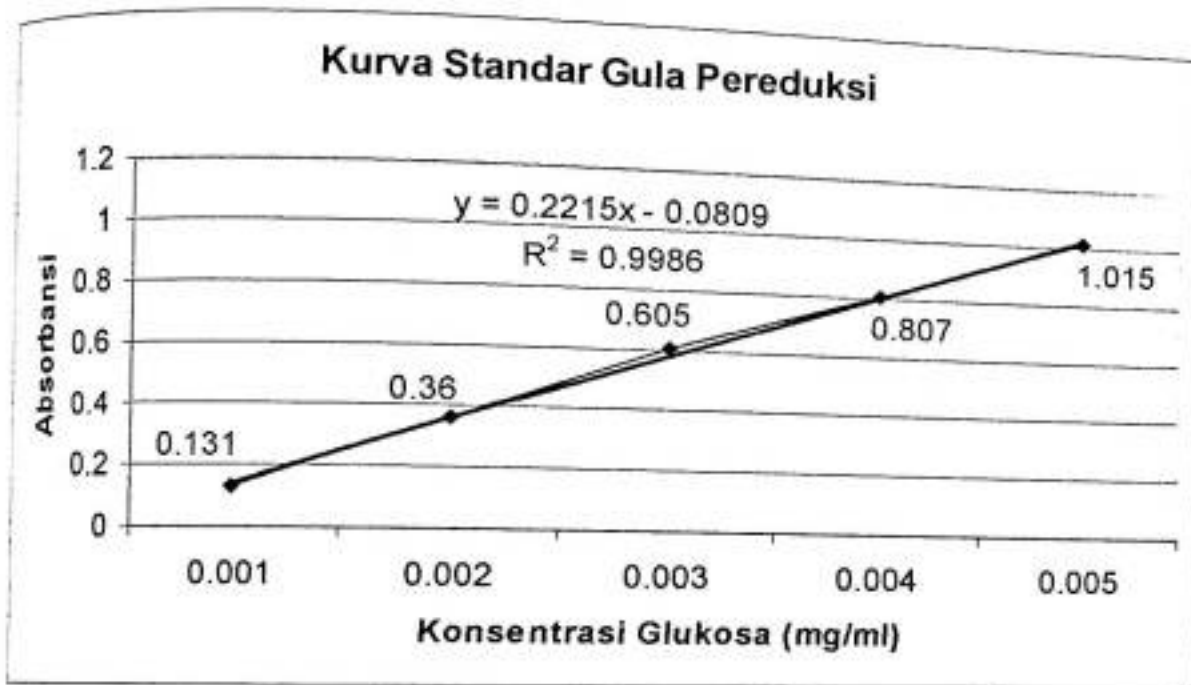
Lampiran 8. Hasil Perolehan Gum Xanthan pada Perlakuan Kecepatan Pengadukan

Kecepatan Pengadukan (rpm)	Gum Xanthan (g/L)
100	2,8
200	3,2
300	3,6
400	5,4
<i>Total</i>	<i>15</i>

Lampiran 9. Hasil Pengukuran Viskositas pada Perlakuan Kecepatan Pengadukan

Kecepatan Pengadukan (rpm)	Viskositas (Cps)
100	88
200	24
300	12
400	24
<i>Total</i>	<i>148</i>

Lampiran 10. Kurva Standar Gula Pereduksi



Lampiran 11. Rekapitulasi Hasil Analisa pada Perlakuan Umur Starter

Umur Starter (jam)	Jumlah Koloni (log jumlah sel/ml)			Biomassa (g/l)			Gula Pereduksi (g/l)			Gum Xanthan (g/l)			Viskositas (Cps)		
	Ulangan 1	Ulangan 2	Rata-rata (log)	Ulangan 1	Ulangan 2	Rata-rata (g/l)	Ulangan 1	Ulangan 2	Rata-rata (g/l)	Ulangan 1	Ulangan 2	Rata-rata (g/l)	Ulangan 1	Ulangan 2	Rata-rata (g/l)
6	9,30	9,30	9,30	4,67	4,67	4,67	14,41	11,83	13,12	8	8	8	696	164	430
12	9,75	9,38	9,57	4,67	4,00	4,33	13,21	13,13	13,17	12	12	12	1560	124	842
18	9,34	9,07	9,21	5,33	5,33	5,33	9,44	11,67	10,55	16	14	15	1680	724	1202
24	9,00	8,90	8,95	4,00	3,33	3,67	16,03	10,13	13,08	6	12	9	336	1464	900
<b>Total</b>	<b>37,39</b>	<b>36,66</b>	<b>37,02</b>	<b>18,67</b>	<b>17,33</b>	<b>18,00</b>	<b>53,08</b>	<b>46,75</b>	<b>49,92</b>	<b>42</b>	<b>46</b>	<b>44</b>	<b>4272</b>	<b>2476</b>	<b>3374</b>

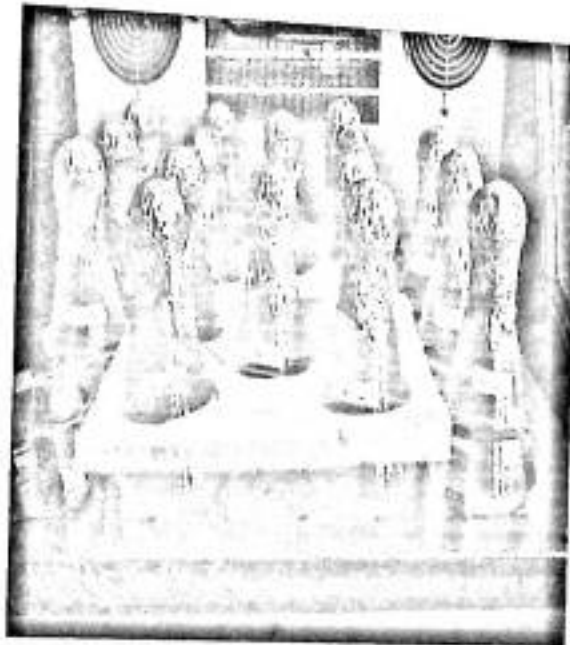
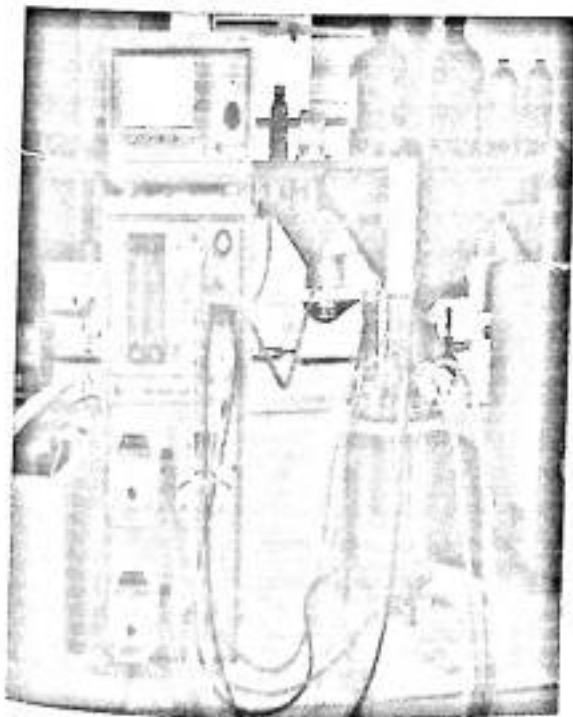
Lampiran 12. Rekapitulasi Hasil Analisa pada Perlakuan Kecepatan Pengadukan

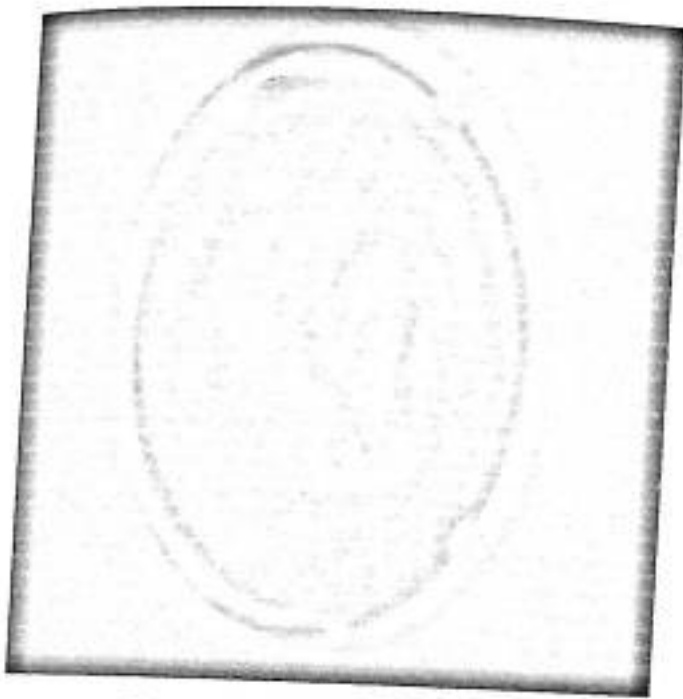
Kecepatan Pengadukan (rpm)	Biomassa (g/l)	Gula Pereduksi (g/l)	Gum Xanthan (g/l)	Viskositas (Cps)
100	4	26,63	2,8	88
200	5,33	16,96	3,2	24
300	7,33	3,39	3,6	12
400	9,99	43,11	5,4	24
<b>Rata-rata</b>	<b>26,65</b>	<b>90,09</b>	<b>15</b>	<b>148</b>

## Lampiran 13. Komposisi Nutrien untuk Fermentasi Gum Xanthan

- $\text{KH}_2\text{PO}_4$	: 0.5 %
- $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	: 0.02 %
- $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	: 0.2 %
- Asam Sitrat	: 0.2 %
- $\text{H}_3\text{BO}_4$	: 0.0006 %
- $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	: 0.0006 %
- Asam Glutamat	: 15 mM

## Lampiran 14. Dokumentasi

**Hidrolisat Tapioka****Fermentasi pada Shaker  
Inkubator****Fermentasi pada Fermentor  
Berpengaduk****Hasil Fermentasi  
Gum Xanthan**



**Produk Gum Xanthan**