



Pengaruh Media Tumbuh terhadap Kadar Protein *Saccharomyces cerevisiae* dalam Pembuatan Protein Sel Tunggal

The influence of growth media to the protein content of Saccharomyces cerevisiae in producing Single Cell Protein

ERNA PURWITASARI, ARTINI PANGASTUTI[♥],
RATNA SETYANINGSIH

Jurusan Biologi FMIPA Universitas Sebelas Maret (UNS) Surakarta 57126.

Diterima: 13 Juli 2004. Disetujui: 8 Agustus 2004.

ABSTRACT

The aim of this research was to examine the influence of difference growth media, i. e. tofu liquid waste, tofu solid waste, and coconut water in various composition and *Yeast Extract Peptone Dextrose* (YEPD), to protein contents of *Saccharomyces cerevisiae* in Single Cell Protein (SCP) production. The framework of this research was that tofu liquid waste, tofu solid waste, and coconut water were containing a lot of carbons, nitrogens, minerals, and vitamin that could be used as growth medium of *S. cerevisiae* to produce SCP, which was commonly used. The medium from tofu liquid waste and the coconut water were made by ratio 2:1, 1:1, 1:2 and added with tofu solid waste 1.5 g and 2.5 g. Then, the measurement of pH medium, the amount of cell, cell dried weight, and the protein content in *S. cerevisiae* was done. The measurement of protein content was done by Lowry method. The result of the research showed that growth media influenced protein content of *S. cerevisiae*. Protein content of *S. cerevisiae* cultured in tofu liquid waste-coconut water was lower then in YEPD medium. The protein content of *S. cerevisiae* cultured in tofu liquid waste and coconut water ratio 1:2, added with 2.5 g tofu solid waste was higher then in other medium composition.

♥ Alamat korespondensi:

Jl. Ir. Sutami 36A, Surakarta 57126
Tel. & Fax.: +62-271-663375.
e-mail: biology@mipa.uns.ac.id

Keywords: *Saccharomyces cerevisiae*, growth media, Single Cell Protein, protein content.

PENDAHULUAN

Protein Sel Tunggal (PST) merupakan sel kering atau biomassa mikroorganisme seperti khamir, bakteri, dan ganggang yang dapat digunakan sebagai sumber protein untuk pangan dan pakan (Wuryastuti, 1992; Naiola, 1998; Madigan *et al.*, 2000). PST merupakan salah satu alternatif untuk pemenuhan kebutuhan protein di masa depan, karena selain mengandung protein tertentu, juga mengandung karbohidrat, lemak, vitamin, mineral, dan nutrien lain yang

dibutuhkan manusia (Kuswardani dan Wijajaseputra, 1998; Amaria dkk., 2001).

Saccharomyces cerevisiae termasuk khamir kelas Ascomycetes yang banyak mengandung protein, karbohidrat, dan lemak, sehingga dapat dikonsumsi oleh manusia dan hewan guna melengkapi kebutuhan nutriennya sehari-hari. *S. cerevisiae* juga mengandung vitamin, khususnya vitamin B kompleks. *S. cerevisiae* mudah dicerna, enak, dan tidak menularkan atau menimbulkan penyakit (Tjokroadikoesoemo, 1986; Amaria dkk., 2001). *S. cerevisiae* sangat mudah ditumbuhkan pada berbagai media asalkan terdapat sumber

karbon, nitrogen, hidrogen, oksigen, sulfur, kalsium, vitamin, mineral serta air (Wibowo, 1990; Amaria dkk., 2001).

Medium yang biasa digunakan untuk menumbuhkan *S. cerevisiae* adalah *Yeast Extract Peptone Dextrose* (YEPD) dan *Yeast Extract Peptone Gliserol* (YEFG) (Goeddel, 1990), tetapi tidak tertutup kemungkinan menumbuhkan khamir ini pada medium yang lebih ekonomis seperti limbah industri pangan. Pabrik tahu sebagai salah satu industri pangan, di samping menghasilkan tahu sebagai produknya juga mengeluarkan limbah sebagai entropinya. Limbah cair tahu dan ampas tahu merupakan sumber bahan organik terutama karbon dalam bentuk karbohidrat. Limbah cair tahu dan ampas tahu juga mengandung protein, lemak, vitamin, dan mineral (Ca, Mg, Fe) sehingga berpotensi sebagai medium pertumbuhan mikroorganisme (Kasmidjo, 1991; Jenie dan Rahayu, 1993; Kuswardani dan Wijajaseputra, 1998).

Di sisi lain, air kelapa juga sangat potensial sebagai sumber karbon (Nuraida dkk., 1996). Air kelapa mempunyai nilai gizi tinggi. Menurut Santoso (2003), unsur karbon dalam air kelapa berupa karbohidrat sederhana seperti glukosa, sukrosa, fruktosa, inositol, dan sorbitol sehingga mudah digunakan sebagai medium pertumbuhan *S. cerevisiae*. Air kelapa juga mengandung protein, mineral, vitamin B, dan vitamin C. Menurut Fardiaz dkk. (1996), air kelapa telah lama digunakan sebagai medium untuk menumbuhkan ragi makanan.

Pada penelitian ini dilakukan pemanfaatan limbah cair tahu, ampas tahu, dan air kelapa dengan variasi komposisi sebagai media tumbuh *S. cerevisiae*, sehingga diketahui perbedaan kadar protein sel *S. cerevisiae* dibandingkan dalam medium YEPD. Dengan pencampuran ketiga substrat tersebut diharapkan dapat dihasilkan produk PST yang mempunyai kadar protein tinggi dan limbah yang sering dianggap sebagai sumber pencemaran dapat dimanfaatkan.

BAHAN DAN METODE

Waktu dan lokasi penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan November 2003 s.d. Februari 2004 di Sub Laboratorium Biologi Laboratorium Pusat MIPA Universitas Sebelas Maret Surakarta.

Bahan

Biakan murni *Saccharomyces cerevisiae*, limbah cair tahu dan ampas tahu segar, air kelapa segar, ekstrak khamir, pepton, dekstrosa, akuades, NaOH 0,5N, H₂O, Na₂CO₃, CuSO₄, K-Na-Tartrat, Folin-ciocalteau dan *Bovine Serum Albumine* (BSA).

Cara kerja

Pembuatan medium YEPD

Medium YEPD dibuat dari campuran ekstrak khamir, pepton, dekstrosa, dan akuades. Semua bahan dimasukkan dalam *beaker glass* dan diaduk hingga homogen. Campuran tersebut kemudian dimasukkan dalam botol selai sampai volume 150 mL. Botol selai ditutup dengan busa dan aluminium foil, kemudian disterilkan dengan autoklaf pada suhu 121°C selama 15 menit. Selanjutnya medium didinginkan dan setelah dingin siap diinokulasi.

Pembuatan medium limbah tahu-air kelapa

Medium dibuat dari limbah cair tahu dan air kelapa dengan 3 macam perbandingan (2:1 ; 1:1 ; 1:2) sampai volume 150 mL. Selanjutnya kedua bahan ditambah ampas tahu sebanyak 1,5 g dan 2,5 g. Ketiga bahan tersebut diaduk hingga homogen, disaring, dan dimasukkan ke dalam botol selai. Botol selai lalu ditutup dengan busa dan disterilkan dengan autoklaf pada suhu 121°C selama 15 menit, kemudian medium didinginkan dan setelah dingin siap diinokulasi.

Secara keseluruhan terdapat tujuh variasi media, yaitu:

1. Medium 1 : medium YEPD
2. Medium 2 : medium limbah cair tahu dan air kelapa (2:1) + 1,5 g Ampas tahu
3. Medium 3 : medium limbah cair tahu dan air kelapa (1:1) + 1,5 g Ampas tahu
4. Medium 4 : medium limbah cair tahu dan air kelapa (1:2) + 1,5 g Ampas tahu
5. Medium 5 : medium limbah cair tahu dan air kelapa (2:1) + 2,5 g Ampas tahu
6. Medium 6 : medium limbah cair tahu dan air kelapa (1:1) + 2,5 g Ampas tahu
7. Medium 7 : medium limbah cair tahu dan air kelapa (1:2) + 2,5 g Ampas tahu

Penumbuhan *S. cerevisiae* pada medium YEPD dan medium limbah tahu-air kelapa

Penumbuhan *S. cerevisiae* pada medium YEPD dan limbah tahu-air kelapa berdasarkan metode dari Amaria dkk. (2001). Pada medium YEPD dan medium limbah tahu-air kelapa, *S. cerevisiae* disuspensikan dalam akuades steril dengan kepadatan 10⁶ sel/mL. Masing-masing medium dalam botol jam diinokulasi dengan 1 mL

suspensi tersebut. Selanjutnya, baik medium YEPD maupun medium limbah tahu-air kelapa diinkubasi di dalam inkubator pada suhu 30°C selama 20 jam. Kemudian medium tersebut diukur pH dan dihitung populasi sel *S. cerevisiae* setiap 24 jam selama 4 hari.

Pengukuran pH medium

Pengukuran pH medium YEPD dan limbah tahu-air kelapa dilakukan pada jam ke- 24, 48, 72, dan 96 jam dengan menggunakan pH meter.

Penghitungan jumlah sel *S. cerevisiae*

Penghitungan jumlah sel/mL dilakukan setiap 24 jam berdasarkan metode dari Hadioetomo (1993) dengan alat hemositometer pada mikroskop cahaya.

Pembuatan serbuk sel-sel *S. cerevisiae*

Pembuatan serbuk sel-sel *S. cerevisiae* berdasarkan metode dari Amaria dkk. (2001). Sel-sel *S. cerevisiae* dipanen saat pertumbuhan optimal dengan melakukan sentrifugasi 3000 rpm sebanyak 2 kali masing-masing selama 10 menit. Endapan dicuci dengan cara diberi akuades dan disaring dengan kertas saring Whatman no.40. Selanjutnya sel dikeringkan pada suhu 50-60°C selama 3 hari. Setelah kering, dilakukan penggerusan sel, kemudian serbuk yang dihasilkan ditimbang berat kering selnya dan dianalisis kandungan proteinnya.

Analisis kadar protein metode Lowry

Kadar protein diukur dengan metode Lowry menggunakan spektrofotometer (Sudarmadji dkk., 1984; Suhardi, 1991; Hall *et al.*, 1993). Serbuk sel sebanyak 0,5 g dihaluskan dan ditambah akuades sampai volume 100 mL. Kemudian larutan disaring dan ditambah 100 mL akuades. Larutan diambil 1 mL dan ditambah 1 mL Lowry D, digojog dengan vortex, dan didiamkan selama 15 menit pada suhu kamar. Selanjutnya larutan ditambah 3 mL Lowry E, digojog dengan vortex, didiamkan selama 45 menit pada suhu kamar dan segera diukur absorbansinya pada λ 590 nm. Kemudian dibuat kurva standart *Bovine Serum Albumine* dengan konsentrasi 0,06; 0,12; 0,18; 0,24; 0,3 mg/mL, sehingga diperoleh garis regresi hubungan antara absorbansi dengan konsentrasi protein. Berdasarkan garis ini kandungan protein sampel dapat diketahui.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Nilai pH

Hasil pengukuran pH medium dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai pH medium limbah tahu-air kelapa dan YEPD selama 96 jam pertumbuhan *S. cerevisiae* dalam pembuatan PST.

Medium	Rerata pH Jam ke-			
	24	48	72	96
1	4,98	5,46	5,85 ^d	6,06
2	4,51	4,53	4,56 ^a	4,68
3	4,76	4,79	4,84 ^b	4,96
4	4,99	5,03	5,12 ^c	5,21
5	4,62	4,68	4,76 ^{ab}	4,88
6	4,77	4,80	4,89 ^b	4,99
7	5,02	5,16	5,25 ^c	5,34

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama dalam satu kolom menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji DMRT 5%.

Berdasarkan analisis varian diketahui bahwa nilai pH medium pada semua medium dan waktu pembiakan 72 jam menunjukkan perbedaan yang signifikan. Dari hasil uji DMRT pada taraf signifikansi 5% diperoleh hasil bahwa terdapat perbedaan nilai pH medium pada semua medium. Nilai pH medium tertinggi dari semua medium diperoleh pada medium YEPD. Nilai pH medium tertinggi pada medium limbah diperoleh pada medium limbah cair tahu dan air kelapa dengan perbandingan 1:2 ditambah 2,5 g ampas tahu. Sedangkan nilai pH medium terendah diperoleh pada medium limbah cair tahu dan air kelapa dengan perbandingan 2:1 ditambah 1,5 g ampas tahu sebesar 4,56.

Nilai pH awal pada masing-masing medium adalah 4,5. Hasil pengukuran pH pada semua medium antara 4,56-5,85. Nilai pH medium tersebut masih berada dalam batas normal untuk pertumbuhan *S. cerevisiae* yaitu 2,5-8,5, sehingga perubahan pH pada semua medium tidak menghambat pertumbuhan *S. cerevisiae*.

Pada medium pertumbuhan, pH mempunyai peranan yang sangat penting. Dari Tabel 1, dapat dilihat bahwa pada medium YEPD terjadi peningkatan pH di atas pH optimum untuk pertumbuhan *S. cerevisiae*. Hal ini disebabkan sumber karbon dalam medium mulai tidak mencukupi sehingga terjadi pembongkaran protein dalam medium untuk aktivitas metabolismenya. Proses metabolisme tersebut akan menghasilkan metabolit-metabolit hasil degradasi protein seperti urea dan ion-ion

amonium yang dapat menyebabkan kenaikan pH (Kuswardani dan Wijajaseputra, 1998).

Jumlah sel

Hasil penghitungan jumlah sel *S. cerevisiae* pada medium YEPD dan medium limbah tahu-air kelapa dengan berbagai komposisi ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Jumlah sel ($\times 10^6$ sel/mL) *S. cerevisiae* pada medium limbah tahu-air kelapa dan YEPD selama 96 jam pertumbuhan *S. cerevisiae* dalam pembuatan PST.

Medium	Rerata jumlah sel ($\times 10^6$ sel/mL) jam ke-			
	24	48	72	96
1	20,72	21,98	29,00 ^b	20,54
2	6,38	6,80	7,75 ^a	6,56
3	6,62	6,84	7,88 ^a	6,78
4	6,74	7,12	8,13 ^a	7,06
5	6,48	6,82	7,88 ^a	6,62
6	6,70	7,01	8,00 ^a	6,84
7	7,16	7,52	8,89 ^a	7,39

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama dalam satu kolom menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji DMRT 5%.

Berdasarkan Analisis Varian diketahui bahwa jumlah sel *S. cerevisiae* antara medium YEPD dengan medium limbah tahu-air kelapa menunjukkan adanya beda nyata. Hal ini berarti terdapat pengaruh medium terhadap jumlah sel. Tetapi jumlah sel dalam medium limbah tahu-air kelapa dengan berbagai komposisi tidak menunjukkan adanya beda nyata.

Selama pembiakan 72 jam, *S. cerevisiae* mengalami pertumbuhan yang cepat karena nutrisi yang terkandung dalam medium tersedia dalam jumlah yang berlebih untuk dimanfaatkan *S. cerevisiae* bagi pertumbuhannya. *S. cerevisiae* memanfaatkan protein, karbon, dan mineral dalam medium sebagai substrat metabolisme untuk sintesis komponen sel. Protein, karbon, dan mineral tersebut dapat diperoleh dari ekstrak khamir, pepton, dekstrosa, limbah cair tahu, ampas tahu, dan air kelapa. Menurut Machfud dkk. (1989), peningkatan jumlah sel dan massa sel menandai adanya pertumbuhan mikroorganisme. Kemudian menurut Fardiaz (1987), semakin tinggi kecepatan pertumbuhan semakin banyak jumlah massa sel.

Perbedaan jumlah sel *S. cerevisiae* pada berbagai medium yang digunakan disebabkan oleh persediaan zat-zat nutrisi yang terdapat dalam masing-masing medium tersebut. Menurut Amaria dkk. (2001), untuk tumbuh dan berkembangbiak, *S. cerevisiae* memerlukan unsur-unsur seperti C, H, O, N, S, P, K, dan berbagai

mineral seperti Fe, Mg, Na, dan Mn.

Waktu pembiakan 72 jam pada semua medium memberikan jumlah sel yang terbanyak, karena pada masa tersebut laju pertumbuhan memasuki akhir fase logaritmik. Menurut Fardiaz (1992) fase logaritmik merupakan fase pada saat mikroorganisme membelah dengan cepat. Pada fase ini kecepatan pertumbuhan sangat dipengaruhi oleh medium tempat tumbuhnya seperti pH dan kandungan nutrisi, juga kondisi lingkungan termasuk suhu dan kelembaban udara. Selain itu, pada fase ini mikroorganisme membutuhkan energi lebih banyak daripada fase lainnya.

Seperti halnya pada medium YEPD, medium limbah cair tahu dan air kelapa ditambah ampas tahu juga mengandung unsur-unsur yang diperlukan *S. cerevisiae* untuk pertumbuhannya (Kuswardani dan Wijajaseputra, 1998). Jumlah unsur-unsur tersebut lebih rendah dibandingkan medium YEPD dan beberapa masih dalam bentuk kompleks, sehingga tidak dapat digunakan oleh *S. cerevisiae*. Medium limbah cair tahu dan air kelapa dengan perbandingan 1:2 ditambah 2,5 g ampas tahu menghasilkan jumlah sel terbanyak. Hal ini dikarenakan air kelapa yang digunakan lebih banyak. *S. cerevisiae* hanya dapat menggunakan karbohidrat sederhana seperti yang terdapat pada air kelapa tersebut. Menurut Nuraida dkk. (1996) dan Santoso (2003) air kelapa mengandung karbohidrat sederhana seperti glukosa, sukrosa, fruktosa, inositol, dan sorbitol yang dapat digunakan oleh *S. cerevisiae* sebagai sumber karbon.

Berat kering sel

Berat kering sel *S. cerevisiae* yang ditumbuhkan dalam medium YEPD dan medium limbah tahu-air kelapa dengan berbagai komposisi adalah seperti pada Tabel 3.

Tabel 3. Berat kering sel (g) *S. cerevisiae* pada medium limbah tahu-air kelapa dan YEPD selama 96 jam pertumbuhan dalam pembuatan PST.

Medium	Rerata berat kering sel (g) jam ke-			
	24	48	72	96
1	2,20	2,55	3,71 ^c	2,22
2	0,60	0,75	0,99 ^a	0,72
3	0,64	0,80	1,00 ^a	0,77
4	0,73	0,80	1,03 ^a	0,86
5	0,62	0,75	1,00 ^a	0,72
6	0,64	0,80	1,01 ^a	0,86
7	0,77	0,83	1,11 ^b	0,83

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama dalam satu kolom menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji DMRT 5%.

Berdasarkan analisis varian diketahui bahwa berat kering sel *S. cerevisiae* antara medium YEPD dengan medium limbah tahu-air kelapa menunjukkan perbedaan yang signifikan. Sedangkan berat kering sel pada medium limbah cair tahu dan air kelapa perbandingan 1:2 ditambah 2,5 g ampas tahu terdapat perbedaan secara nyata dengan komposisi yang lain. Berat kering sel tertinggi pada medium limbah didapatkan pada medium limbah cair tahu dan air kelapa dengan perbandingan 1:2 ditambah 1,5 g ampas tahu sebesar 1,11 g. Tetapi berat kering sel dalam medium limbah tahu-air kelapa lebih rendah dibandingkan dalam medium YEPD. Hal ini juga disebabkan medium YEPD mengandung nutrisi yang lebih banyak dibandingkan medium lain. Nutrien yang terkandung dalam kedua medium pada waktu pembiakan 72 jam tersedia dalam jumlah yang berlebih untuk dimanfaatkan *S. cerevisiae* bagi pertumbuhannya. *S. cerevisiae* akan memanfaatkan protein, karbon, dan mineral dalam medium sebagai substrat metabolisme untuk sintesis komponen sel. Terjadinya sintesis komponen sel tersebut ditandai dengan meningkatnya berat kering sel.

Menurut Fardiaz (1992) dan Goeddel (1990), membran sel *S. cerevisiae* terdiri dari lipoprotein yang mengandung enzim-enzim yang diperlukan untuk sintesis sebagian komponen dinding sel. Enzim yang terdapat pada sel *S. cerevisiae* antara lain protease, karboksipeptidase, aminopeptidase, dan invertase. Dengan adanya enzim tersebut maka *S. cerevisiae* dapat menggunakan medium YEPD dan medium limbah tahu-air kelapa sebagai medium pertumbuhannya.

Nutrien dalam medium yang tidak mencukupi serta pH yang tidak sesuai akibat terakumulasinya senyawa metabolit yang bersifat toksik akan menghambat pertumbuhan mikroorganisme. Hal itu akan menyebabkan sel mengalami kematian. Fase kematian ini akan terus berlanjut ditandai dengan penurunan berat kering sel.

Kadar protein

Pengukuran kadar protein merupakan salah satu cara pengukuran massa sel secara tidak langsung yang didasarkan atas pengukuran komponen sel berupa protein. Kadar protein yang dinyatakan dalam bentuk persen diukur menggunakan metode Lowry dengan *Bovine Serum Albumine* (BSA) sebagai larutan standart. Hasil penghitungan kadar protein dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Kadar protein sel *S. cerevisiae* (%) pada medium limbah tahu-air kelapa dan YEPD selama 96 jam pertumbuhan dalam pembuatan PST.

Medium	Rerata kadar protein (%) jam ke-			
	24	48	72	96
1	38,56	38,72	39,43 ^e	37,33
2	26,60	26,85	27,31 ^a	26,72
3	26,64	27,25	28,93 ^b	26,58
4	28,57	29,58	31,69 ^c	28,86
5	26,41	26,88	27,54 ^a	26,72
6	27,34	27,94	29,27 ^b	27,62
7	29,58	31,61	34,47 ^d	30,24

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama dalam satu kolom menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji DMRT 5%.

Analisis varian menunjukkan bahwa kadar protein sel antara medium YEPD dan limbah tahu-air kelapa jam ke-72 menunjukkan perbedaan yang signifikan. Kadar protein sel tertinggi dari semua medium diperoleh pada medium YEPD jam ke-72 yaitu sebesar 39,43%. Sedangkan kadar protein sel tertinggi pada medium limbah diperoleh pada medium limbah cair tahu dan air kelapa dengan perbandingan 1:2 ditambah ampas tahu 2,5 g yaitu sebesar 34,47%.

Kadar protein sel *S. cerevisiae* dalam medium YEPD lebih tinggi dibandingkan lainnya. Hal ini berhubungan dengan ketersediaan nutrisi dalam medium. Dalam medium YEPD, nutrisi yang menyediakan energi, nitrogen, vitamin, dan mineral untuk pertumbuhan dan perkembangbiakan *S. cerevisiae* lebih mencukupi daripada medium lainnya. Begitu pula dengan medium limbah cair tahu dan air kelapa dengan perbandingan 1:2 ditambah 2,5 g ampas tahu memberikan kadar protein tertinggi dibanding medium limbah tahu-air kelapa dengan komposisi lain. Hal ini disebabkan nutrisi yang tersedia dalam medium tersebut terutama gula (glukosa, sukrosa, fruktosa, inositol, dan sorbitol) yang berasal dari air kelapa lebih banyak dibandingkan pada komposisi medium limbah lainnya. Buckle *et al.* (1985) menyatakan bahwa nutrisi yang mengandung gula akan memberi energi bagi proses metabolisme *S. cerevisiae*.

Menurut Fardiaz (1992), semakin baik nutrisi di dalam substrat tempat tumbuhnya, maka pertumbuhan sel semakin cepat yang akan meningkatkan kadar protein sel. Selain itu kadar protein sel dipengaruhi oleh waktu pembiakan. Menurut Kuswardani dan Wijajaseputra (1998) waktu pembiakan yang terlalu singkat akan menghasilkan PST dalam jumlah rendah karena

biokonversi komponen medium belum optimal. Sedangkan waktu pembiakan yang terlalu lama akan menyebabkan terjadinya penurunan protein yang terakumulasi dalam PST akibat autolisis untuk memenuhi kebutuhan energinya sehubungan dengan ketersediaan nutrisi dalam medium yang semakin tidak mencukupi.

KESIMPULAN

Variasi media tumbuh berpengaruh terhadap kadar protein sel *S. cerevisiae*. Kadar protein sel *S. cerevisiae* yang ditumbuhkan pada medium YEPD tertinggi dibandingkan medium lain yaitu sebesar 39,43%. Sedangkan kadar protein sel *S. cerevisiae* pada medium limbah cair tahu dan air kelapa (1:2) ditambah 2,5 g ampas tahu lebih tinggi dibandingkan medium limbah dengan komposisi yang lain, yaitu sebesar 34,47%.

DAFTAR PUSTAKA

- Amaria, Isnawati, Rini, dan Tukiran. 2001. Biomassa *Saccharomyces cerevisiae* dari limbah buah dan sayur sebagai sumber vitamin B. *Himpunan Makalah Seminar Nasional Teknologi Pangan*. 138-150.
- Buckle, K.A., R.A. Edwards, G.H. Fleet, and M. Wooton. 1985. *Ilmu Pangan*. Penerjemah: Purnomo, H. dan Adiono. Jakarta: UI Press.
- Fardiaz, S. 1987. *Fisiologi Fermentasi*. Bogor: PAU Pangan dan Gizi IPB.
- Fardiaz, S. 1992. *Mikrobiologi Pangan*. Yogyakarta: Penerbit Kanisius.
- Fardiaz, S., E.D. Nuraeni, dan H. Kusumaningrum, 1996. Pemanfaatan air kelapa untuk produksi minuman sehat antidiare melalui proses fermentasi laktat. *Buletin Teknologi dan Industri Pangan* 7(2): 47-53.
- Goeddel, D.V. 1990. *Methods in Enzymology*. New York: Academic Press, Inc.
- Hadioetomo, R. S. 1993. *Mikrobiologi Dasar dalam Praktek*. Jakarta: P.T. Gramedia.
- Hall, D.O., J.M.O. Scurlock, H.R. Bolhar, R.C. Leegood, and S.P. Long. 1993. *Photosynthesis and Production in a Changing Environment. A Field and Laboratory Manual*. London: Chapman & Hall.
- Jenie, B.S.L. dan W.P. Rahayu. 1993. *Penanganan Limbah Industri Pangan*. Yogyakarta: Penerbit Kanisius.
- Jowilliamson. 2000. Protein Determination-Lowry Procedure. www.BioDavidson.edu/People/jowilliamson/technique/protocolweek5.html. [29 Januari 2003].
- Kasmidjo. 1991. *Bahan Ajaran Penanganan Limbah Pertanian, Perkebunan dan Industri Pangan*. Yogyakarta: PAU Pangan dan Gizi UGM.
- Kuswardani, I dan A. I. Wijajaseputra. 1998. Produksi Protein Sel Tunggal *Phanerochaete chrysosporium* pada media limbah cair tahu yang diperkaya: kajian optimasi waktu panen. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Pangan dan Gizi*. 604-613.
- Machfud, E., G. Said, dan Krisnani. 1989. *Fermentor*. Bogor: IPB Press.
- Madigan, M.C., J. Martinko, and J. Parker, 2000. *Biology of Microorganisms*. 9th ed. New York: Prentice Hall International Inc.
- Naiola, E. 1998. Seleksi biak *Aspergillus* spp. penghasil amilase untuk pembuatan Protein Sel Tunggal dari tepung ganyong (*Canna edulis* Kerr.). *Berita Biologi* 4 (4): 157-162.
- Nuraida, L., S. H. Sihombing, dan S. Fardiaz, 1996. Produksi karotenoid pada limbah cair tahu, air kelapa dan onggok oleh kapang *Neurospora* sp. *Buletin Teknologi dan Industri Pangan* 7 (1): 67-74.
- Santoso, H.B. 2003. *Air Kelapa Limbah Penuh Khasiat*. <http://www.kompas.com/kesehatan/news/senior/gizi/0310/17/gizi.htm>. [8 November 2003]
- Sudarmadji, S., B. Haryono, dan Suhardi. 1984. *Prosedur Analisa Untuk Bahan Makanan dan Pertanian*. Edisi Ketiga. Yogyakarta: Penerbit Liberty.
- Suhardi. 1991. *Analisa Air dan Penanganan Limbah*. Yogyakarta: PAU Pangan dan Gizi UGM.
- Tjokroadikoesoemo, P.S. 1986. *HFS dan Industri Ubi Kayu Lainnya*. Jakarta: Penerbit P. T. Gramedia.
- Wibowo, D. 1990. *Bahan Ajaran Biokimia Proses Fermentasi*. Yogyakarta: PAU Pangan dan Gizi UGM.
- Wuryastuti, H. 1992. *Bahan Ajaran Produk Limbah Sebagai Pakan Ternak*. Yogyakarta: PAU Pangan dan Gizi UGM.