

**PENGARUH KONSENTRASI GULA PADA SUBSTRAT MOLASSES
DAN pH PERTUMBUHAN *Candida utilis* TERHADAP
PRODUKSI PROTEIN SEL TUNGGAL**

OLEH

ABDUL RASYID

4591030174/9921100710040

UNIVERSITAS

BOSOWA



**JURUSAN TEKNOLOGI PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS "45"
UJUNG PANDANG**

1996

UNIVERSITAS "45"
FAKULTAS PERTANIAN
JURUSAN TEKNOLOGI PERTANIAN

PENGARUH KONSENTRASI SUBSTRAT DAN pH FERMENTASI
Candida utilis TERHADAP PEMBUATAN PROTEIN SEL
TUNGGAL DARI LIMBAH MOLASSES



LAPORAN HASIL PENELITIAN

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar
SARJANA PERTANIAN

Pada Jurusan Teknologi Pertanian
Fakultas Pertanian Universitas "45"

Oleh
ABDUL RASYID
4591030174 / 9921100710040

JURUSAN TEKNOLOGI PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS "45"
UJUNG PANDANG

1 9 9 6

HALAMAN PENGESAHAN

Disetujui / Disahkan Oleh
Rektor Universitas "45" Ujung Pandang



(Dr. Agus Jaya Sose, SE, MBA.)

BUSOWA

Dekan Fakultas Pertanian
Universitas Hasanuddin
Ujung Pandang

Dekan Fakultas Pertanian
Universitas "45"
Ujung Pandang



(Dr. Ir. H. Ambo Ala, MS)



(Ir. Darussalam Sanusi, MSi)

Pengaruh Konsentrasi Gula Pada Substrat Molasses
Dan pH Pertumbuhan *Candida utilis* Terhadap
Produksi Protein Sel Tunggal

Oleh

Abdul Rasyid

4591030174 / 9921100710040

Menyetujui

Komisi Pembimbing


BOGOWA

(Ir. Hj. Mulyati Tahir, MS)
Pembimbing I



(Ir. Helmi A. Koto, MS)
Pembimbing II



(Drs. Saiman Sutanto)
Pembimbing III

Dekan Fakultas Pertanian
Universitas "45"

Ketua Jurusan
Teknologi Pertanian
Universitas "45"





(Ir. Darussalam Sanusi, MSi)



(Ir. Abdul Halik)

Fengaruh Konsentrasi Gula Pada Substrat Molasses
Dan pH Pertumbuhan *Candida utilis* Terhadap
Produksi Protein Sel Tunggal



(Ir. Helmi A. Koto, MS)

(Drs. Saiman Sutanto)

BERITA ACARA UJIAN

Berdasarkan Surat Keputusan Rektor Universitas "45" Ujung Pandang Nomor :705/01/U-45/XI/94 tertanggal 29 November 1994 tentang Panitia Ujian Skripsi, maka hari ini Selasa. Tanggal 26 November 1996 Skripsi ini diterima dan disahkan setelah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian Skripsi Universitas "45" Ujung Pandang untuk memenuhi sebagian syarat-syarat guna memperoleh gelar Sarjana Program Strata Satu (S-1) Fakultas Pertanian Jurusan Teknologi Pertanian yang terdiri dari :
Panitia Ujian Skripsi Tanda tangan

Ketua : Ir. Darussalam Sanusi, MSi. (...)

Sekretaris : Ir. Rudding Malaleo (...)

Penguji : Ir.Hj. Mulyati Tahir, MS. (...)

Ir. Helmi A. Koto, MS. (...)

Drs. Saiman Sutanto (...)

Dr.Ir. Mariati Bilang (...)

Ir. Marthina Ngantung M.App.Sc (...)

Ir. L i n g g a (...)

" Jadikanlah shalat dan sabar sebagai pertolonganmu dan sesungguhnya yang demikian itu amat berat, kecuali bagi orang-orang yang meyakini bahwa mereka akan menemui Tuhannya, dan bahwa mereka akan kembali kepada-Nya "

QS. AL-Baqarah 45 - 46



KUPERSEMBAHKAN
GUNA MEMENUHI HARAPAN AYAH, IBU
DAN KAKAK-KAKAK SERTA ADIK-ADIKKU TERCINTA

ABDUL RASYID (4591030174 / 9921100710040). PENGARUH KONSENTRASI GULA PADA SUBSTRAT MOLASSES DAN pH PERTUMBUHAN *Candida utilis* TERHADAP PRODUKSI PROTEIN SEL TUNGGAL (Di bawah bimbingan Ir. Hj. MULIATI TAHIR, MS., Ir. HELMI A. KOTO, MS., Drs. SAIMAN SUTANTO).

RINGKASAN

Dalam mengantisipasi pelestarian alam protein, telah dirintis oleh para peneliti akan penemuan sumber protein baru. Salah satu alternatif sumber protein baru secara non konvensional adalah proses pembuatan protein sel tunggal dengan cara membudidayakan mikroba bersel satu di dalam media yang cocok lalu dipanen. Mikroba yang digunakan untuk pembuatan protein sel tunggal adalah *Candida utilis*. Bahan dasar pembuatan sel tunggal adalah molasses yang mempunyai kadar gula yang tinggi dan faktor yang mempengaruhi pembuatan protein sel tunggal adalah konsentrasi substrat, umur incubasi, pH substrat dan proses fermentasi.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pH dan konsentrasi substrat yang tepat, untuk dipergunakan memproduksi protein sel tunggal dari *Candida utilis* dengan memanfaatkan molasses sebagai substrat.

Rancangan percobaan yang digunakan adalah rancangan faktorial 2 x 2 dengan dua kali ulangan. Perlakuan yang diterapkan meliputi konsentrasi gula substrat (3%, 5% dan 7%) dan pH substrat (4,5, 5,0, 5,5). Pengamatan meliputi produktivitas massa sel kering, nilai konversi

substrat dan analisis komposisi kimia PST.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa molasses mengandung gula reduksi yang tinggi dapat digunakan sebagai bahan substrat untuk produksi protein sel tunggal dengan menggunakan mikroba *Candida utilis*.

Konsentrasi gula substrat, pH substrat dan interaksi kedua faktor tersebut berpengaruh terhadap produksi massa sel kering.

Produksi massa sel kering tertinggi adalah 1,17 g/l sedangkan konversi substrat tertinggi 2,34 g/l pada kombinasi perlakuan konsentrasi gula substrat 5 persen dan pH substrat 4,8.

Protein sel tunggal yang dihasilkan mempunyai komposisi protein 37,80 persen, karbohidrat 9,20 persen, lemak 8,69 persen, serat kasar 0,15 persen, abu 17,00 persen dan air 20,00 persen.

UCAPAN TERIMA KASIH

Fuji syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT Tuhan Yang Maha Kuasa, Yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang yang telah melimpahkan rahmat dan kurnia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi hasil penelitian ini yang merupakan salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknologi Pertanian pada Jurusan Teknologi Pertanian Fakultas Pertanian Universitas "AS".

Begala jerih payah mulai dari persiapan penelitian sampai terselesaikannya skripsi ini, tidak akan mungkin terlaksana tanpa bimbingan, bimbingan, petunjuk, pengetahuan, dan partisipasi dari berbagai pihak maka mustahil skripsi ini penulis selesaikan. Untuk itu perkenankan penulis menyampaikan penghargaan dan ucapan terima kasih setulus-tulusnya kepada:

1. Ir. Hj. Muliati Tahir, MS., Ir. Helmi A. Koto, MS., Drs. Saiman Sutanto, selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan bimbingan, arahan dan petunjuk dalam penelitian dan penyusunan skripsi ini.
2. Drs. Guntur Yusuf, MS., yang telah memberikan fasilitas selama dalam penelitian sehingga terwujudnya skripsi ini.
3. Teristimewa kepada Ayah dan ibunda tercinta, kakak dan adik serta seluruh keluarga yang banyak memberikan bantuan, dorongan dan semangat serta do'a

sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.

Akhirnya dengan segala kerendahan hati, penulis menerima saran dan kritikan yang bersifat membangun, demi penyempurnaan skripsi ini dimasa yang akan datang. Semoga Skripsi ini dapat berguna bagi kita semua.

Ljung Pandang, Juni 1996

UNIVERSITAS

BOSOWA

Penulis



DAFTAR ISI

	Halaman
RINGKASAN	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR LAMPIRAN	vii
BAB I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Tujuan Penelitian	2
C. Maksud Penelitian	2
D. Hipotesis	3
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	4
A. Molasses	4
B. Komposisi Kimia Molasses	5
C. Protein Sel Tunggal	6
1. Pembuatan Protein Sel Tunggal	7
2. Nilai Gizi Protein Sel Tunggal ...	12
D. Pertumbuhan Mikroorganisme	14
E. Variabel Yang Mempengaruhi Pertumbuhan	17
1. Konsentrasi Substrat dan Nutrien .	17
2. pH	17
3. Suhu	18
4. Aerasi dan Agitasi	19

BAB	III. METODOLOGI PENELITIAN	20
	A. Tempat dan Waktu Penelitian	20
	B. Bahan dan Alat	20
	C. Prosedur Penelitian	21
	D. Pengamatan	24
	E. Analisis Data	25
BAB	IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	28
	A. Analisis Bahan Baku	28
	B. Produksi Massa Sel Mering	28
	C. Konversi Substrat Menjadi Massa Sel Mering	32
	D. Produksi Akhir	35
BAB	V. KESIMPULAN DAN SARAN	37
	A. Kesimpulan	37
	B. Saran-saran	37
DAFTAR PUSTAKA		38
LAMPIRAN		41

DAFTAR TABEL

No	J u d u l	Halaman
1.	Komposisi Tates Dari Berbagai Negara	5
2.	Komposisi Kimia Berbagai Jenis Mikroorganisme Pembentuk Protein Sel Tunggal	12
3.	Perbandingan Kandungan Asam Amino Esensial Protein Sel Tunggal Dengan Makanan Sumber Protein Lainnya	14
4.	Nilai pH Minimum, Optimum dan Maksimum Bagi Pertumbuhan Berbagai Jenis Mikroorganisme	18
5.	Komposisi Nutrien Yang Dibutuhkan <i>Candida utilis</i>	22
6.	Komposisi Agar Miring NRRL	23
7.	Hasil Analisis Molasses	28
8.	Komposisi Massa Sel Kering PST <i>Candida utilis</i> ..	36

DAFTAR GAMBAR

No	J u d u l	Halaman
1.	Bagan Aliran Pembuatan Protein Sel Tunggal Dari Limbah Pertanian	11
2.	Kurva Pertumbuhan Khamir	15
3.	Kurva Pertumbuhan Psikrofilik, Mesofilik dan Termofilik Berdasarkan Fungsi Suhu	19
4.	Diagram Aliran Proses Pembuatan Protein Sel Tunggal Dari Limbah Molasses	27
5.	Produksi Massa Sel Kering Dalam Berat (g/l) ...	29
6.	Nilai Konsentrasi Substrat Menjadi Massa Sel Kering Dalam Penson Selama Penelitian	33
7.	Pembuatan Suspensi Molasses	55
8.	Penentuan konsentrasi Gula Substrat Dengan Refraktometer	55
9.	Pembuatan Inokulum Starter	56
10.	Pembuatan Protein Sel Tunggal Dari Bahan Baku Molasses Dengan Sistem "Batch"	56
11.	Hasil Akhir Fermentasi (Setelah 72 jam) Pada Pembuatan Protein Sel Tunggal	57
12.	Pemanenan Sel <i>Candida utilis</i> Dilakukan Dengan Bantuan Sentripuse	57
13.	Protein Sel Tunggal Yang Dihasilkan Berupa Massa Sel Kering	58

DAFTAR LAMPIRAN

No	J u d u l	Halaman
A.	Data Pengamatan Produksi Massa Sel Kering (g/l)	42
B.	Analisis Sidik Ragam Produksi Menjadi Massa Sel Kering	43
C.	Data Nilai Konversi Substrat Menjadi Massa Kering (Persen), Dihitung Berdasarkan Ratio Antara Massa Sel Kering Dengan Massa Awal Di Dalam Substrat	44
D.	Analisis Sidik Ragam Konversi Substrat Menjadi Massa Sel Kering	45
E.	Hasil Rata-rata Produksi Massa Sel Kering (g/l) Dengan Uji Beda Nyata Jujur Untuk Perlakuan Konsentrasi Gula Substrat	46
F.	Hasil Rata-rata Produksi Massa Sel Kering (g/l) Dengan Uji Beda Nyata Jujur Untuk Perlakuan pH Substrat	46
G.	Hasil Rata-rata Produksi Massa Sel Kering (g/l) Dengan Uji Beda Nyata Jujur Untuk Interaksi Antara Perlakuan Konsentrasi Gula Substrat Dan pH Substrat	47
H.	Hasil Rata-rata Nilai Konversi Substrat Menjadi Massa Sel Kering (%), Dengan Uji Beda Nyata Jujur Untuk Perlakuan Konsentrasi Gula Substrat	47
I.	Hasil Rata-rata Nilai Konversi Substrat Menjadi Massa Sel Kering (%), Dengan Uji Beda Nyata Jujur Untuk Perlakuan pH Substrat	48
J.	Hasil Rata-rata Nilai Konversi Substrat Menjadi Massa Sel Keing (%), Dengan Uji Beda Nyata Jujur Untuk Interaksi Antara Perlakuan Konversi Gula Substrat dan pH Substrat	48
K.	Metode Analisa Karbohidrat, Protein, Lemak, Air Abu dan Serat Kasar Pada Molasses dan Protein Sel Tunggal	49

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Protein sel tunggal adalah mikroba bersel satu yang banyak mengandung protein dan sering banyak digunakan untuk makanan ternak dan bahkan sebagian kecil digunakan untuk makanan manusia sebagai sumber protein. Protein di buat dengan cara membiakkan mikroba bersel satu didalam media yang cocok lalu dipanen (Anonimous, 1992).

Khamir yang digunakan secara luas dalam pembuatan protein sel tunggal adalah *Candida utilis* yang tumbuh cepat dan dapat memanfaatkan gula pentosa dan heksosa sebagai makanan tambahan untuk pertumbuhan (Sa'id, 1987). Selain itu *Candida utilis* merupakan species berkemampuan tumbuh yang tinggi pada berbagai substrat (Bantacut, 1985).

Bahan dasar untuk pembuatan protein sel tunggal bervariasi, diantaranya adalah molasses, limbah cairan sulfit, metana, metanol, etanol, parafin atau alkana, minyak bumi, limbah pertanian dan industri pertanian yang mengandung gula sederhana, karbohidrat, sellulosa dan bahan organik lainnya (Srikandi, 1988).

Tetes merupakan hasil samping dari industri pengolahan gula. di mana pemanfaatan tetes saat ini terutama digunakan sebagai bahan baku industri alkohol, spritus, MSG dan untuk sebagian besar di ekspor.

Pemanfaatan molasses sebagai bahan baku pada pembuatan protein sel tunggal dengan menggunakan mikroorganisme tertentu merupakan salah satu alternatif pemecahan masalah pemanfaatan molasses dalam meningkatkan suplay protein dalam bahan makanan ternak.

Menurut Ganjar (1989) dan Sumarni (1984), ada empat faktor yang sangat mempengaruhi pembuatan protein sel tunggal, yaitu konsentrasi substrat, umur inokulum, pH substrat dan proses fermentasi.

Dari hal tersebut di atas maka dilakukan penelitian mengenai pengaruh konsentrasi gula substrat dari molasses dan pH substrat fermentasi dengan mikroba *Candida utilis* dalam pembuatan protein sel tunggal. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memperluas pemanfaatan molasses dalam bahan pangan dan meningkatkan suplay kebutuhan protein untuk pakan maupun pangan.

B. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan adalah untuk melihat pengaruh pH dan konsentrasi substrat limbah molasses terhadap pembuatan protein sel tunggal *Candida utilis*.

C. Kegunaan Penelitian

Selanjutnya data yang diperoleh akan dipergunakan untuk memproduksi protein sel tunggal untuk penelitian pemanfaatan sebagai bahan substitusi/pengganti protein dalam pakan unggas maupun bahan pangan.

D. Hipotesis

Diduga ada pengaruh pengenceran tingkat konsentrasi gula dan pH molasses sebagai media pertumbuhan *Candida utilis* untuk memproduksi protein sel tunggal.



II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Molasses (tetes)

Molasses (tetes) didefinisikan sebagai sirup merupakan hasil akhir pada pembuatan gula dengan kristalisasi berulang, dimana sukrosa yang sudah tidak dapat mengkristal. Kata tersebut berasal dari bahasa latin yang berarti *madu* dan berkembang melalui bahasa Spanyol yaitu *molaza*. Dalam bahasa Prancis disebut *molasses* dimana bahan tersebut juga digunakan di Jerman dan Belanda dan akhirnya *molasses*. Di Indonesia sebagian besar tetes dihasilkan dari pabrik gula terbesar di seluruh Indonesia. Menurut statistik industri Jawa Tengah, produksi tetes tahun 1990 sebesar 125,534 ton dan tahun 1991 sebesar 139,972 ton. Tetes yang berasal dari pabrik gula keadaannya masih demikian pekatnya juga kotorannya yang cukup banyak, sehingga dengan keadaan yang sangat kental ini sulit untuk membersihkan kotoran yang ada, tetes ini digunakan perlu diencerkan lebih dahulu (Aziz, dkk., 1993/1994).

Tetes (molasses) yang merupakan hasil samping dari pemisahan kristal juga mengandung gula sekitar 50 - 60% selain sejumlah asam amino dan mineral. Gula tersebut sudah tidak dapat mengkristal karena mengandung kotoran dalam jumlah tinggi, hal ini menjadi penghambat pengkristalan (Yovita, 1992).

Molasses adalah strop yang diperoleh dari proses pengkristalan akhir yang tidak dapat menghasilkan gula lagi (Soebroto, 1972). Molasses merupakan hasil samping proses pembuatan gula. Tetes mengandung sejumlah besar gula berkisar 48-56% sedangkan pH 5,5 - 6,5 (Mulyono, 1990).

B. Komposisi Kimia Molasses

Molasses untuk dikonsumsi manusia dipilih dari molasses dengan spesifikasi sebagai berikut: Briks 85%, sukrosa 27,0%, gula pereduksi 30%, abu 2,75% dan air 15,5%. Molasses ini dikenal sebagai High Test Molasses (HTM), yang dapat digunakan sebagai minuman (Rum), minuman beralkohol, pengganti selai untuk roti atau minuman langsung setelah diencerkan dengan air panas (Winarno, 1982).

Tabel 1. Komposisi Tetes Dari Beberapa Negara

Parameter (%)	Florida	Louisiano	Yamica	Indonesia
Berat kering	77,1	80,8	82,3	75,0
Total gula sebagai gula invers	50,0	59,5	61,0	50,0
Protein	7,4	3,0	2,8	6,0
Total abu	9,1	7,2	8,2	7,0

Sumber: Faturau, 1969.

C. Protein Sel Tunggal

Menurut Litchfield (1977), protein sel tunggal adalah sel kering jasad renik seperti kapang, khamir, bakteri ganggang, jamur dan actinomycetes yang ditumbuhkan pada suatu sistem kultur tertentu berskala besar untuk digunakan sebagai sumber protein dalam pangan maupun pakan. Menurut Sa'id (1987), protein sel tunggal (PST) adalah khamir, kapang bakteri dan ganggang yang tumbuh dan berisi protein.

Protein sel tunggal adalah istilah yang digunakan untuk protein kasar atau murni yang berasal dari mikroorganisme bersel satu atau bersel banyak yang sederhana seperti bakteri, khamir, jamur, ganggang dan protozoa. Produk PST dapat digunakan baik untuk pangan maupun makanan ternak (Muljono, 1992).

Protein sel tunggal adalah mikroba bersel satu yang banyak mengandung protein dan sering digunakan untuk makanan ternak dan bahkan juga digunakan untuk makanan manusia sebagai sumber protein. Protein dibuat dengan cara membiakkan mikroba bersel satu di dalam media yang cocok lalu dipanen. Mikroba yang digunakan antara lain adalah *Candida utilis*, *Sacharomyces Cereviceae* dan *Candida lipolitica* (Anonymous, 1992/1993).

1. Pembuatan Proteun Sel Tunggal

Substrat (Sanjar, 1978)

Bahan baku untuk substrat pembuatan PST dapat dibedakan dalam tiga kategori besar yaitu:

1. Bahan-bahan sumber energi bernilai tinggi, misalnya gas alam, n-alkan, gas oil, metanol, asam asetat, etanol.
2. Bahan-bahan yang merupakan limbah atau sampah seperti ampas tebu dari pabrik gula, *whey* dari sisa minyak bumi, kotoran hewan, sampah rumah tangga, ampas tapioka, ampas sagu, ampas dari pabrik pengolahan buah-buahan.
3. Bahan-bahan yang berasal dari tumbuh-tumbuhan yang merupakan sumber pati, gula dan selulosa.

Mikroorganisme

Menurut Amrie at al (1975), kriteria utama dalam pemilihan mikroorganisme untuk memproduksi biomassa adalah kandungan protein tinggi, laju pertumbuhan tinggi, tidak toksis, nilai kalori dan efisiensi konversi bahan baku menjadi protein sel tunggal tinggi serta kriteria tambahan seperti selektif pada media tertentu, toleransi pada suhu tinggi, produktifitas hasil tinggi. Cara pemanenan dan pengeringan mudah, sifat penerimaan sebagai pangan maupun pakan dan nilai gizinya cukup tinggi.

Bermacam-macam khamir, ganggang, kapang dan bakteri dapat digunakan pada pembuatan protein sel tunggal. Khamir yang dapat digunakan untuk pembuatan protein sel tunggal adalah *Candida utilis*, *C. guilliermodii*, *C. lipolitica*, *C. tropicalis*, *Torulopsis candida*, *T.*, *Methanosorbosa*, *Fishia sp.*, *Sacharomyces sp.* Dari golongan ganggang adalah *Spirulina maxima*, *Chlorella sp.*, *Fuzarium sp.*, *penicillium sp.* dan *Trichosporon cutereum*. Sedangkan dari golongan bakteri adalah *Bacillus sp.*, *Cellulomonas sp.*, *Acinetobacter calcoaceticus*, *Nocardia sp.*, *Methilomonas sp.*, *Acromonas eutrophus*, *Mycobakterium sp.*, dan *Rhodoseudomonas sp.* (Sa'id, 1987).

Bakteri mempunyai kemampuan tinggi pada berbagai substrat memiliki waktu perkebangbiakan pendek serta kandung proteinnya tinggi. Namun demikian, penggunaan bakteri agak terbatas karena berukuran kecil sehingga pemanenannya lebih sukar, kandungan asam nukleatnya tinggi dan masyarakat sukar menerima protein bakteri sebagai pangan sumber protein (Wuryantriyogo, 1984). Selain itu, penggunaan bakteri memerlukan proses pencucian sel-sel secara teliti dan ketat. Proses ini tidak mudah dilakukan mengingat kecilnya sel-sel bakteri, dan banyak bakteri yang patogen dibandingkan dengan mikroorganisme lainnya (Ganjar, 1978).

Kendala penggunaan kapang untuk pembuatan protein

sel tunggal karena sifatnya membutuhkan suatu lingkungan pertumbuhan yang benar-benar steril. Keuntungannya adalah panen meseliurnya mudah, yaitu dengan cara menyaring. Kumpula meselium yang diperoleh dapat di bentuk sesuai dengan yang diinginkan (Ganjar, 1978).

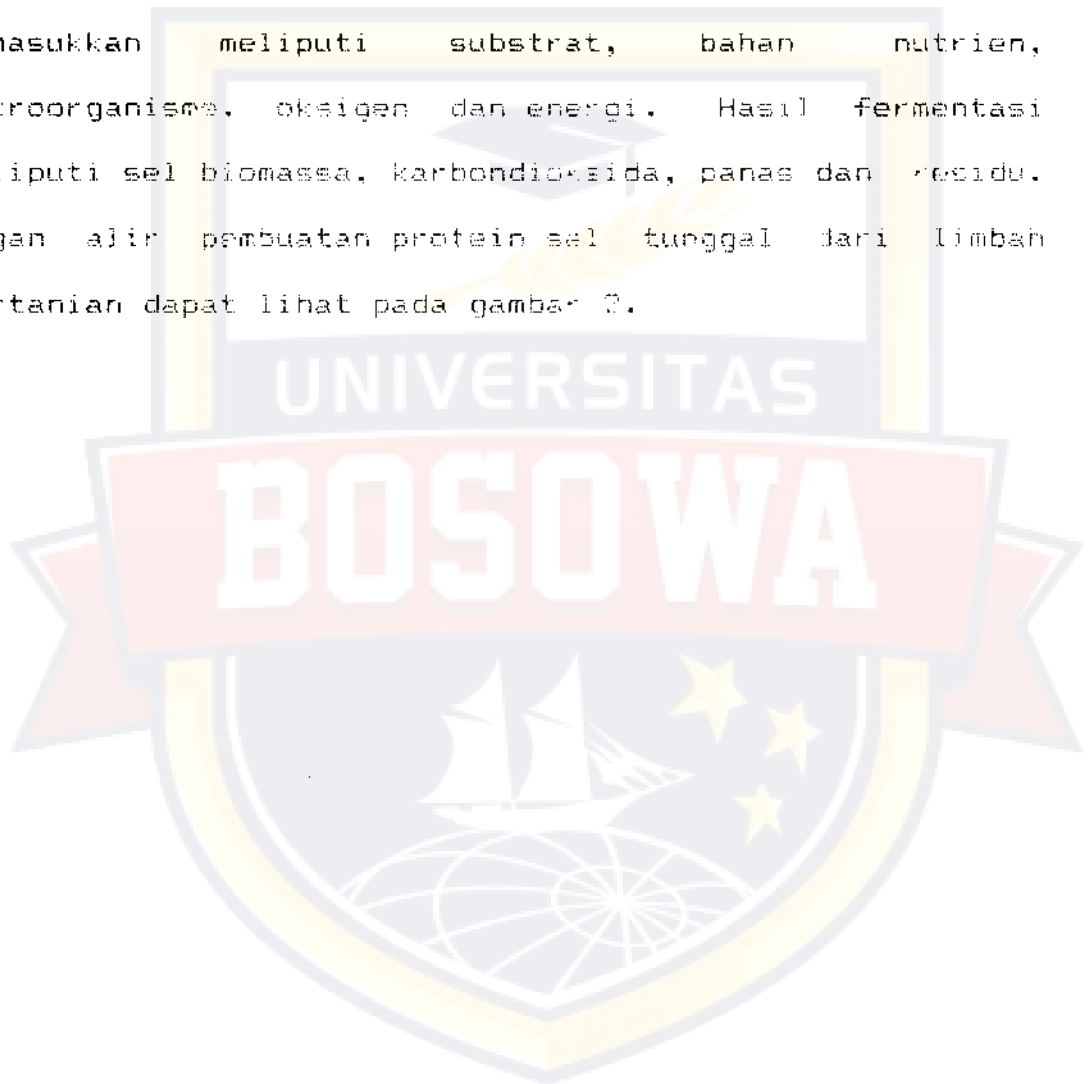
Penggunaan ganggang juga agak terbatas karena dua hal yaitu letak geografisnya karena ganggang membutuhkan kolom kultur yang bersuhu hangat, dan nilai gizinya rendah karena dinding sel ganggang sukar di cerna (Salid, 1987).

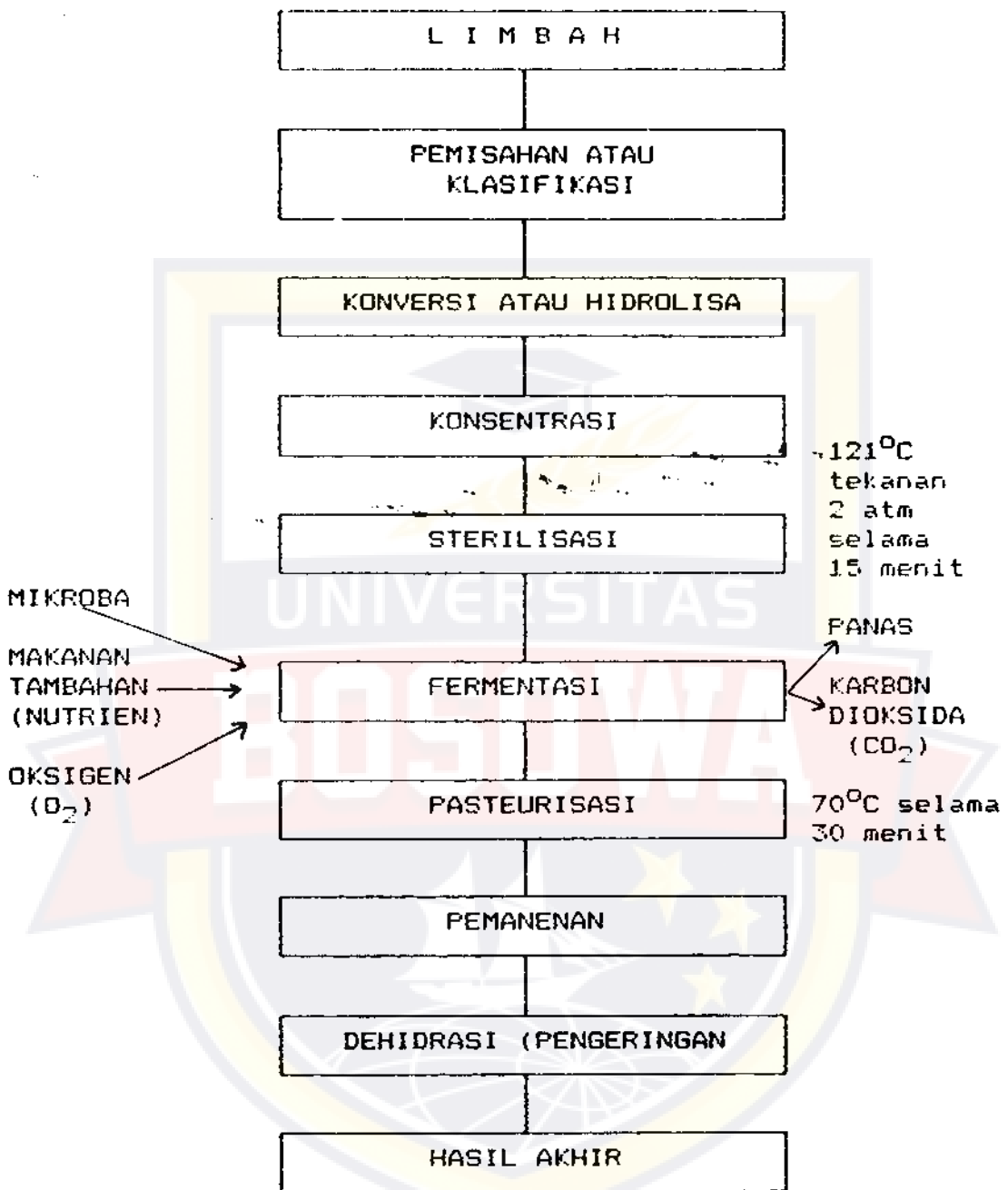
Khamir memungkinkan digunakan lebih luas untuk pembuatan protein sel tunggal karena mempunyai sifat yang lebih menguntungkan dari pada mikroorganisme lainnya yaitu kandungan asam nukleatnya rendah, lebih mudah pemanenannya dapat tumbuh pada substrat dengan pH relatif rendah dan penerimaan masyarakat protein khamir lebih baik. Pada medium yang sesuai, khamir tumbuh dengan cepat dan menurunkan pH lingkungannya sehingga akan menekan pertumbuhan bakteri. Oleh karena itu proses pertumbuhannya tidak memerlukan suatu lingkungan yang benar-benar steril (Wuryantriyogo, 1978).

Proses Pembuatan Protein Sel Tunggal

Menurut Wuryantriyogo (1988) dan Sumarni (1984), proses pembuatan sel tunggal dari limbah pertanian dapat dibagi menjadi lima tahap, yaitu: 1).Penyiapan media,

meliputi persiapan substrat, hidrolisa dan sterilisasi, 2). Fermentasi meliputi persiapan starter dan fermentasi utama, 3). Pemanenan, 4). Pasteurisasi, 5). Pengeringan. Pada proses fermentasi bahan yang dimasukkan meliputi substrat, bahan nutrisi, mikroorganisme, oksigen dan energi. Hasil fermentasi meliputi sel biomassa, karbondioksida, panas dan residu. Bagan alir pembuatan protein sel tunggal dari limbah pertanian dapat lihat pada gambar 2.





Gambar 1. Bagan Alir Pembuatan Protein Sel Tunggal Dari Limbah Pertanian (Sa'id, 1987)

2. Nilai Gizi Protein Sel Tunggal

Protein sel tunggal merupakan sumber protein yang sangat potensial. Kandungan proteinnya tergantung jenis mikroorganisme yang digunakan. PST selain mengandung protein sebagai komponen utama, juga mengandung karbohidrat, lemak, mineral dan vitamin (Crueger, *et al*, 1984). Komposisi kimia berbagai jenis mikroorganisme pembentuk protein sel tunggal dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Komposisi Kimia Berbagai Jenis Mikroorganisma Pembentuk Sel Tunggal

Mikroorganisma	Berat Kering (%)		Karbohidrat Total (%)	Mineral (%)
	Protein	Lemak		
Bakteri	47 - 86	1 - 39	1 - 36	9,5
Khamir	61	6 - 30	25	6,0
Kapang	13 - 44	1 - 26	51 - 69	2,0
Ganggang	46 - 60	10 - 30	10 - 30	4,7

Sumber: Saono, 1974

Pada dasarnya protein sel tunggal lebih ditujukan untuk pakan yaitu sebagai protein pengganti pada pakan unggas, ternak ruminansia atau sebagai pengganti susu untuk anak sapi. Penganekaragaman sumber protein pakan unggas disebabkan bahan pakan konvensional tidak mencukupi bagi kebutuhan pakan unggas (Santoso, 1989).

Protein sel tunggal dapat juga dikonsumsi oleh manusia, akan tetapi penggunaannya untuk makanan hewan lebih efisien. Pemakaian PST dalam pangan dapat digunakan sebagai pemberi aroma dan menambah gizi. Selain itu Protein sel tunggal dapat menimbulkan warna tertentu serta rasa dan aroma seperti daging dalam makanan. Sebagai bumbu biasanya dipakai kurang dari 5% dan hanya terbatas pada protein sel tunggal (Bantacut, 1985).

Faktor pembatas penggunaan protein sel tunggal sebagai pangan adalah kandungan asam nukleatnya relatif tinggi (8 - 25 gr/100 gr protein) dibanding sumber lainnya seperti daging (tertinggi pada hati 4 gr/100 gr protein) pada manusia, pemasukan asam nukleat sebanyak 2 gr/hari masih merupakan batas aman, tetapi bila lebih dari 3 gr/hari akan berakibat buruk pada pembentukan batu ginjal dan penyakit gout (Wuryantriyogo, 1984).

Kandungan asam nukleat pada protein sel tunggal dapat dikurangi dengan beberapa cara, yaitu: modifikasi pertumbuhan dan fisiologi sel, hidrolisis dengan katalis basa ekstraksi kimia (NaCl panas 10%), pemecahan dinding sel, pemakaian enzim nuklease, penggunaan enzim fosfodiesterase serta mengdegradasi dengan enzim endogeneous (exogeneous RN-ase) (Hartadi, 1989).

Tabel 3. Perbandingan Kandungan Asam Amino Esensial Protein Sel Tunggal Dengan Makanan Sumber Protein Lainnya.

Jenis Bakteri	PST Bakteri 30%	PST Khamir 11%	Tepung Ikan 66%	Tepung Kacang 45%	Kedelai 50%
Alanine	5,0	4,3	4,0	5,0	5,0
Argenine	3,2	4,0	4,0	5,0	5,6
Asam Aspartat	1,5	4,0	4,0	5,0	6,0
Asam Glutamat	3,0	7,0	4,0	5,0	4,4
Glisine	4,1	3,0	4,0	5,0	4,1
Histidine	1,5	1,1	1,1	1,1	1,1
Isoleusine	1,2	2,1	1,1	1,1	1,1
Leusine	5,2	1,0	5,0	5,0	5,0
Phenilalanin	2,2	2,4	2,0	2,0	2,0
Prolin	3,0	1,3	3,0	3,0	3,0
Serin	3,1	3,1	3,0	3,0	3,0
Threonin	3,0	3,0	3,0	3,0	3,4
Triptofan	0,2	0,5	0,0	0,6	1,1
Tyrosin	2,2	3,0	3,0	1,0	1,8
Valin	4,4	3,2	3,0	3,0	3,5
Cistein + Methionin	2,3	1,5	2,6	1,2	1,4
Lisin	5,2	4,1	4,1	2,8	3,1

Sumber: Siagian, 1982

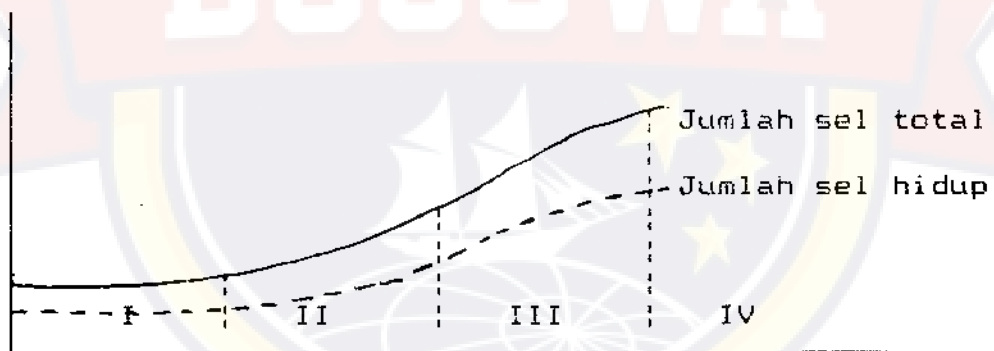
D. Pertumbuhan Mikroorganisme

Pada organisme uniselular (bersel tunggal) yang disebut pertumbuhan adalah pertambahan jumlah sel, yang berarti juga pertambahan jumlah organisme (Srikandi, 1982). Beberapa kondisi persyaratan yang diperlukan untuk pertumbuhan biomassa sel mikroba antara lain : inoculum yang masih hidup dan aktif, sumber energi, nutrisi, tidak ada inhibitor yang menghambat pertumbuhan, kondisi fisika kimia yang cocok. (Sarjono, 1989)

Pertumbuhan Mikroorganisme didalam suatu kultur

dapat dibagi menjadi empat fase, yaitu fase pertumbuhan lambat (Lag phase), fase pertumbuhan eksponensial, fase pertumbuhan stasioner dan fase kematian (Hartadi, 1989). Gambar 2 menunjukkan laju pertumbuhan khamir pada masing-masing fase tersebut (Sumarni, 1984).

Pada fase pertumbuhan lambat, sel melakukan aktifitas metabolik dan fisiologi untuk mempersiapkan pembelahan. Lamanya fase adaptasi dan pertumbuhan lambat ini sulit ditentukan karena tidak hanya tergantung pada jumlah sel yang diinokulasikan tetapi juga pada karakteristik metaboliknya, seperti: umur dan keadaan fisiologiknya (Bantacut, 1985).



Keterangan :
 I = Fase pertumbuhan lambat
 II = Fase pertumbuhan eksponensial
 III = Laju pertumbuhan menurun
 IV = Fase Stasioner

Gambar 2. Kurva Pertumbuhan Khamir (Sumarni, 1984)

Fase pertumbuhan lambat yang lama menunjukkan adanya bahan-bahan beracun dan substrat yang bersifat *melawan*, jumlah sel kultur kurang atau prekultur tidak sesuai (sel mati atau inaktif). Oleh sebab itu inkulum sebaiknya dipersiapkan dari fase eksponensial (Santacut, 1985).

Pada fase eksponensial, mikroorganisme membelah dengan cepat dan konstant mengikuti kurva logaritmik. Pada fase ini kecepatan pertumbuhan sangat dipengaruhi oleh medium tempat tumbuhnya seperti pH dan kandungan udara, juga kondisi lingkungan termasuk suhu dan kelembaban udara. Pada fase ini mikroorganisme membutuhkan energi lebih banyak dari pada fase lainnya. Laju pertumbuhan spesifik pada fase ini mempunyai nilai maksimum (Srikandi, 1988).

Fase stasioner terjadi bila seluruh sel berganti membagi diri, akibat berkurangnya substrat dan nutrisi esensial dan adanya akumulasi zat metabolik yang bersifat inhibitor. Pada fase ini jumlah sel yang hidup sama dengan yang mati. Meskipun pertumbuhan telah berhenti, metabolisme dan akumulasi produk masih terjadi di dalam sel. Massa total sel tetap konstan, tetapi jumlah sel hidup cenderung menurun (Sa'id, 1987).

Fase kematian terbagi atas: fase kematian dipercepat dan fase logaritma. Pada fase ini kecepatan kematian meningkat terus-menerus sedang kecepatan pembelahan menjadi nol. Setelah sampai kematian logaritma kecepatan

kematian mencapai maksimal, jumlah selnya menurun menurut deret ukur (Jutono, 1975).

E. Variabel Yang Mempengaruhi Pertumbuhan

1. Konsentrasi Substrat Dan Nutrien

Laju pertumbuhan mikroorganisme dipengaruhi oleh konsentrasi komponen-komponen penyusun media pertumbuhannya. Suplai sumber karbon merupakan faktor yang sangat berpengaruh pada pertumbuhan optimal, tetapi pada kenyataannya konsentrasi sumber karbon mempunyai batas maksimum (Sumarni, 1984). Menurut Bantacut (1985), konsentrasi gula substrat yang sesuai bagi pertumbuhan *Candida utilis* adalah konsentrasi 5%, konsentrasi kurang dari 5%, suplai sumber karbon belum cukup untuk menopang pertumbuhan, sedangkan konsentrasi di atas 5% akan menurunkan efisiensi pemamfaatannya.

Konsentrasi garam-garam nutrien juga mempunyai batas maksimum, garam amonium mulai menimbulkan penghambat garam fosfat pada 1% (Sumarni, 1984).

2. pH

Laju pertumbuhan tergantung pada nilai pH, karena mempengaruhi fungsi membran, enzim dan komponen sel lainnya. Pengaruh pH dapat mengumpulkan protein pada titik isoelektriknya. Selain pH mempengaruhi kelarutan konstituen (Bantacut, 1985).

Secara umum mikroorganismenya mempunyai batas toleransi pH maksimum dan minimum bagi pertumbuhan, dan pada kisaran tersebut terdapat nilai pH yang mendukung berlangsungnya pertumbuhan optimum (Sumarni, 1984). Tabel 4 menyajikan nilai-nilai pH maksimum, minimum dan optimum dari berbagai jenis mikroorganismenya.

Tabel 4. Nilai pH Minimum, Optimum dan Maksimum Bagi Pertumbuhan Berbagai Jenis Mikroorganismenya

Mikroorganismenya	Minimum	Optimum	Maksimum
Bakteri	3 - 5	6,5 - 7,5	8 - 10
Khamir	2 - 3	4,5 - 5,5	7 - 8
Kapang	1 - 2	4,5 - 5,5	7 - 8

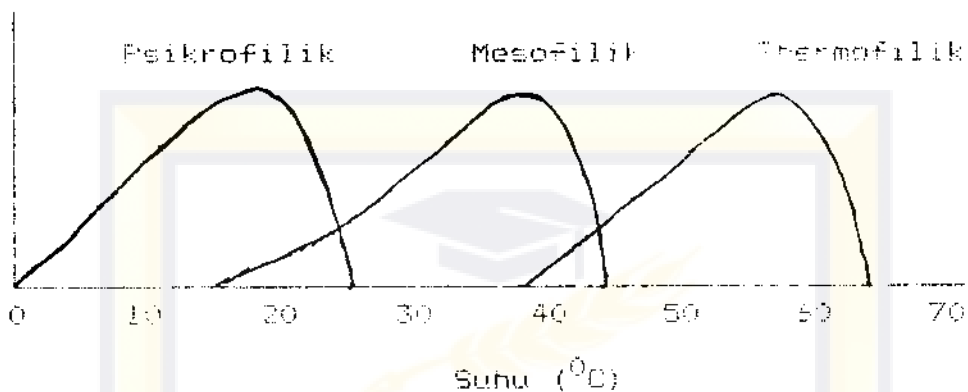
Sumber : Sumarni, 1984.

Dalam fermentasi, kontrol pH penting sekali dilakukan karena pH yang optimum harus dipertahankan selama fermentasi. Untuk mempertahankan pH optimum dari perlakuan pH selama fermentasi perlu ditambahkan larutan penyangga organik yang mempunyai *Buffer Capacity* yang kuat (Srikandi, 1988).

3. Suhu

Pengaruh suhu terhadap kecepatan pertumbuhan mikroorganismenya yang tergolong dalam tiga group yaitu

psikrofilik, mesofilik dan termofilik, dapat dilihat pada Gambar 3 (Sa'id, 1987).



Gambar 3. Kurva Pertumbuhan Psikrofilik, Mesofilik dan Termofilik Berdasarkan Fungsi Suhu (Sa'id, 1987).

4. Aerasi dan Agitasi

Mikroorganismenya dapat dibedakan atas tiga kelompok berdasarkan kebutuhannya akan oksigen, yaitu mikroorganismenya yang bersifat aerobik, anaerobik dan anaerobik fakultatif kapang dan khamir pada umumnya bersifat aerobik, sedangkan bakteri dapat bersifat aerobik dan anaerobik (Srikandi, 1984).

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Mikrobiologi, Growt Centre KOPERTIS Wilayah IX Ujung Pandang. Pengambilan limbah molasses dilakukan di pabrik gula Takalar.

Penelitian ini berlangsung selama satu bulan, mulai dari pertengahan Desember 1995 sampai pertengahan Januari 1996.

B. Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah molasses, biakan murni *Candida Utilis*, NaOH 1 M, HCL 4 N, Medium NRRL agar meliputi: Glukosa, Pepton, Malt Extract, Yeast Extract dan agar, garam-garam anorganik meliputi: $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$, $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$, KH_2PO_4 , dan $\text{MgSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$. Bahan kimia untuk analisis, kapas, aluminium poil, dan aquades.

Alat yang digunakan adalah Erlenmayer volume 500 ml dan 50 ml, aerator, slag aerator, timbangan analitik kapasitas 200 gr dengan ketelitian 0,0001 gr, Refraktometer ATAGO, Autoklap, pH meter, kertas saring, Sentrifuge, Oven vakum, inkubator dan seperangkat alat-alat untuk analisa.

C. Prosedur Penelitian

1. *Penyiapan Media*

a. *Penyiapan Substrat*

Penyiapan substrat terdiri dari empat aktifitas yaitu:

- *Penyiapan suspensi tetes tebu (molasses)*

Tetes tebu (molasses) dicampur dengan air hingga konsentrasi gulanya mencapai konsentrasi 3% 5% 7%.

- *Penyaringan*

Penyaringan bertujuan memisahkan bahan-bahan yang bukan gula atau kotoran lainnya agar tidak mencemari media fermentasi. Penyaringan dapat dilakukan dengan menggunakan kertas saring.

- *Penentuan/Pengukuran pH Substrat dan Konsentrasi gula Substrat.*

Pengukuran pH yang dilakukan dengan menggunakan pH meter. pH substrat dibuat variasi 4,5 4,8 dan 5,0 . Penyesuaian pH substrat dapat dilakukan dengan penambahan HCL 4 N atau NaOH 1 M. Dan konsentrasi gula substrat dengan variasi 3% 5% dan 7%, dapat dilakukan dengan menggunakan refraktometer. Penyesuaian konsentrasi gula dilakukan dengan penambahan aquades atau gula.

b. Penyiapan Nutrien

Garam anorganik sebagai sumber nutrien, dapat dilihat pada Tabel 5. Pemberian nutrien sebanyak 10 ml per liter substrat.

Tabel 5. Komposisi Nutrien Yang Dibutuhkan *Candida Utilis*.

Komposisi	Jumlah
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	10,0 gram
$(\text{NH}_2)_2\text{SO}$	10,0 gram
$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	0,1 gram
KH_2PO_4	0,1 gram
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0,1 gram
Aquades	100,0 ml

Sumber: Wuryantriyogo, 1984.

Sterilisasi

Sterilisasi bertujuan untuk membunuh mikroorganisme yang terdapat pada substrat maupun nutrien. Sterilisasi dilakukan dalam autoklav pada suhu 120°C dan tekanan 2 atm selama 15 menit.

2. Pembuatan Inokulum Starter

a. Pemiakan Kultur Murni

Kultur murni *Candida Utilis* dibiakkan kembali pada tabung agar miring terlebih dahulu kurang lebih 48 jam sebelum diinokulasi pada media cair. Komposisi agar miring yang digunakan adalah seperti pada Tabel 6.

Tabel 6. Komposisi Agar Miring NRRL

komponen	jumlah (g/liter)
Glukosa	10,0
Pepton	0,5
Malt Ekstrak	0,5
Yeast extract	0,5
Agar-agar	8

*Sumber: <http://www.fda.gov/oc/ohrt/ohrt010102.pdf>,
 diakses tanggal 10/09/2019.

*Sumber: <http://www.fda.gov/oc/ohrt/ohrt010102.pdf>,
 diakses tanggal 10/09/2019.

*Sumber: <http://www.fda.gov/oc/ohrt/ohrt010102.pdf>,
 diakses tanggal 10/09/2019.

media akan digunakan untuk hasil media fermentasi. Starter dibuat sebanyak 10% dari volume media fermentasi. Diinokulasikan masing-masing satu cc *Candida utilis* dari bagian agar miring ke dalam 18 buah erlemeyer yang berisi media starter dengan variasi konsentrasi gula 3%, 5% dan 7% dan variasi pH 4,5, 4,8 dan 5,0 kemudian diinkubasikan pada suhu 37 °C, dengan perincian sebagai berikut:

- 3 buah pada konsentrasi 3% dengan masing-masing pH 4,5, 4,8 dan 5,0
- 3 buah pada konsentrasi 5% dengan masing-masing pH 4,5, 4,8 dan 5,0
- 3 buah pada konsentrasi 7% dengan masing-masing pH 4,5, 4,8 dan 5,0

Setelah masa inkubasi 2 x 24 jam, starter ini siap diinokulasi ke dalam media fermentasi.

3. Fermentasi

Fermentasi dilakukan secara Kultur Batch pada erlenmayer 500 ml dengan volume kerja 300 ml dan di-inokulasikan pada suhu kamar. Lama fermentasi 72 jam dan diberi agitasi serta aerasi dengan aerator.

4. Pasteurisasi

Pasteurisasi dilakukan dengan pemanasan pada suhu 70 °C selama 30 menit.

5. Pemanenan

Pemanenan sel *Candida Utilis* dilakukan dengan bantuan setrifuse pada kecepatan 6000 rpm selama 15 menit, guna mendapatkan hasil yang lebih baik, pasta sel dilarutkan dengan menambahkan aquades dan disentrifuse kembali. Tahap ini diulang sampai bahan tercuci habis.

6. Pengeringan

Pengeringan dilakukan dengan menggunakan oven vakum

D. Pengamatan

a. Analisis Komposisi Bahan Baku dan Produk

Analisis terhadap tetes tebu (molasses) maupun massa sel kering, meliputi kadar karbohidrat, kadar protein, kadar air, kadar lemak, kadar abu dan serat kasar. Produksi massa sel kering yang dihasilkan sebagai bobot massa yang dihasilkan pada akhir fermentasi setelah

dipanen dan dieringkan, metode analisa dapat dilihat pada lampiran D.

2. Produksi Massa Sel Kering (MSK)

Massa sel kering yang dihasilkan dihitung sebagai bobot massa yang dihasilkan pada akhir fermentasi setelah dipanen dan dieringkan. Massa sel kering diukur dalam satuan gram.

3. Konversi substrat menjadi massa sel kering

Konversi substrat menjadi massa sel kering dihitung dengan menggunakan rumus berikut (H. Fiechter, 1991):

$$Y_s = \frac{Y}{G} \times 100 \%$$

Petunjuk:

Y_s = Konversi substrat menjadi massa sel kering (%)

Y = Jumlah massa sel kering (g/l)

G = Konsentrasi gula substrat (g/l)

E. Analisa Data

Data yang diperoleh dari hasil pengamatan dan perhitungan selanjutnya dianalisis secara statistik. Terdiri dari rancangan acak lengkap (RAL) yang disusun secara 2 faktorial dan 2 percobaan dengan 2 kali ulangan.

Perhitungan yang dilakukan:

a. Konversi gula menjadi substrat

A1 = Konsentrasi gula substrat 3 persen

A2 = Konsentrasi gula substrat 5 persen

A3 = Konsentrasi gula substrat 7 persen

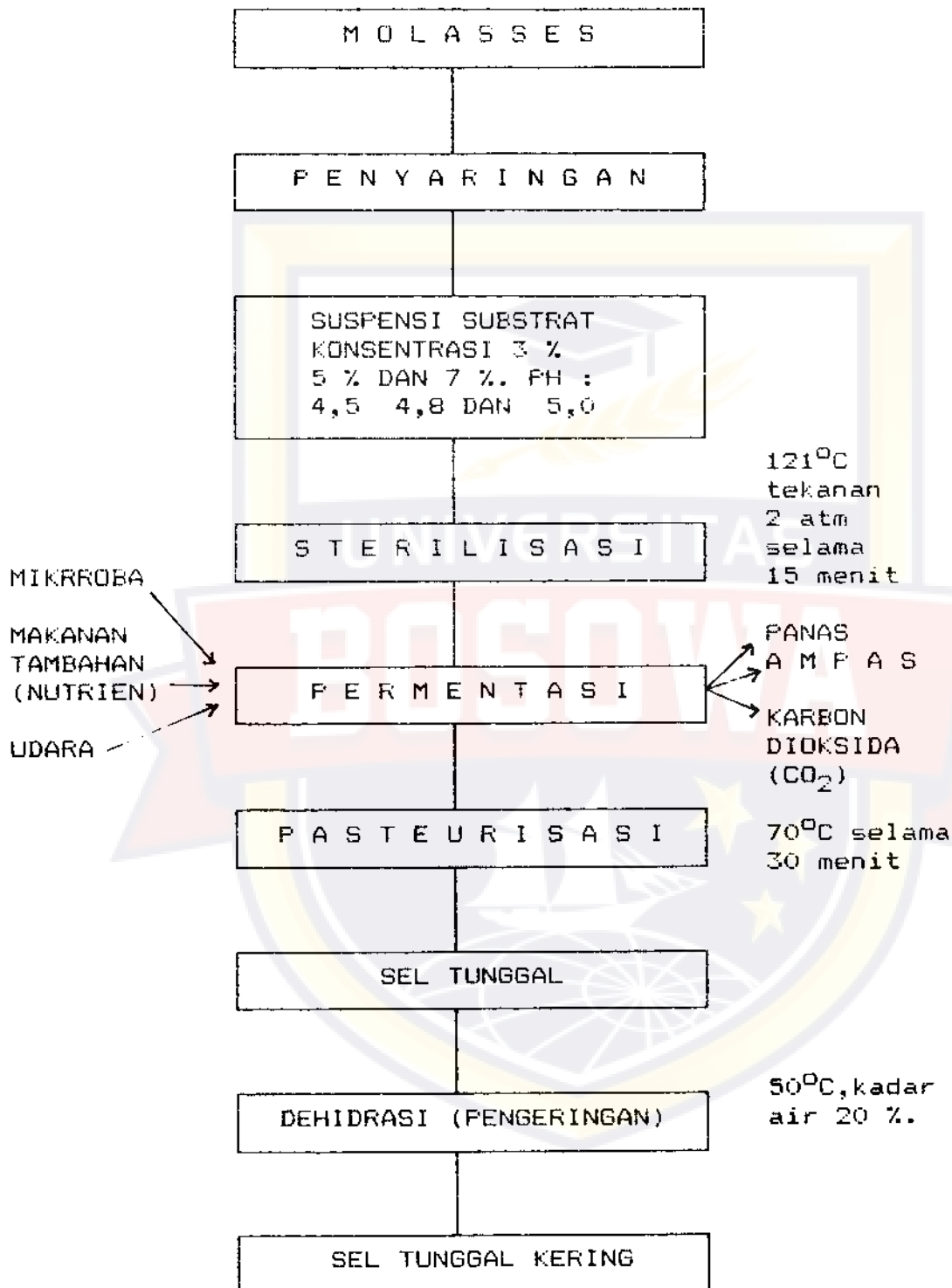
B = pH substrat

B1 = pH substrat 4,5

B2 = pH substrat 4,8

B3 = pH substrat 5,0





Gambar 4. Diagram Alir Proses Pembuatan Protein Sel Tunggal Dari Limbah Molasses.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil penelitian ini dilakukan analisa terhadap kandungan komposisi kimia baik protein sel tunggal maupun molasses yang meliputi kadar karbohidrat, kadar protein, kadar air, kadar lemak, kadar abu dan serat kasar.

A. Analisa Bahan Baku

Hasil analisa molasses sebagai bahan baku menunjukkan kandungan komposisi kimianya terlihat pada Tabel 7 terlihat bahwa kadar gula reduksi sebagai kadar karbohidrat pada molasses cukup tinggi sehingga dapat digunakan sebagai substrat pada pembuatan protein sel tunggal.

Tabel 7. Hasil Analisa Molasses

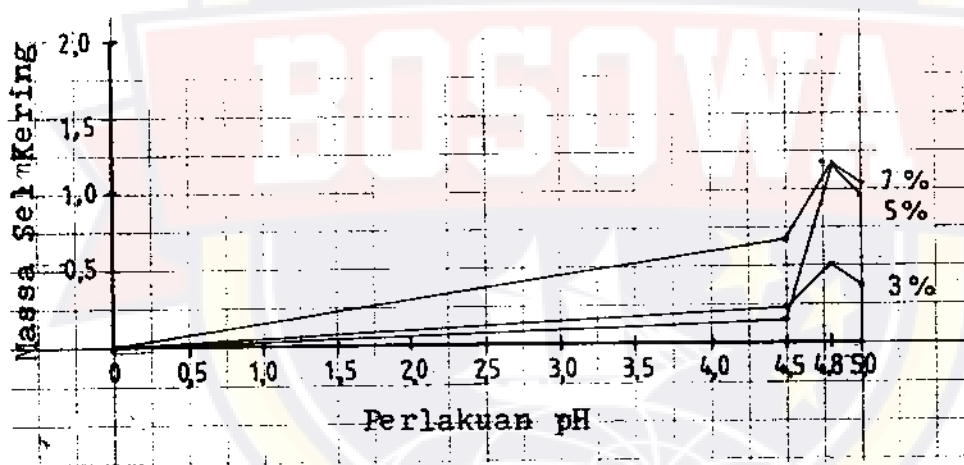
Komposisi	Jumlah (persen)
Karbohidrat	35,00
Protein	2,11
Lemak	1,80
Serat Kasar	0,57
Abu	2,25
Air	58,27

B. Produksi Massa Sel Kering

Produksi massa sel kering yang dihasilkan dalam penelitian ini rata-rata berkisar antara 0,21 g/L sampai

1,17 g/l. Sedangkan rata-rata keseluruhan adalah mencapai 0,73 g/l. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 5 dan Lampiran A.

Hasil analisis sidik ragam produksi massa sel kering (Lampiran B) menunjukkan bahwa faktor konsentrasi gula substrat dan pH substrat sangat berpengaruh nyata pada taraf satu persen. Sedangkan interaksi kedua faktor tersebut tidak berpengaruh nyata terhadap produksi massa sel kering pada taraf lima persen.



Gambar 5. Produksi Massa Sel Kering Dalam berat

Keterangan: Konsentrasi gula substrat 3%
 Konsentrasi gula substrat 5%
 Konsentrasi gula substrat 7%

Hasil uji BNJ (Lampiran E) terlihat bahwa taraf perlakuan 3% dan 7% konsentrasi gula substrat berbeda sangat nyata dengan perlakuan taraf 5 persen konsentrasi gula substrat terhadap produksi massa sel kering pada taraf satu persen.

Pada lampiran E terlihat juga bahwa konsentrasi terbaik bagi pertumbuhan *Candida utilis* pada media molasses adalah konsentrasi gula substrat 5 persen. Terjadinya penurunan massa sel kering dengan adanya peningkatan konsentrasi 5 persen ke 7 persen, hal ini disebabkan konsentrasi gula substrat mempunyai batas maksimum bagi aktivitas pertumbuhan *Candida utilis*. Konsentrasi gula substrat yang sangat tinggi mengakibatkan terjadinya plasmolisis yang dapat menghambat pertumbuhan mikroorganismenya.

Hal tersebut seiring dengan yang dikemukakan Bantacut, (1985), bahwa pengaruh yang ditimbulkan konsentrasi gula yang tinggi adalah kenaikan tekanan osmotik, akibatnya sel mengalami plasmolisis yang akan menurunkan pertumbuhan serta sel cenderung mendapatkan energi pertumbuhannya dengan cara fermentasi. Cara ini akan menurunkan laju pertumbuhan dan sebagian besar carbon di pecah menjadi alkohol dan CO_2 , berarti akan mengurangi produksi massa yang terbentuk.

Begitu pula dengan konsentrasi gula substrat yang terlalu rendah (konsentrasi gula substrat 3 persen) tidak

memberikan pengaruh terhadap produksi massa sel kering pada konsentrasi 7 persen, kecuali pH substrat 4,5 4,8 dan 5,0 konsentrasi 5 persen tidak berbeda nyata dan hanya pH substrat 4,8 pada konsentrasi 7 persen berbeda nyata.

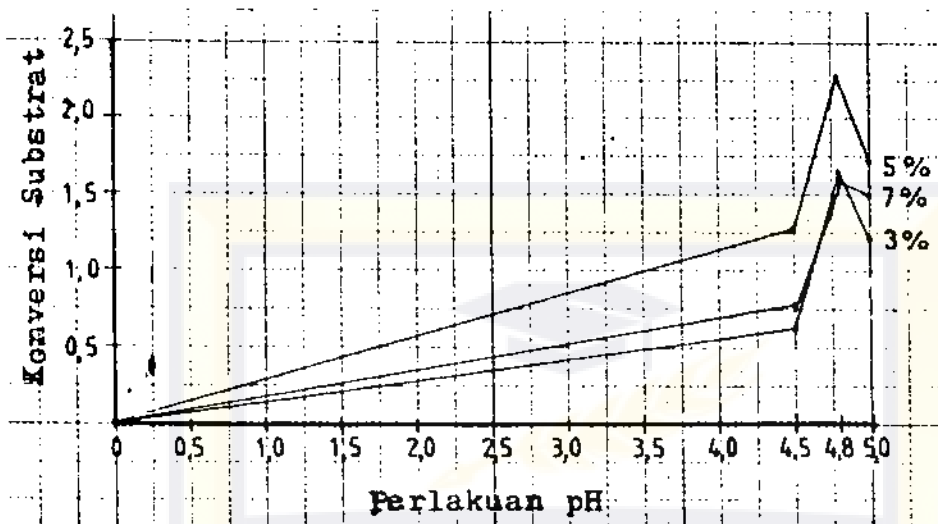
Produksi massa sel kering yang tertinggi adalah 0,97 g/l, yang dicapai pada kondisi perlakuan konsentrasi gula substrat 5 persen dan pH substrat 4,8 [ada Lampiran A.

Menurut Suono dan Nur (1982), dalam Wuryantriyogo (1981) jumlah massa sel kering yang terbentuk dari empat species khamir, yang telah ditelitinya bahwa khamir yang dibutuhkan pada media keteluh pohon kering (gaplek) berkisar antara 5,6 - 11,6 g/l, sedangkan yang ditumbuhkan pada media tepung tapioka berkisar antara 1,5 - 7,8 g/l.

C. Konversi Substrat Menjadi Massa Sel Kering

Nilai rata-rata konversi substrat menjadi massa sel kering berkisar antara 0,69 sampai 2,34 persen, sedangkan rata-rata keseluruhan 1,45 persen. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 6 dan Lampiran C.

Hasil analisis sidik ragamnya (Lampiran D) menunjukkan bahwa konsentrasi gula substrat dan pH substrat berpengaruh sangat nyata pada taraf satu persen, sedangkan interaksi antara kedua faktor tersebut tidak berpengaruh nyata terhadap produksi massa sel kering.



Gambar 6. Nilai Konversi Substrat Menjadi Massa Sel Kering Dalam Porsen Selama Penelitian

Keterangan : — Konsentrasi gula substrat 3%

— Konsentrasi gula substrat 5%

— Konsentrasi gula substrat 7%

, dari hasil uji FND (lampiran H) menunjukkan bahwa perlakuan konsentrasi gula substrat 5 persen dan 7 persen berbeda sangat nyata dengan perlakuan konsentrasi gula substrat 3 persen terhadap konversi substrat menjadi massa sel kering pada taraf satu persen. Sedangkan perlakuan konsentrasi 5 persen tidak berbeda nyata dengan perlakuan konsentrasi 5 persen dan 7 persen terhadap konversi substrat menjadi massa sel kering pada taraf dua persen.

Pada Lampiran H terlihat nilai konversi substrat tertinggi gula substrat 3 persen mempunyai nilai konversi substrat terendah. Hal ini erat hubungannya dengan konsentrasi optimum bagi pertumbuhan mikroorganisme, dan kemampuan maksimum mikroorganisme untuk mengkonversi substrat. Konsentrasi gula yang tinggi mengakibatkan terjadinya plasmolisis sehingga dapat menghambat aktifitas mikroorganisme.

Menurut Reed dan Pepler (1961) dalam Bantacut (1984), bahwa konsentrasi gula yang tinggi akan menghambat sintesa enzim-enzim pada rantai respirasi, sehingga sumber karbon akan cenderung terfermentasi. Keadaan ini akan menurunkan jumlah sel yang terbentuk dibandingkan sumber karbon yang dikonsumsi.

Dari hasil uji BNJ (Lampiran I), terlihat bahwa perlakuan pH substrat 4,8 sangat berbeda nyata dengan perlakuan pH substrat 4,5 dan 5,0 terhadap konversi substrat menjadi massa sel kering pada taraf satu persen. Begitu pula perlakuan pH substrat 4,5 dan 5,0 berbeda nyata pada taraf satu persen terhadap konversi substrat menjadi massa sel kering.

Dari hasil uji BNJ (Lampiran J), dapat dilihat bahwa ketiga taraf perlakuan pH substrat tidak berpengaruh terhadap konversi substrat menjadi massa sel kering pada konsentrasi 3 persen. Pada konsentrasi 5 persen ketiga taraf perlakuan pH substrat berpengaruh terhadap konversi

substrat menjadi massa sel kering, kecuali ketiga perlakuan pH substrat 5,0 pada konsentrasi 5 persen tidak berbeda nyata. Ketiga perlakuan pH substrat berpengaruh sangat nyata terhadap konversi substrat menjadi massa sel kering pada konsentrasi 7% pada taraf satu persen.

Dari Lampiran 1 terlihat juga bahwa ketiga taraf perlakuan konsentrasi substrat memberikan pengaruh terhadap konversi substrat menjadi massa sel kering pada perlakuan pH substrat 4,5 4,8 dan 5,0 kecuali perlakuan konsentrasi substrat 7 persen pada perlakuan pH substrat 4,8 tidak berbeda nyata.

D. Produk Akhir

Produk yang dihasilkan dari proses ini berupa massa sel kering. Warna produk yang dihasilkan terdiri atas dua macam, yaitu permukaan berwarna coklat kehitan dan bagian bawahnya berwarna putih kecoklatan. Warna coklat kehitan pada permukaan berasal dari sisa gula yang terbawa pada waktu sentrifuse, dan waktu pengeringan gula ini mengalami karamelisasi sehingga berwarna hitam.

Dalam penelitian ini terjadinya perubahan warna dari warna coklat muda (warna media setelah diencerkan) menjadi coklat tua setelah media tersebut disterilkan. Hal ini disebabkan karena adanya reaksi *Browning* yaitu terjadinya reaksi antara komponen gula dengan unsur nitrogen. Perubahan warna media menjadi coklat tua dapat

juga disebabkan suhu sterilisasi yang terlalu tinggi yang hampir mencapai suhu 100 °C sehingga media mengalami karamelisasi.

Hasil analisis yang dilakukan terhadap komposisi massa sel kering yang dihasilkan dapat dilihat pada Tabel 8. Pada Tabel 8 terlihat bahwa kandungan protein PST yang dihasilkan yaitu 37,80 persen (kadar air 20 persen) relatif lebih rendah bila dibandingkan dengan kandungan protein khamir sekitar 61 persen (bobot kering). Hal ini dapat disebabkan oleh dua faktor yaitu komposisi C/N media belum optimal bagi pertumbuhan *Candida utilis* dan massa sel tidak murni.

Untuk masa sekarang pemanfaatan protein sel tunggal lebih ditujukan sebagai bahan suplay protein untuk pakan ternak atau bahan baku industri makanan ternak. Dan tidak menutup kemungkinan pada masa mendatang akan dimanfaatkan oleh manusia sebagai sumber protein (Saiman, 1990).

Tabel 8. Komponen Massa Sel Kering PST Dari *Candida utilis*

Komponen	Jumlah (persen)
Protein	37,80
Karbohidrat	9,20
Lemak	8,69
Serat Kasar	0,15
Air	17,64
Air	20,00

B. Saran-saran

Perbaikan pembuatan prototipe sel tunggal bisa dilakukan laboratorium baik sistem *batch* maupun sistem *continuous* untuk penelitian selanjutnya agar pembuatan konsentrasi gula substrat dan pH substrat yang sesuai dengan kondisi pertumbuhan mikroorganisme yang digunakan secara optimum sehingga dapat menghasilkan massa sel kering yang maksimal.



DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous, 1992/1993. *Laporan Penelitian Pemanfaatan Cair Industri Alkohol Sebagai Media Pembuatan Protein Sel Tunggal*. Departemen Perindustrian RI. Balai Penelitian Dan pengembangan Industri, Semarang.
- Amie, F.K.E. and A.J. Vitis, 1975. *Production Of Fungal Protein From *Croton Cretoricus* Siliqua L*, in SR. Tenenbaum and D.I.C. Wang (eds), *Single Cell Protein II*. MIT Press, Cambridge, Massachusetts.
- Arifandi, P., 1985. *Optimal Produksi Protein Sel Tunggal Dari Media Kulit Kopi Penggunaan *Candida utilis* Dan Sistem Kultur Kontinu*, Tesis Fakultas Pertanian IPB, Bogor.
- Chaper, W. and A. Chaper, 1984. *Biotechnology A Text Book In Industrial Microbiology*. Science Tech. Inc. Madison, 53705, USA.
- Fardiaz, Srikandi, 1988. *Fisiologi Fermentasi*, PAU Lembaga Sumber Daya Informasi IPB, Bogor.
- Fletcher, A., 1981. *Batch Continuous Culture Of Microbial Plant and Animal Cells* Di dalam Rehm, H.J. and G. Reed (Eds), *Biotechnology, Volume 1. Microbial Fundamental* Verlag Chemie.
- Ganjar, I., 1978. *Protein Sel Tunggal Sebagai Sumber-sumber Protein Non Konvensional Dan Prospek Perkembangannya*, Berita Ilmu Pengetahuan Dan Teknologi 2 (4):9 - 18.
- Ganjar, I., 1989. *Peranan Faktor Inokulum Pada Proses Fermentasi*, Bahan Seminar Biopress Dalam Industri Pangan II PAU Pangan Dan Gizi, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Hartadi, S., 1989. *Limbah Industri Dan Minyak Bumi Sebagai Substrat Untuk Produksi Protein Sel Tunggal*, PAU Bioteknologi, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Jutono, 1975. *Mikrobiologi Untuk Perguruan Tinggi*, Jilid I, Departemen Mikrobiologi, Fakultas Pertanian Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.

- Litchfield, J.H., 1977. *Single Cell Protein*. Food Tech. 31(5) : 175-178.
- Lammel, S.A., R.C. Heimesch, and L.L. Eberhart, 1979. *Optimizing The Continuous Production of *Candida utilis* and *Saccharomyces fibuligera* on Pulp and Paper Processing Waste Water*. Applied and Environmental Microbiology 37 : 227-232.
- Lestari, A.K., Priljani, E. Murdwani, Bri. Agi., 1993/1994. *Laporan Penelitian Penelitian Yatas Dengan Resin Penukar Ion Bahan Baku Industri Garam*. Departemen Perindustri RI, Sekretariat Badan Pengembangan Industri, Ujung Pandang.
- Maibodo, J., Darwis, A.A., Sa'id, S. B., 1987. *Biologi Antibiotika*. Atas Kerjasama Dengan PAU Bioteknologi IPB, Bogor.
- Paturau, J.M., 1969. *Bio-Products of the Sugar Industry*. Elsevier Publishing Co. Netherlands.
- Santoso, H., 1989. *Limbah Bahan Makanan dan Limbah Regional*. Penerbit PT. Bharata Karya Aksara, Jakarta.
- Sarjono, 1989. *Kinetika Pertumbuhan Mikrobia Dan Pembentukan Produk*, PAU Bioteknologi, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Saono, S., 1974. *Pemanfaatan Jasad Renik Dalam Pengolahan Hasil Sampingan/Sisa-sisa Produksi Pertanian*, Berta LIPI, Jakarta.
- Sa'id, E.G., 1987. *Bioindustry*. PAU Bioteknologi IPB Penerbit PT. Mediyatama Sarana Perkasa, Jakarta.
- Sumarni, 1984. *Desain Proses Produksi Protein Mikrobial Dari *Candida utilis* Dengan Bahan Baku Limbah Tapioka*, Tesis Fakultas teknologi Pertanian IPB, Bogor.
- Sudarmadji, S., B., Haryono dan Suhardi, 1989. *Analisa Bahan Makanan Dan Pertanian*, Penerbit Liberty, Jakarta.
- Sutanto, S., 1990. *Pengaruh Konsentrasi Gula Substrat Dan Umur Mikroba Starter *Candida utilis* Pada Pembuatan Protein Sel Tunggal Dari Bahan Ampas Sagu*, Tesis Fakultas MIPA UNHAS, Ujung Pandang.

- Winarno, F.G., 1982. *Bulletin Penelitian Dan Pengembangan Teknologi Pangan*. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan PUSZANGTERA-ETDC, IPB, Bogor.
- Wuryantriyo, B., 1984. *Pemanfaatan Onggok Sebagai Substrat Pembuatan Protein Sel Tunggal*, Tesis Fakultas Pertanian IPB, Bogor.
- Yovita, H., I., Sumiarsih, E., 1992. *Pembudidayaan Tebu Di Lahan Sawah Dan Tegalan*. Penerbit PT. Swadaya (IKAPI), Jakarta.



LAMPIRAN

Keterangan Umum:

A = Konsentrasi gula substrat

A1 = Konsentrasi gula substrat 3 persen

A2 = Konsentrasi gula substrat 5 persen

A3 = Konsentrasi gula substrat 7 persen

B = pH Substrat

B1 = pH Substrat 4,5

B2 = pH Substrat 4,8

B3 = pH Substrat 5,0



Lampiran A. Data Pengamatan Produksi Massa Sel Kering (g/l)

Sula (%)	pH	Ulangan		Jumlah	Rata-rata
		I	II		
3	4,5	0,20	0,22	0,42	0,21
7	4,8	0,51	0,50	1,01	0,50
3	5,0	0,37	0,39	0,76	0,38
5	4,7	0,57	0,77	1,34	0,67
5	4,7	1,15	1,19	2,34	1,17
5	5,0	0,89	1,05	1,94	0,97
7	4,5	0,60	0,62	1,22	1,16
7	4,8	1,16	1,18	2,34	1,17
7	5,0	1,05	1,06	2,11	1,05

Lampiran B. Analisis Sidik Ragam Produksi Massa Sel Kering

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F.Hitung	F.Tabel	
					5%	1%
Kelompok	1	0,01275	0,01275	0,3748	5,32	11,26
A	2	1,000	0,50	14,7015**	4,46	8,65
B	2	0,63701	0,31850	9,3650**	4,46	8,65
A x B	4	0,38409	0,09512	2,7968	3,64	7,01
Galat	8	0,27208	0,03401	-	-	-
Total	17	2,28958	-	-	-	-

** = Berpengaruh sangat nyata
* = Berpengaruh nyata

Uji Beda Nyata Jujur (BNJ) terhadap perlakuan konsentrasi gula substrat dan pH substrat:

$$SE = E/N$$

Dimana: E = KT galat

N = Banyaknya replikasi

$$BNJ 5\% = q (3,8) \times SE$$

$$= 4,04 \times 0,06006$$

$$= 0,24264$$

$$BNJ 1\% = q (3,8) \times SE$$

$$= 5,63 \times 0,06006$$

$$= 0,338137$$

Uji Beda Nyata Jujur (BNJ) terhadap interaksi perlakuan konsentrasi gula substrat dan pH substrat:

$$BNJ 5\% = q (9,8) \times SE$$

$$= 5,77 \times 0,10403$$

$$= 0,60026$$

$$BNJ 1\% = q (9,8) \times SE$$

$$= 7,68 \times 0,10403$$

$$= 0,79896$$

Lampiran C. Data Nilai Konfersi Substrat Menjadi Massa Sel Kering (persen), Dihitung Berdasarkan Ratio Antara Massa Sel Kering Dengan Massa Gula Awal Di Dalam Substrat.

Perlakuan Gula (%)	pH	Ulangan		Juniah	Rata-rata
		I	II		
3	4,5	0,66	0,77	1,34	0,69
3	4,8	1,70	1,66	3,36	1,68
3	5,0	1,25	1,30	2,53	1,26
3	4,5	1,14	1,54	2,68	1,34
5	4,8	2,30	2,38	4,68	2,34
5	5,0	1,78	1,72	3,50	1,75
7	4,5	0,85	0,88	1,73	0,86
7	4,8	1,65	1,68	3,33	1,66
7	5,0	1,50	1,51	3,01	1,50

Lampiran D. Analisis Sidik Ragam Konversi Substrat Menjadi Massa Sel Kering

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah kuadrat	Kuadrat Tengah	F.Hitung	F.Tabel	
					5%	1%
Kelompok	1	0,0523	0,0523	2,9665	5,32	11,26
A	2	1,4641	0,7320	41,5252 **	4,46	8,65
B	2	2,6632	1,3316	75,5320	4,46	8,65
A x B	4	0,0451	0,0112	0,6392	5,64	7,01
Galat	8	0,1410	0,0176	-	-	-
Total	17	4,3137	-	-	-	-

** = Berpengaruh sangat nyata

* = Berpengaruh nyata

Uji Beda Nyata Jujur (BNJ) terhadap perlakuan konsentrasi gula substrat dan pH substrat :

$$SE = E/N$$

Dimana: E = KT galat

N = Banyaknya Reflikasi

$$\begin{aligned} \text{BNJ } 5\% &= q (3,8) \times SE & \text{BNJ } 1\% &= q (3,8) \times SE \\ &= 4,04 \times 0,03567 & &= 5,63 \times 0,03567 \\ &= 0,14413 & &= 0,020087 \end{aligned}$$

Uji Beda Nyata Jujur (BNJ) terhadap interaksi perlakuan konsentrasi gula substrat dan pH substrat :

$$\begin{aligned} \text{BNJ } 5\% &= q (9,8) \times SE & \text{BNJ } 1\% &= q (7,8) \times SE \\ &= 5,77 \times 0,0619 & &= 7,68 \times 0,06179 \\ &= 0,35665 & &= 0,47459 \end{aligned}$$

Lampiran E. Hasil Rata-rata Produksi Massa Sel Kering (g/l) Dengan Uji Beda Nyata Jujur Untuk Perlakuan Konsentrasi Gula Substrat.

Perlakuan	Rata-Rata (g/l)	Beda Antar Perlakuan
A ₁	0,363	(A ₃ -A ₁) (A ₃ -A ₂) (A ₂ -A ₁)
A ₂	0,970	0,58** 0,02 0,60**
A ₃	0,943	

** = Berbeda sangat nyata SE = 0,06006

* = Berbeda nyata BNJ 5% = 0,2426

BNJ 1% = 0,3381

Lampiran F. Hasil Rata-rata Produksi Massa Sel Kering (g/l) Dengan Uji Beda Nyata Jujur Untuk Perlakuan pH Substrat

Perlakuan	Rata-rata (g/l)	Beda Antar Perlakuan
B ₁	0,526	(B ₃ -B ₁) (B ₃ -B ₂) (B ₂ -B ₁)
B ₂	0,946	0,27** 0,14 0,42**
B ₃	0,80	

** = Berbeda sangat nyata SE = 0,06006

* = Berbeda nyata BNJ 5% = 0,2426

BNJ 1% = 0,3381

Lampiran G. Hasil Rata-rata Produksi Massa Sel Kering (g/l) Dengan Uji Beda Nyata Jujur Untuk Interaksi Antar Perlakuan Konsentrasi Gula Substrat dan pH Substrat

Perlakuan	Rata-Rata (g/l)			Beda Antar Perlakuan		
	B ₁	B ₂	B ₃	(B ₃ -B ₁)	(B ₃ -B ₂)	(B ₂ -B ₁)
A ₁	0,21	0,50	0,38	0,17	0,12	0,29
A ₂	0,67	1,17	0,87	0,50	0,30	0,20
A ₃	0,61	1,17	1,05	0,44	0,12	0,56
(A ₃ -A ₁)	0,40	0,67*	0,67*			
(A ₃ -A ₂)	0,06	0,00	0,18			
(A ₃ -A ₁)	0,46	0,67	0,49			

** = Berbeda sangat nyata

SE = 0,1104032

* = Berbeda nyata

BNJ 5% = 0,60026

BNJ 1% = 0,79896

Lampiran H. Hasil Rata-rata Nilai Konversi Substrat Menjadi Massa Sel Kering (%) Dengan Uji Beda Nyata Jujur Untuk Perlakuan Konsentrasi Gula Substrat

Perlakuan	Rata-rata (%)	Beda Antar Perlakuan		
		(A ₃ -A ₁)	(A ₃ -A ₂)	(A ₂ -A ₁)
A ₁	1,21			
A ₂	1,81	0,13	0,47**	0,68**
A ₃	1,34			

** = Berbeda sangat nyata

SE = 0,035677

* = Berbeda nyata

BNJ 5% = 0,14413

BNJ 1% = 0,02008

Lampiran I. Hasil Rata-rata Nilai Konversif Substrat Menjadi Massa Sel Kering (%) Dengan Uji Beda Nyata Jujur Untuk Perlakuan pH Substrat

Perlakuan	Rata-rata (%)	Beda Antar Perlakuan
E ₁	0,96	(B ₃ -B ₁) (B ₃ -B ₂) (B ₂ -B ₁)
E ₂	1,89	0,54** 0,79** 0,93**
E ₃	1,50	

** = Berbeda sangat nyata SE = 0,035677195

* = Berbeda nyata BNJ 5% = 0,1443

BNJ 1% = 0,020086

Lampiran J. Hasil Rata-rata Nilai Konversi Substrat Menjadi Massa Sel Kering (%) Dengan Uji Beda Nyata Jujur Interaksi Antara Perlakuan Konsentrasi Gula Dan pH Substrat

Perlakuan	Rata-rata (%)			Beda Antar Perlakuan		
	B ₁	B ₂	B ₃	(B ₃ -B ₁)	(B ₃ -B ₂)	(B ₂ -B ₁)
A ₁	0,695	0,680	1,265	0,57*	0,42*	0,95**
A ₂	1,340	1,340	1,750	0,42*	0,59*	1,00**
A ₃	0,865	1,665	1,505	0,04*	1,16*	0,80**

(A₃-A₁) 0,17 0,02 0,24

(A₃-A₂) 0,48** 0,68** 0,49**

** = Berbeda sangat nyata SE = 0,0617960

* = Berbeda nyata BNJ 5% = 0,35665

BNJ 1% = 0,474593

Lampiran K. Metode Analisis Karbohidrat, Protein, Lemak, Air, Abu, Serat Kasar, Pada Molasses dan Protein Sel Tunggal

1. Kadar Karbohidrat (Sudarmadji, dkk., 1984)

Penyiapan Kurva Standar

Buat larutan glukosa standar (10 mg glukosa / ml) dan 100 ml dari larutan tersebut dituangkan ke dalam lima tabung sehingga diperoleh larutan glukosa dengan konsentrasi 2, 4, 6, 8 dan 10 mg/ml, dan ditambahkan 7 ml air suling ke masing-masing tabung. Masing-masing larutan standar tersebut di atas, satu tabung diisi 1 ml air suling sebagai blanko, tambahkan ke dalam masing-masing tabung di atas 1 ml reagensia Nelson dan dipanaskan semua tabung pada pemanasan air mendidih selama 20 menit. Ambil tabung semuanya dan segera didinginkan bersam-sama dalam gelas piala yang berisi air dingin, sehingga tabung suhu mencapai 25 °C, setelah dingin tambahkan 1 ml reagensia arsenomolybdat gojok sampai semua endapan Cu_2O yang ada larut kembali, setelah semua endapan Cu_2O larut sempurna, tambahkan 7 ml air suling, gojoklah sampai homogen, teralah *optical density* (OD) masing-masing larutan tersebut pada panjang gelombang 540 nm, buatlah kurva standar yang menunjukkan hubungan antara konsentrasi glukosa dan OD.

Penentuan Gula Reduksi Pada Contoh

Siapkan larutan contoh yang mempunyai kadar gula reduksi sekitar 1 - 5 mg/10 ml. Perlu diperhatikan bahwa larutan contoh ini harus jernih, karena itu bila dijumpai larutan contoh yang keruh atau berwarna maka perlu dilakukan preparasi terlebih dahulu dengan menggunakan Pb asetat atau copper sulphate solution, paprika, dan larutan cupric yang sudah disediakan. ke dalam tabung reaksi yang bersih, tambahkan 1 ml reagensia nelson dan serukannya 10 mg. kemudian pada penyiapan kurva standar di atas, pilih 5 ml, 10 ml, dapat ditentukan berdasarkan OD larutan contoh dan kurva standar glukosa.

2. Kadar Protein Cara Spektrofotometri (Sudarmadji, 1984)

Ambil 5 larutan protein dan diencerkan sampai 100 ml dengan aquades dalam labutaker, dari larutan tersebut ambil 5 ml tambahkan 10 ml larutan amido black dalam tabung sentrifuge 15 ml dan gojoklah. Diamkan selama 10 menit, ambil 3 ml supernatant dan encerkan menjadi 200 ml dalam labu ukur dan bacalah optical density (OD) dengan spektrofotometri pada panjang gelombang 615 nm, buatlah blanko dengan mengganti 5 ml aquades. Standarisasi spektrofotometri pada OD nol dengan aquades dan bacalah OD blanko (kurva kuvet). Harga OD terkoreksi ($OD_m - OD_{blanko}$) dipakai untuk menentukan kadar protein dengan

membaca pada kurva standar. Catatan : Kurva standar dibuat dengan larutan protein murni atau larutan protein yang telah diketahui kadar proteinnya dengan konsentrasi yang semakin menaik. diperlukan prosedur di atas, gambar kurva menunjukkan hubungan antara v kadar protein dengan OD-nya. Untuk menghitung kadar protein mole-mole jangan lupa masukkan faktor pengkonversian.

3. Kadar Protein Dengan Soxhlet (Sudarmadji, 1984)

Timbang dengan teliti $x = 2$ gram bahan yang telah dihaluskan dengan penghalus dengan pasir yang telah disinterkan sebanyak 5 gram dan masukkan ke dalam tabung ekstraksi soxhlet dalam timbali. Alirkan air pendingin melalui kondensor pasanglah tabung ekstraksi pada alat destilasi soxhlet dengan pelarut petroleum ether secukupnya selama 4 jam. Setelah residu dalam tabung ekstraksi diaduk, ekstraksi dilanjutkan lagi selama 2 jam dengan pelarut yang sama. Petroleum ether yang telah mengandung ekstrat lemak dan minyak dipindahkan ke dalam botol timbang yang bersih dan diketahui beratnya kemudian diuapkan dengan pemanas air sampai berat konstan, berat residu dalam botol timbang dinyatakan sebagai berat lemak dan minyak.

4. Kadar Air (Sudarmadji, 1984)

Timbang moleses sebanyak a sampai 5 gram dalam

cawang yang telah diketahui beratnya. Kemudian keringkan dengan menggunakan oven pada suhu 100 sampai 105 °C selama 3 hingga 5 jam tergantung beratnya. Kemudian dinginkan dalam eksikator dan timbang, perlakuan ini diulang sampai tercapai berat konstan. Pengurangan berat merupakan banyaknya air dalam bahan.

$$\text{KA} = \frac{a - b}{a} \times 100\%$$

Dimana: a = Berat mula-mula (gram)
b = Berat setelah dikeringkan (gram)

KA = Kadar air bahan (%)

5. Kadar Abu (Sudarmadji, 1984)

Timbang cawan seksama lebih kurang 2 gram sampai 10 gram contoh dalam krus porselin yang kering dan telah diketahui beratnya, kemudian pijarkan dalam mofle sampai diperoleh abu berwarna keputih-putihan. Masukkan krus dan abu ke dalam eksikator dan timbang berat abu setelah dingin.

$$\text{Kadar Abu} = \frac{a - b}{a} \times 100\%$$

Dimana: a = Berat mula-mula (gram)
b = Berat setelah dikeringkan (gram)

6. Serat Kasar (Sudarmadji, 1984)

Serat kasar residu dari bahan makanan atau pertanian setelah diperlukan asam atau alkali mendidih dan terdiri dari selulosa dengan lignin dan pentosa.

Timbang 1 gram sampai 2 gram bahan dan ekstraksi seratnya dengan Soxhlet, kalau bahan sedikit mengandung lemak misalnya sayur-sayuran, gunakan 10 gram bahan, kalau lebih dikeringkan dan ekstraksi lemaknya. Masukkan bahan ke dalam erlenmeyer 600 ml. Kalau ada kelebihan 0,5 gram lemak yang telah dipisahkan dan 2 cc air 10% dari buah (antifolat pengh). Taruh ke 200 ml larutan H_2SO_4 mendidih dan tutuplah dengan pendingin balik, didihkan selama 30 menit dengan kadang kala digoyang-goyangkan. Saring suspensi melalui kertas saring dan residu yang tertinggal dalam erlenmeyer dicuci dengan aquades mendidih. Cucilah residu dalam kertas saring sampai air cucian tidak bersifat asam lagi (uji melalui kertas lakmus). Pindahkan secara kuantitatif residu dari kertas saring ke dalam erlenmeyer kembali dengan spatula, dan sisanya dicuci dengan larutan NaOH mendidih sebanyak 200 ml sampai semua residu masuk ke dalam erlenmeyer. Didihkan dengan pendingin balik sambil kadang kala digoyang-goyangkan selama 30 menit. Saringlah melalui kertas saring yang diketahui beratnya, sambil dicuci dengan larutan K_2SO_4 10%, cuci lagi residu dengan aquades mendidih dan kemudian lebih

kurang) (a) - (b) x 100. 95% berarti serat sangat sedikit atau tidak dengan sisanya pada suhu 110 °C sampai berat konstan (1 - 2 jam), dinginkan dalam ekrakober dan ditimbang. Jangan lupa mengurangi berat asbes kalau digunakan.
Berat residu = berat serat kasar.



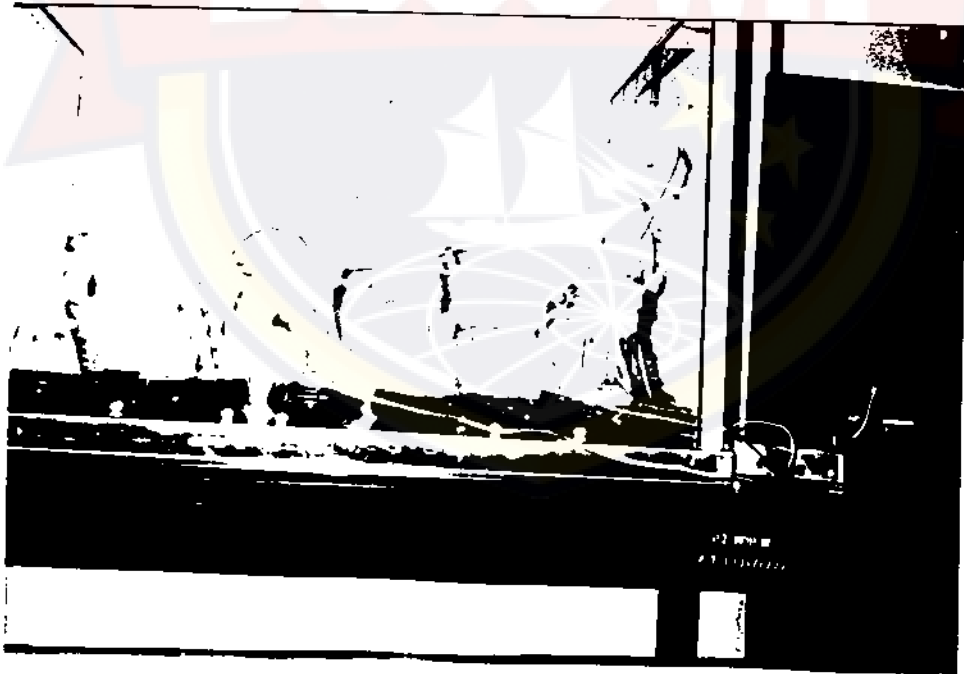
Gambar 7. Pembuatan suspensi molasses



Gambar 8. Penentuan konsentrasi gula substrat dengan refraktometer.



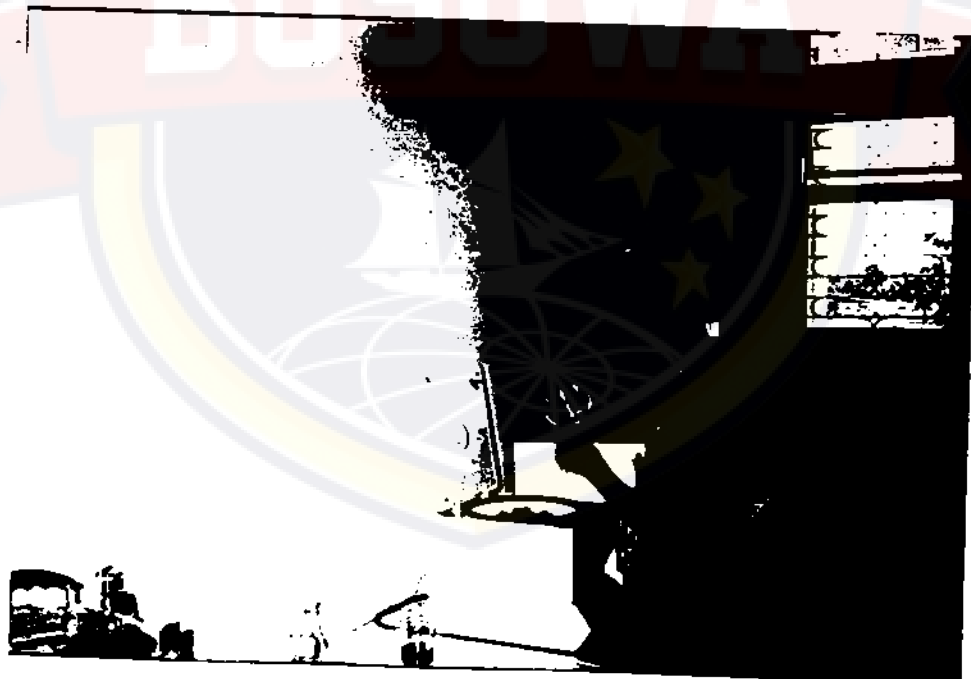
Gambar 9. Pembuatan dan kultur sel kultur



Gambar 10. Pengamatan protein sel tunggal pada pahan sel yang kolasekan dengan antibodi "Re"



Gambar 11. Hasil akhir fermentasi setelah 72 jam pada protein sel ragi.



Gambar 12. Peningkatan sel *Candida utilis* diaduk dengan bantuan sentrifuge



Gambar 1.7. Petri dish yang terdapat yang ditunjukkan berda warna sel-sel yang.