

MEMPELAJARI MEKANISME PRODUKSI MINYAK SEL TUNGGAL DENGAN SISTEM FERMENTASI PADAT PADA MEDIA ONGGOK-AMPAS TAHU DENGAN MENGGUNAKAN KAPANG *ASPERGILLUS TERREUS*

A. STUDY ON THE PRODUCTION MECHANISM OF *ASPERGILLUS TERREUS* SINGLE CELL OIL BY USING A SOLID FERMENTATION SYSTEM WITH A MIXTURE OF TAPIOCA AND TOPU WASTES.

Debby M. Sumanti, Carmencita Tjahjadi, Marleen Herudiyanto dan Tati Sukarti **)

ABSTRAK

Lemak/minyak merupakan nutrisi yang penting untuk menjaga kesehatan tubuh manusia. Mengingat kebutuhan lemak/minyak yang terus meningkat dari tahun ke tahun sejalan dengan makin bertambahnya jumlah penduduk, maka perlu dicari suatu sumber lemak/minyak alternative yang mengandung senyawa-senyawa yang mendukung kesehatan yaitu senyawa asam lemak tidak jenuh *jamak* (*Polyunsaturated Fatty Acid/PUFA*).

Alternatif yang mempunyai prospek cerah untuk dikembangkan adalah penggunaan mikroorganisme untuk produksi minyak sel tunggal (MST), dengan alasan tidak memerlukan lahan yang luas, membutuhkan waktu yang relative singkat, tidak banyak dipengaruhi oleh kondisi ekologi pertumbuhan dan pembentukan produk dapat diatur, dengan demikian harga dapat menjadi lebih stabil. Komponen utama lipida yang dihasilkan adalah triagliserida yang mengandung asam lemak esensial yaitu asam linoleat dan linolenat.

Percobaan ini bertujuan untuk menentukan pengaruh strain kapang *Aspergillus terreus* dan rasio C : N yang paling tepat dalam media fermentasi padat onggok-ampas tahu sehingga menghasilkan minyak sel tunggal dalam jumlah yang tinggi. Dengan demikian diharapkan dapat memberikan sumbangan pemikiran dan informasi yang berarti bagi perkembangan penelitian tentang produksi minyak sel tunggal.

Percobaan ini dilaksanakan di Laboratorium Mikrobiologi Pangan dan Kimia Pangan Program Studi Teknologi Pangan Jurusan Teknologi Pertanian Fakultas Pertanian UNPAD Jatinangor, dari Bulan April – Oktober 2003.

Metode penelitian yang digunakan adalah metode percobaan (*Experimental Method*) dengan menggunakan Rancangan Acak Kelompok Pola Faktorial yang terdiri atas dua faktor yang diulang tiga kali. Faktor pertama adalah strain kapang *A. terreus* yang terdiri dari taraf FNOC 6039 dan FNOC 6040. Faktor kedua adalah rasio C : N media onggok-ampas tahu yang terdiri dari taraf 25/1, 30/1, 35/1,40/1 dan 45/1.

Pengamatan terhadap media onggok-ampas tahu setelah fermentasi meliputi kadar air, kadar pati, kadar gula total, kadar lemak/minyak, kadar protein, nilai pH, bobot media (kehilangan total padatan) dan pengamatan terhadap sifat-sifat fisik minyak sel tunggal yang dihasilkan meliputi warna dan aroma.

Hasil percobaan menunjukkan bahwa tidak terdapat interaksi antara strain kapang *A. terreus* dan rasio C : N terhadap produksi minyak sel tunggal, tetapi secara serempak berpengaruh terhadap kadar pati, kadar gula total dan kadar protein media onggok-ampas tahu. Strain kapang *A. terreus* yang paling berpotensi untuk memproduksi minyak sel

*) Dibiayai oleh Dana Penelitian Ilmu Pengetahuan Dasar DIKTI

***) Staf Pengajar Jurusan Teknologi Pertanian Fak. Pertanian UNPAD Bandung.

tunggal adalah *A. terreus* FNOG 6040 dengan nilai rata-rata kadar lemak/minyak sebesar 12,34%. Rasio C : N yang paling baik untuk produksi minyak sel tunggal adalah rasio C : N = 45/1 dengan nilai rata-rata kadar lemak/minyak sebesar 12,04%. Dalam percobaan ini dilakukan pengamatan terhadap sifat-sifat fisik minyak kapang *A. terreus* khususnya warna dan bau. Adapun minyak kapang *A. terreus* yang dihasilkan berwarna kuning kecoklatan dan berbau amis (*fishy flavor*).

ABSTRACT

Fat/oil is an important nutrient for a healthy body. Considering the ever-increasing annual demand for cooking oil as a result of the rapid increase in population new sources of poly-unsaturated fats/oils must be searched for.

One potential source is the Single Cell Oil (SCO) production does not require vast areas of land, production time is relatively short, environmental conditions have but little influence. On product synthesis and production volume can be easily controlled. Consequently oil prices will be relatively stable. Moreover, the tri-acyl-glycerides produced contain the essential fatty acids, linoleic and linolenic acids.

The objectives of this research was to study the influence of two mold strains of *A. terreus* and the C/N ratio of the growth medium consisting of cassava starch and processing wastes on SCO production. This information will serve as information for further research on SCO production.

This research was conducted at the Food Microbiology and the Food Chemistry Laboratories of the Agricultural Technology Department, Faculty of Agriculture, Padjadjaran University at Jatinangor, Sumedang.

A Factorial Randomized Block Design with 2 factors and 3 replications was used. The first factor was the *A. terreus* strain consisting of 2 levels respectively the FNOG 6039 and the FNOG 6040 strain. The second factor was the C/N ratio of the growth medium, consisting of 5 levels respectively 25/1, 30/1, 35/1, 40/1 and 45/1.

Post-fermentation observations on the growth medium slabs consisted of moisture, starch total glucose fat / oil and proteins content, pH, total solid loss. The SCO obtained was evaluated for color and flavor.

No interaction effects were observed between *A. terreus* strain and the C/N ratio of the growth medium on SCO production but both factors simultaneously influenced starch total glucose and protein constants. The FNOG strain gave the highest rate of SCO production, averaging 12,34%. The best C/N ratio was 45/1, producing 12.04% SCO. The crude SCO was brownish yellow in color and was slightly fishy in aroma.

I. PENDAHULUAN

Kebutuhan lemak/minyak di dunia meningkat dari tahun ke tahun sejalan dengan makin bertambahnya jumlah penduduk. Kira-kira setengah dari kebutuhan yang dapat terpenuhi oleh produksi dunia berasal dari sumber yang ada sekarang. Dari produksi sekitar 60 juta ton/tahun, yang dikonsumsi oleh manusia kurang lebih 80% dan sisanya dimanfaatkan untuk industri (Evans and Ratledge, 1985).

Mengingat kebutuhan lemak yang terus meningkat maka perlu dicari suatu sumber lemak/minyak alternative yang mengandung senyawa-senyawa yang mendukung kesehatan yaitu senyawa asam lemak tidak jenuh jamak (*Polyunsaturated Fatty Acid/PUFA*).

Alternatif sumber lemak/minyak yang mempunyai prospek cerah untuk dikembangkan adalah penggunaan mikroorganisme untuk produksi minyak sel tunggal (MST), dengan alasan tidak memerlukan lahan yang luas, membutuhkan waktu yang relative singkat, tidak banyak dipengaruhi oleh kondisi ekologi pertumbuhan dan pembentukan produk dapat diatur, dengan demikian harga dapat menjadi lebih stabil. Komponen utama lipida yang dihasilkan triasilgiserida (Boulton 1985), dan mengandung asam lemak esensial yaitu asam linoleat dan linoleat (Ratledge, 1983).

Mikroorganisme yang berlemak tinggi (*Oleaginous*) seperti kapang, khamir dan bakteri mempunyai potensi sebagai sumber alternative dari lemak/minyak. Kapang merupakan mikroorganisme *oleaginous* yang paling tepat untuk menghasilkan lemak dibandingkan dengan bakteri dan khamir. Hal ini disebabkan karena kapang lebih mudah ditangani, dapat tumbuh pada kisaran pH yang rendah, dapat mendegradasi sumber karbon (C) yang kompleks dan mampu tumbuh cepat pada limbah serta dapat menghasilkan berbagai asam lemak.

Minyak sel tunggal (MST) mengandung asam lemak tidak jenuh ganda tertentu seperti asam gamma linolenat (*GammaLinolenic Acid/GLA*) dan eikosapentaenoat (EPA). GLA adalah asam lemak omega-6 yang merupakan turunan asam linoleat. Asam linoleat merupakan asam lemak esensial yang harus disuplai dari makanan. GLA merupakan senyawa penting pembentukan prostaglandin dan dapat digunakan sebagai *Health Food Supplement* untuk mengatasi berbagai gangguan kesehatan akibat gizi lebih seperti jantung koroner, hipertensi dan obesitas. Oleh karena itu minyak mikroba mempunyai fungsi *dietik* dan *terapeutik* sehingga dapat disebut sebagai *High Value Oil*.

Aspergillus adalah kapang utama yang digunakan dalam proses fermentasi kecap, atuco dan miso. Diketahui bahwa *Aspergillus flavus* mampu memproduksi lemak (%w/w) sebesar 28%, *A. nidulans* sebesar 51%, *A. ochraceu* sebesar 48% dan pada *A. terreus* sebesar 57%. Dari beberapa spesies kapang *Aspergillus* tersebut, terlihat bahwa *A. terreus* merupakan salah satu jenis kapang yang dapat memproduksi lemak dalam jumlah tinggi. Selain itu juga lemak yang diproduksi oleh *A. terreus* mempunyai komposisi asam lemak tidak jenuh yang lebih tinggi dibandingkan dengan jenis kapang

lainnya. Diketahui bahwa kandungan asam lemaknya hamper sama dengan minyak kelapa sawit yang terdiri dari asam oleat dan linoleat (Ratledge, 1974 dalam Birch et al, 1976).

Adapun strain kapang *A. terreus* yang dicoba dalam penelitian ini adalah FNOC 6039, FNOC 6040, FNOC 6125 dan FNOC 6126. Namun dari keempat strain tersebut hanya dua strain *A. terreus* yang digunakan yaitu FNOC 6039 dan FNOC 6040 karena kedua strain tersebut memiliki beberapa keunggulan dalam produksi minyak sel tunggal.

Kapang *Aspergillus* mempunyai kemampuan untuk menguraikan limbah, sehingga limbah industri pertanian seperti ampas tahu, onggok (ampas tapioka), dedak padi, molase, limbah cair tapioka dan tahu dapat dicoba sebagai medium pertumbuhan untuk produksi minyak sel tunggal.

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi produksi minyak sel tunggal antara lain suhu, pH, waktu inkubasi, aerasi, nutrisi meliputi sumber karbon, nitrogen, vitamin dan mineral serta rasio karbon (C) : nitrogen (N).

Rasio karbon dan nitrogen merupakan faktor penting dalam produksi minyak sel tunggal. Rasio C : N dalam medium fermentasi berperan sebagai sumber nutrisi yang dibutuhkan untuk membentuk energi dan menyusun komponen-komponen sel. Setiap mikroorganisme bervariasi dalam kebutuhannya akan rasio C : N tersebut.

Menurut Rahman (1989), rasio C : N yang digunakan dalam industri fermentasi harus memenuhi beberapa kriteria berikut ini : dapat memproduksi biomassa dengan hasil maksimum untuk setiap gram substratnya, dapat menekan pembentukan produk yang tidak diinginkan sampai serendah mungkin dan memungkinkan pembentukan produk fermentasi dengan laju maksimum serta mutu yang konsisten.

Untuk memenuhi kebutuhan rasio karbon dan nitrogen tersebut maka diperlukan media fermentasi padat yang terdiri dari onggok (ampas tapioka) sebagai sumber karbon dan ampas tahu sebagai sumber nitrogen.

Dari masalah-masalah yang dikemukakan di atas, maka timbul pemikiran untuk memilih strain kapang *A. terreus* yang berpotensi dalam memproduksi minyak sel tunggal dan mencari rasio C : N yang optimum dalam media untuk pertumbuhan sel kapang dan produksi minyak sel tunggal.

II. BAHAN DAN METODE PENELITIAN

2.1. Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah : limbah padat tapioka (onggok) yang merupakan hasil sampingan industri tapioka yang berasal dari unit ekstraksi pati singkong yang diperoleh dari Industri Tapioka Pak Dadang di Garut, ampas tahu yang merupakan limbah padat yang diperoleh dari ekstraksi protein biji kedelai pada proses pembuatan tahu yang berasal dari Perusahaan Tahu Pak Mamad Cikeruh Jatinangor, biakan murni (agar miring) *A. terreus* strain FNOC 6039 dan FNOC 6040 yang diperoleh dari Laboratorium Mikrobiologi PAU UGM Yogyakarta, larutan mineral yang terdiri dari KH_2PO_4 , $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ dan $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ sebagai sumber vitamin dan mineral, asam D-tartat, Potato Dextrose Agar (PADA) Malt Agar (MA), aquades, spirtus, alcohol 95% serta bahan-bahan untuk analisis kimia seperti larutan Luff Schorl, H_2SO_4 6 N, KI 30%, NaOH 0,1 N, NaOH 4 N, NaOH 35%, HCl 4 N, HCl 0,1 N, HCl 25%, anylum, phenolphthalein 1%, pekat H_2SO_4 , selenium mixture, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,1 N, H_3BO_3 3% dan pelarut n-Hexana.

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah oven cabinet, kompor gas, grinder, timbangan analitik, incubator, otoclave, mikroskop, thermometer, lampu spirtus, saringan, jarum ose, cawan Petri, labu ukur, Erlenmeyer, pipet volume, corong gelas kimia, gelas ukur, batang pengaduk, pH meter, panic, baki plastic/kotak kue plastic persegi, plastic wrapping/kertas sampul, kapas, perban, aluminium foil dan alat-alat analisis kimia.

2.2. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode percobaan (*Experimental Method*) dengan menggunakan Rancangan Acak Kelompok Pola Faktorial. Penelitian ini terdiri dari dua faktor yang masing-masing perlakuan diulang tiga kali. Faktor-faktor dan tarafnya adalah sebagai berikut :

1) Faktor pertama adalah strain kapang *A. terreus* (S) yang terdiri dari dua taraf, yaitu :

S₁ : *A. terreus* FNOC 6039

S₂ : *A. terreus* FNOC 6040

2) Faktor kedua adalah rasio C / N ® dari onggok dan ampas tahu yang terdiri dari lima taraf, yaitu :

r₁ : C/N 25

r₂ : C/N 30

r₃ : C/N 35

r₄ : C/N 40

r₅ : C/N 45

Pengamatan dilakukan terhadap onggok-ampas tahu awal media siap untuk fermentasi dan media akhir fermentasi serta produksi minyak sel tunggal yang dilakukan meliputi : kadar air, kadar lemak, kadar protein, kadar gula total, kadar pati, pH, bobot media dan produksi minyak sel tunggal.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

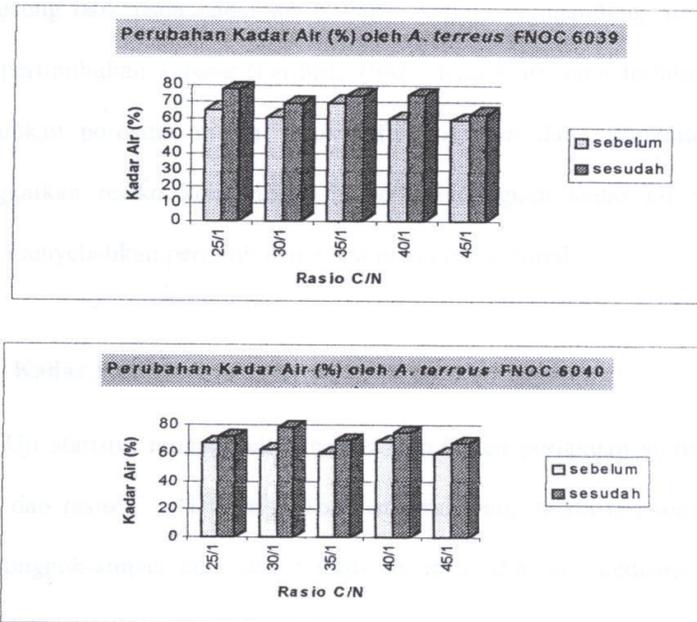
3.1. Kadar Air

Uji statistik yang dilakukan terhadap kadar air media onggok-ampas tahu menunjukkan bahwa kombinasi perlakuan strain kapang *Aspergillus terreus* dan rasio C : N tidak memberikan pengaruh yang nyata. Pada uji mandiri, perlakuan strain kapang *A. terreus* tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap kadar air media, tetapi sebaliknya perlakuan rasio C : N memberikan pengaruh yang nyata terhadap kadar air media. Hasil uji mandiri ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Pengaruh Strain Kapang *A. terreus* dan Rasio C : N Pada Produksi Minyak Sel Tunggal Terhadap Kadar Air Media Fermentasi Padat Onggok-Ampas Tahu (%).

Perlakuan	Rata-rata Nilai Kadar Air (%)	Hasil
S ₁ (<i>A.terreus</i> FNOC 6039)	71,43	a
S ₂ (<i>A.terreus</i> FNOC 6040)	72,21	a
r ₁ (rasio C : N = 25 : 1)	74,28	a
r ₂ (rasio C : N = 30 : 1)	73,65	a
r ₃ (rasio C : N = 35 : 1)	71,44	a
r ₄ (rasio C : N = 40 : 1)	74,53	a
r ₅ (rasio C : N = 45 : 1)	65,23	b

Keterangan : Nilai rata-rata perlakuan yang ditandai dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf nyata 5%



Gambar 1. Histogram Perubahan kadar Air (%) Media Fermentasi Padat Ongkok-ampas Tahu Sebelum dan Sesudah Fermentasi

Dari Gambar 1 di atas terlihat bahwa setelah fermentasi berlangsung selama 6 hari terjadi peningkatan kadar air. Meningkatnya kadar air selama fermentasi disebabkan karena kapang yang diinokulasikan pada media melakukan metabolisme yang mengeluarkan uap air, sehingga akan mempengaruhi kadar air media setelah fermentasi.

3.2. Kadar Pati

Uji statistik menunjukkan bahwa kombinasi perlakuan strain kapang *A. terreus* dan rasio C : N memberikan pengaruh yang nyata terhadap kadar pati media ongkok-ampas tahu dan terjadi interaksi diantara keduanya. Hasil uji ditunjukkan oleh Tabel 2.

Dari Tabel 2 dapat diketahui bahwa setiap strain kapang *A. terreus* memberikan pengaruh yang nyata terhadap kadar pati media pada setiap rasio C : N, kecuali pada strain *A. terreus* FNOc 6040 (s_2), dimana rasio C : N = 35 : 1 (r_3) tidak berbeda nyata dengan rasio C : N = 45 : 1 (r_5). Besarnya rasio C : N pada setiap strain kapang *A. terreus* memberikan pengaruh yang nyata terhadap kadar pati, kecuali pada rasio C : N = 30 : 1 (r_2), dimana strain kapang *A. terreus* FNOc 6039 (s_1) tidak berbeda nyata dengan FNOc 6040 (s_2). Terdapat kecenderungan makin besar rasio C : N makin banyak kadar patinya. Hal ini diduga karena kemampuan kapang *A. terreus* dalam menghidrolisis pati

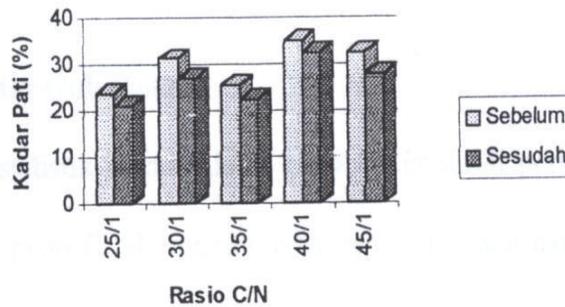
dalam media sangat tergantung pada ketersediaan sumber karbon (C) dan nitrogen (N) serta perbandingan C : N yang sesuai dalam rangka memenuhi kebutuhan metabolisme pertumbuhan sel.

Tabel 2. Pengaruh Strain Kapang *A. terreus* dan Rasio C : N Pada Produksi Minyak Sel Tunggal Terhadap Kadar Air Media Fermentasi Padat Onggok-Ampas Tahu (%).

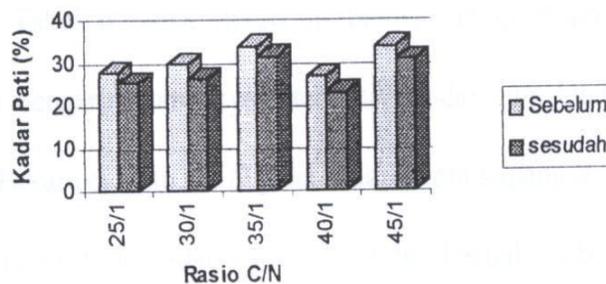
Strain Kapang <i>A. terreus</i>	Rasio C : N Media Onggok-Ampas Tahu				
	r ₁ =25:1	r ₂ =30:1	r ₃ =35:1	r ₄ =40:1	r ₅ =45:1
S ₁ (FNOG 6039)	21,22 B (e)	26,86 A (c)	22,54 B (d)	32,30 A (a)	27,86 B (b)
S ₂ (FNOG 6040)	25,17 A (c)	26,33 A (b)	31,50 A (a)	23,06 B (d)	30,76 A (a)

Keterangan : Nilai rata-rata perlakuan yang ditandai dengan huruf kecil yang sama (arah horizontal) dan huruf besar yang sama (arah vertikal) tidak berbeda nyata menurut Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf nyata 5%

Perubahan kadar pati selama proses fermentasi dapat menunjukkan jumlah pati yang digunakan oleh kapang untuk pertumbuhannya dan menghasilkan metabolit lain. Perubahan kadar pati media onggok-ampas tahu sebelum dan sesudah fermentasi dapat dilihat pada Gambar 2. Pada gambar tersebut terlihat bahwa penurunan kadar pati terbesar setelah fermentasi terjadi pada media dengan rasio C : N = 30 : 1 yang diinokulasi oleh strain kapang *A. terreus* FNOG 6039 (31,35% menjadi 26,86%), sedangkan penurunan kadar pati terkecil terjadi pada media dengan rasio C : N = 35 : 1 yang diinokulasi oleh strain kapang *A. terreus* FNOG 6040 (33,99% menjadi 31,50%).



Perubahan Kadar Pati (%) oleh *A. terreus* FNOG 6040



Gambar 2. Histogram Perubahan Kadar Pati (%) Media Fermentasi Padat Onggok-Ampas Tahu Sebelum dan Sesudah Fermentasi.

3.3. Kadar Gula Total

Uji statistik menunjukkan bahwa kombinasi perlakuan strain kapang *A. terreus* dan rasio C : N memberikan pengaruh yang nyata terhadap kadar gula total media onggok-ampas tahu dan terjadi interaksi diantara keduanya. Hasil uji ditunjukkan oleh Tabel 3.

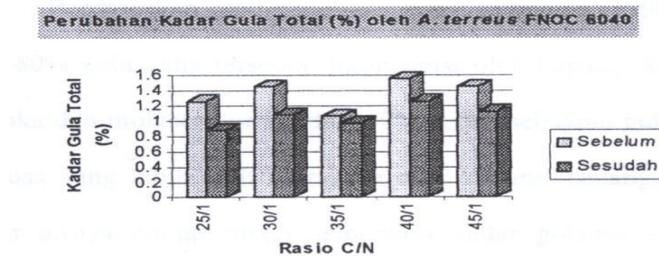
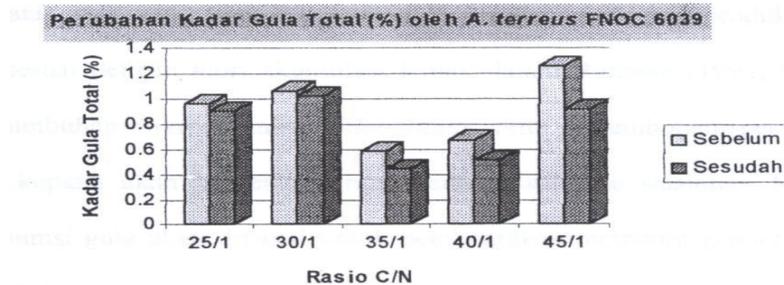
Dari Tabel 3 dapat diketahui bahwa setiap strain kapang *A. terreus* memberikan pengaruh nyata terhadap kadar gula total media pada setiap rasio C : N. Besarnya rasio C : N pada setiap strain kapang *A. terreus* memberikan pengaruh yang nyata terhadap kadar gula total, kecuali pada rasio C : N = 25 : 1 (r_1), dimana strain kapang *A. terreus* FNOG 6039 (s_1) tidak berbeda nyata dengan FNOG 6040 (s_2). Hal ini diduga karena selama proses fermentasi terjadi pemanfaatan gula oleh kapang *A. terreus* yang merupakan hasil penguraian pati untuk selanjutnya akan dikonversi menjadi lemak/minyak.

Tabel 3. Pengaruh Strain Kapang *A. terreus* dan Rasio C : N Pada Produksi Minyak Sel Tunggal Terhadap Kadar Gula Total Media Fermentasi Padat Onggok-Ampas Tahu (%).

Strain Kapang <i>A. terreus</i>	Rasio C : N Media Onggok-Ampas Tahu				
	r ₁ =25:1	r ₂ =30:1	r ₃ =35:1	r ₄ =40:1	r ₅ =45:1
S ₁ (FNOC 6039)	0,90 A (b)	1,02 A (a)	0,44 B (d)	0,51 B (a)	0,91 B (b)
S ₂ (FNOC 6040)	0,87 A (c)	1,08 A (c)	0,97 A (d)	1,25 A (a)	1,12 A (b)

Keterangan : Nilai rata-rata perlakuan yang ditandai dengan huruf kecil yang sama (arah horizontal) dan huruf besar yang sama (arah vertikal) tidak berbeda nyata menurut Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf nyata 5%

Dari Gambar 3 terlihat bahwa kadar gula total media onggok-ampas tahu mengalami penurunan setelah 6 hari fermentasi. Penurunan kadar gula terbesar terjadi pada media onggok-ampas tahu dengan rasio C : N = 25 : 1 yang diinokulasi oleh kapang *A. terreus* FNOC 6040 (dari 1,25% menjadi 0,87%). Penurunan terkecil terjadi pada media onggok-ampas tahu dengan rasio C : N = 30 : 1 yang diinokulasi oleh kapang *A. terreus* FNOC 6039 (dari 1,06% menjadi 1,02%).



ERROR: undefined
OFFENDING COMMAND: f`

STACK: