

# FERMENTASI CAIR AMPAS KELAPA SAWIT DAN KAPANG *RHIZOPUS OLIGOSPORUS* UNTUK MENGHASILKAN ASAM LEMAK OMEGA-3

Erwin Affandi<sup>1</sup> dan Heru Yuniati<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Pusat Teknologi Terapan Kesehatan dan Epidemiologi Klinik

<sup>2</sup> Pusat Biomedis dan Teknologi Dasar Kesehatan

Email : erwinaffandi@litbang.depkes.go.id

## ***THE LIQUIFIED FERMENTATION OF PALM-OIL WASTE WITH RHIZOPUS OLIGOSPORUS TO PRODUCE THE FATTY-ACID OMEGA-3.***

### ***Abstract***

***Background:*** The utilization of *Rhizopus oligosporus* to produce fatty acid omega-3 in liquid substrate has been conducted widely. The content of fat in the palm oil waste in the amount of 5.56/100 gram still has potential to produce fatty acid omega-3. The solid fermentation of tofu waste with *R. oligosporus* could increase the content of fatty acid up to 34.4% and palm oil waste could increase up to 61.57%.

***Methods:*** Sample is collected from the industry of palm-oil. The palm-oil waste is considered as a substrate, and the mold used is *R. oligosporus*. The waste product is formulated by adding urea and sucrose. In this case, urea is used as the source of N (nitrogen) and sucrose is used as the source of C (carbon). The substrate with nitrogen is called as low-carbon treatment and the substrate with carbon is called as high-carbon treatment. For the control we did not add anything. Fermentation is conducted within 7 days on the shaker at room temperature. The product of fermentation was analyzed for the Water, Ash, Fat, and Fatty-Acid Omega-3 contents.

***Results:*** This research shows that the water content of the fermentation product decreased and ash content increased. This happened both in the low-carbon treatment and in the high-carbon treatment. The content of fat after fermentation in control treatment increased by 6.44%. However, in the low-carbon treatment fermentation, the fat content decreased by 31.14% from the original content. In the high-carbon treatment fermentation, the fat content increased by 31.67%. The content of saturated-fatty acids produced in the high-carbon treatment and low-carbon treatment are as follows: Capric acid (10:0) and lauric acid (12:0) decreased and myristic acid (14:0), palmitic acid (16:0) and stearic acid (18:0) increased, except the myristic-acid in high-carbon treatment decreased. The content of unsaturated-fatty acid in control and high-carbon treatment: Oleic acid (18:1), linoleic acid (18:2) and linolenic (18:3) increased. However, all fatty acid in low-carbon treatment decreased, except the linolenic-acid.

***The conclusion:*** The fermentation of palm-oil waste with *Rhizopus oligosporus* mold could increase the content of fat and produce fatty acid omega-3. In addition, the high-carbon substrate could increase the production of unsaturated-fatty acid.

***Keywords:*** liquefied-fermentation, waste product of palm oil, *R. oligosporus*, fatty acid Omega-3

**Abstrak**

**Latar belakang:** Pemanfaatan kapang *Rhizopus. oligosporus* untuk menghasilkan asam lemak omega-3 pada substrat cair telah banyak dilakukan. Kandungan lemak ampas kelapa sawit 5,56 gram/100 gram masih berpotensi untuk menghasilkan asam lemak omega-3. Fermentasi padat pada substrat ampas tahu dan ampas kelapa sawit dengan kapang *Rhizopus. oligosporus* dapat meningkatkan kadar lemak: ampas tahu 34,4%, sedangkan pada substrat ampas kelapa sawit dengan formula tinggi karbon, kadar lemak meningkat 61,57%.

**Metoda:** Sampel ampas sawit diambil dari pabrik industri minyak sawit. Pada penelitian ini ampas sawit dipakai sebagai substrat fermentasi dan kapang yang digunakan adalah *R. oligosporus*. Untuk bahan suplemen digunakan urea dan sukrosa. Kontrol adalah ampas-sawit tanpa suplemen, sedangkan perlakuan ampas sawit ditambahkan urea sebagai sumber Nitrogen(N) dan ampas sawit ditambah sukrosa sebagai sumber Karbon(C). Penambahan sumber N sebagai substrat rendah karbon dan sumber C sebagai substrat tinggi karbon. Fermentasi dilakukan selama 7 hari diatas shaker pada suhu ruang. Produk hasil fermentasi dilakukan analisis: kadar air; abu, lemak, dan asam lemak omega-3.

**Hasil penelitian:** Hasil menunjukkan bahwa kadar air produk hasil fermentasi menurun pada kontrol dan semua perlakuan. Kadar abu meningkat untuk semua perlakuan. Kandungan lemak pada ampas kontrol dan ampas-sukrosa meningkat 6,43% dan 31,67%, sedang substrat ampas-urea menurun 31,14%. Kandungan asam lemak jenuh; asam kaprat (10:0) dan laurat (12:0) menurun, sedangkan untuk asam miristat (14:0), palmitat (16:0), dan stearat (18:0) meningkat. Kandungan asam lemak tidak jenuh pada substrat ampas kontrol dan ampas-sukrosa: oleat (18:1), linoleat (18:2), dan linolenat (18:3) semua meningkat, sedangkan substrat ampas-urea untuk oleat (18:1) dan linolenat (18:3) menurun, kecuali linoleat (18:2) meningkat. Asam palmitoleat (16:1) tidak terdeteksi.

**Kesimpulan:** Fermentasi cair ampas kelapa sawit dengan kapang *Rhizopus oligosporus* dapat meningkatkan kandungan lemak dan menghasilkan asam lemak omega-3. Selain itu, substrat tinggi karbon dapat meningkatkan produksi asam lemak tidak jenuh.

**Kata kunci:** fermentasi cair, ampas sawit, *R oligosporus*, asam lemak omega-3

**PENDAHULUAN**

Asam lemak omega-3 merupakan zat gizi yang sangat berperan dalam aktivitas biologi di bidang kesehatan. Asam lemak tidak jenuh linoleat berperan pada perkembangan otak anak yang sedang tumbuh, meningkatkan kekebalan tubuh dan mencegah berbagai jenis penyakit degeneratif<sup>(1,2)</sup>. Peranan asam lemak omega-3 rantai panjang di dalam meningkatkan kecerdasan, me-

nyebabkan zat gizi ini berperan sangat penting dalam meningkatkan kualitas sumber daya manusia.

Bahan pangan yang merupakan sumber utama asam lemak omega-3 umumnya berasal dari pangan laut, seperti *microalgae*<sup>(3)</sup>. Berbagai upaya telah dilakukan untuk menghasilkan bahan pangan yang kaya asam lemak omega-3 rantai panjang, seperti linolenat, DHA.(Docosahexaenoic

Acid). dan EPA.(Eicosapentaenoic Acid), baik itu berupa suplementasi pada produk bubur bayi atau susu bubuk. Selain itu ada usaha membuat bahan pangan yang tinggi asam lemak omega-3, melalui pemanfaatan mikroorganisme untuk menghasilkan asam lemak omega-3 yang tinggi.

Indonesia merupakan produsen terbesar CPO(Crude Palm Oil) dengan jumlah  $\pm$  18 juta ton per tahun <sup>(4)</sup>. Ampas kelapa sawit merupakan limbah proses pengolahan CPO. Kandungan lemak pada ampas sawit adalah 5.7% <sup>(5)</sup>, lebih tinggi dibandingkan kandungan lemak pada ampas tahu (2.3%). Adanya kandungan lemak ini diharapkan dapat menghasilkan asam lemak omega-3 melalui proses fermentasi dengan kapang *R. oligosporus*.

*R. oligosporus* merupakan kapang yang secara tradisional digunakan dalam pembuatan tempe kedelai, kapang ini mampu memproduksi asam lemak omega-3 rantai panjang, khususnya linolenat <sup>(6, 7)</sup>. Selain itu *R. oligosporus* juga mampu menghasilkan asam linolenat pada proses fermentasi cair <sup>(8)</sup>. Penelitian terdahulu pada substrat padat ampas tahu dan ampas sawit yang difermentasi dengan *R. oligosporus* dapat meningkatkan kandungan lemak masing-masing sekitar 34.14% dan 61,57 % <sup>(5)</sup>.

Penelitian ini bertujuan memanfaatkan limbah ampas sawit sebagai substrat fermentasi kapang *Rhizopus oligosporus* untuk meng-

hasilkan asam lemak omega-3.

## BAHAN DAN CARA

Bahan ampas sawit diperoleh dari pabrik minyak kelapa sawit di Lampung Utara. Kapang *Rhizopus oligosporus* diperoleh dari laboratorium Mikrobiologi Pusat Teknologi Terapan Kesehatan dan Epidemiologi Klinik, Badan Litbang Kesehatan, Bogor. Bahan formulasi urea dan sukrosa dibeli di toko bahan kimia di Bogor.

Preparasi spora kapang *Rhizopus oligosporus* dilakukan dengan cara menumbuhkan kapang pada permukaan agar miring *Potato Dextrose Agar*(PDA.) dan diinkubasi selama 3 hari pada suhu 30<sup>0</sup>C. Spora yang telah tumbuh kemudian dilepaskan dengan menggunakan jarum ose dan ditambahkan 10 ml. aquadest steril ke dalam biakan, maka diperoleh suspensi spora kapang.

Formulasi substrat fermentasi: ampas kelapa sawit diambil dari beberapa batch produksi dengan hari yang berbeda, kemudian diaduk sampai rata dan digunakan sebagai bahan untuk formulasi. Formulasi substrat dilakukan dengan menambahkan suplemen berupa urea sebagai sumber nitrogen (N) dan sukrosa sebagai sumber karbon(C) pada ampas sawit sebagai substrat fermentasi. Komposisi substrat fermentasi dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1. Komposisi Substrat Fermentasi**

No.	Substrat Fermentasi Perlakuan	Komposisi Bahan Substrat Fermentasi gram/ ml				
		Ampas Sawit (g)	Urea (g)	Sukrosa (g)	NaCl. Fisiologis(ml)	Konsentrasi Kapang
1.	Ampas kontrol	25,00	-	-	150	0,5 %
2.	Ampas+Urea	19,875	5,125	-	150	0,5 %
3.	Ampas+Sukrosa	15,25	-	9,75	150	0,5 %

Pada penelitian ini, kontrol adalah ampas sawit tanpa penambahan suplemen. Perlakuan adalah ampas ditambah urea sebagai sumber N(nitrogen) sebagai substrat rendah karbon dan ampas ditambah sukrosa sebagai sumber C(karbon) sebagai substrat tinggi karbon. Fermentasi dilakukan pada *erlemeyer* 250 ml dan masing-masing substrat, yaitu: kontrol dan perlakuan ditambah NaCl fisiologis 150 ml. Substrat disterilkan pada suhu 121<sup>0</sup> C. selama 15 menit, setelah temperatur mencapai suhu kamar ditambahkan suspensi spora 0,5% (v/v). Inkubasi dilakukan selama 7 hari pada suhu kamar dan dilakukan pengocokkan dengan meletakkan substrat fermentasi pada shaker. Hasil berupa produk fermentasi diambil sebagai sampel. Produk sebelum dan sesudah fermentasi dianalisa kadar air, abu, lemak dan asam lemak. Untuk kadar air, abu, dan lemak dibandingkan hasil analisis kontrol dan perlakuan sebelum dan sesudah fermentasi. Untuk asam lemak jenuh dan tidak jenuh dibandingkan substrat kontrol sebelum fermentasi dengan hasil substrat kontrol dan perlakuan sesudah fermentasi. Hasil analisis sebelum dan sesudah fermentasi pada kontrol dan perlakuan dibandingkan, untuk mengetahui pengaruh fermentasi terhadap substrat.

Analisis kadar air dan abu dilakukan dengan metoda AOAC, 1984 <sup>(9)</sup>. Sampel ditimbang dan dipindahkan ke cawan *cruise*, dipanaskan di oven dengan suhu 100-105<sup>0</sup> C, sampai mencapai berat stabil dan setelah temperatur mencapai suhu kamar ditimbang. Sedangkan kadar abu merupakan kelanjutan penentuan kadar air. Cawan dimasukkan ke tanur (*muffle*) suhu 600-650<sup>0</sup> C, dengan suhu tersebut sampel akan bebas karbon dan sisa pengabuan ditimbang dan menunjukkan kadar abu.

Analisis lemak dilakukan dengan metoda Soxhlet modifikasi Weibull, sampel ditimbang sebanyak 2-5 gram dan

dimasukkan kedalam *beakerglass* 400 ml. Sampel dihidrolisa dengan asam khlorida untuk melepaskan lemak yang terikat. Selanjutnya lemak diekstraksi dengan dietileter pada Soxhlet. Dietileter diuapkan di oven dengan suhu tertentu dan setelah temperatur mencapai suhu kamar residu lemak ditimbang.

Analisis komposisi asam lemak dianalisa menggunakan Kromatografi Gas, dilakukan ekstraksi lemak dalam substrat dengan metoda Folch, 1957 <sup>(10)</sup>. Substrat yang kering ditimbang dan diekstraksi dengan pelarut khloroform dan metanol dengan perbandingan 2:1 (v/v). Campuram tersebut dikocok selama 5 menit dan disimpan selama satu malam. Lapisan atas metanol dibuang dan lapisan organik yang mengandung lemak diekstraksi kembali dengan kloroform dan dikeringkan dengan gas nitrogen dan ekstrak tersebut dianalisis asam lemaknya. Ekstrak lemak dan substrat dikonversikan menjadi asam lemaknya dan dimetilisasi dengan BF<sub>3</sub>/metanol dan komposisi asam lemak ditentukan dengan GC-MS (BIP5995A integrator 3392, Hawlet Packard, Avondale, PA). Dimensi kolom yang digunakan adalah 20x0,2 mm i.d dan dielusi dengan gas helium. Suhu kolom selama 3 menit pertama diatur pada 200<sup>0</sup> C. Standar asam lemak diperoleh dari Alltech Associate, Inc., Deerfield, IL).

## HASIL

Tabel 2 menunjukkan pertumbuhan kapang pada masing-masing perlakuan. Pertumbuhan kapang pada substrat ampas kontrol sangat baik, substrat ampas-urea pertumbuhan sangat kurang, dan substrat ampas-sukrosa pertumbuhan baik.

Gambar 1 menunjukkan hasil analisis kadar air. Selama proses fermentasi kadar air pada semua substrat menurun antara 3,48-7,97%. Penurunan terendah pada substrat

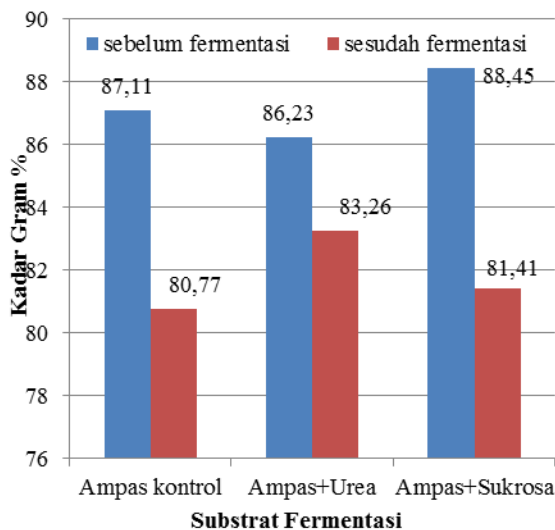
ampas-urea 3,48%, sedangkan ampas kontrol dan ampas-sukrosa persentase penurunannya hampir sama, masing-masing 7,28 dan 7,97%.

**Tabel 2. Tingkat Pertumbuhan Kapang pada Substrat dan Waktu Fermentasi**

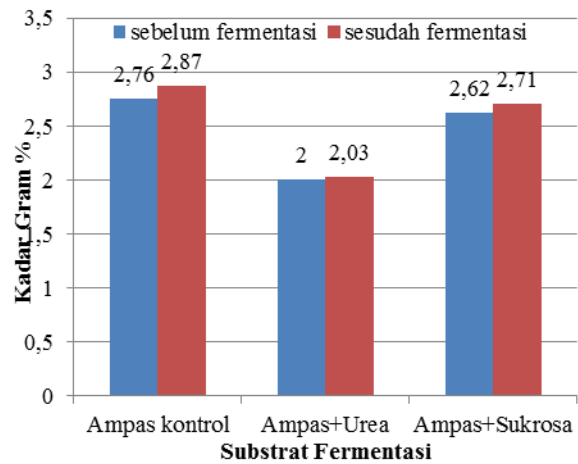
No.	Substrat Fermentasi Perlakuan	Waktu Fermentasi	Pertumbuhan Kapang
1.	Ampas kontrol	7 hari	++++ *)
2.	Ampas + Urea	7 hari	+
3.	Ampas + Sukrosa	7 hari	+++

Keterangan:

- + pertumbuhan sangat kurang
- +++ pertumbuhan baik
- ++ pertumbuhan kurang
- ++++ pertumbuhan sangat baik

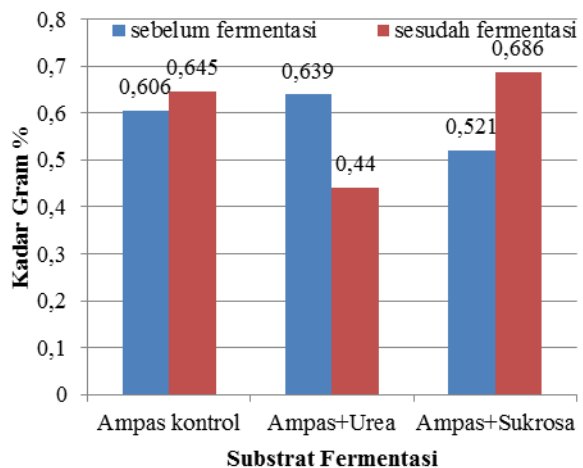


**Gambar 1. Kadar Air Substrat Ampas Sawit Sebelum dan Sesudah Fermentasi**



**Gambar 2. Kadar Abu Substrat Ampas Sawit Sebelum dan Sesudah Fermentasi**

Gambar 2 menunjukkan hasil analisis kadar abu. Terjadi peningkatan kadar abu pada semua substrat sesudah fermentasi. Peningkatan substrat ampas kontrol, ampas-urea, dan ampas-sukrosa berturut-turut adalah 3,94%, 1,75%, dan 3,66%. Pada substrat ampas-urea peningkatan kadar abu paling rendah, dibandingkan substrat lainnya. Peningkatan kadar abu pada substrat ampas kontrol dan ampas-sukrosa adalah 2 kali lipat dibandingkan dengan substrat ampas-urea.



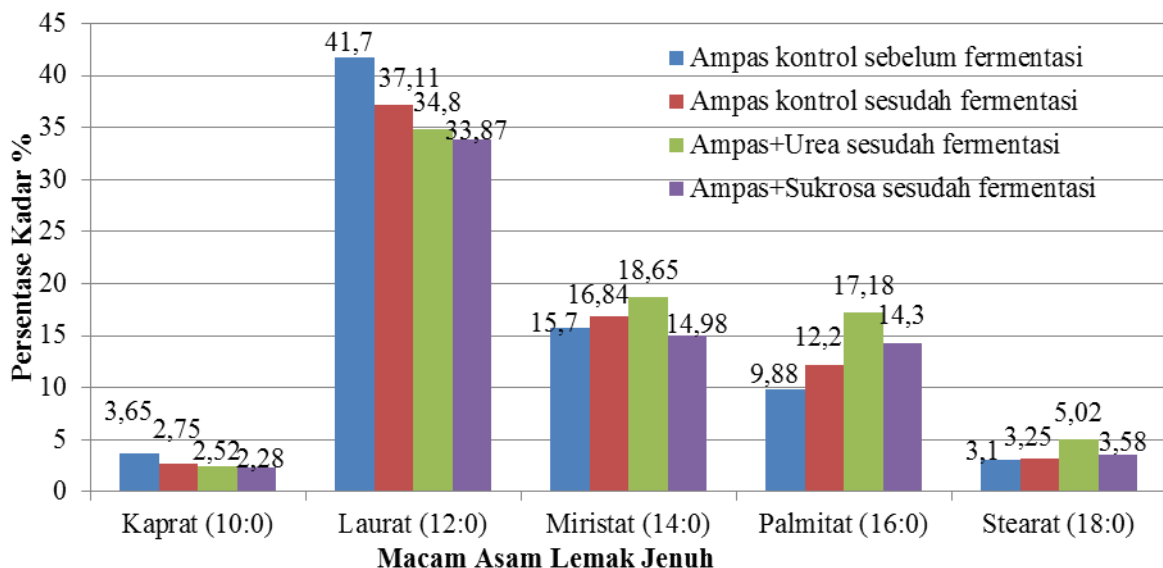
**Gambar 3. Kadar Lemak Substrat Ampas Sawit Sebelum dan Sesudah Fermentasi**

Gambar 3 menunjukkan hasil analisis kandungan lemak sebelum dan sesudah fermentasi. Hasil analisis kadar lemak substrat ampas kontrol hanya meningkat 6,44%. Substrat ampas-urea kadar lemak menurun 31,14%, akan tetapi sebaliknya substrat ampas-sukrosa meningkat 31,67%.

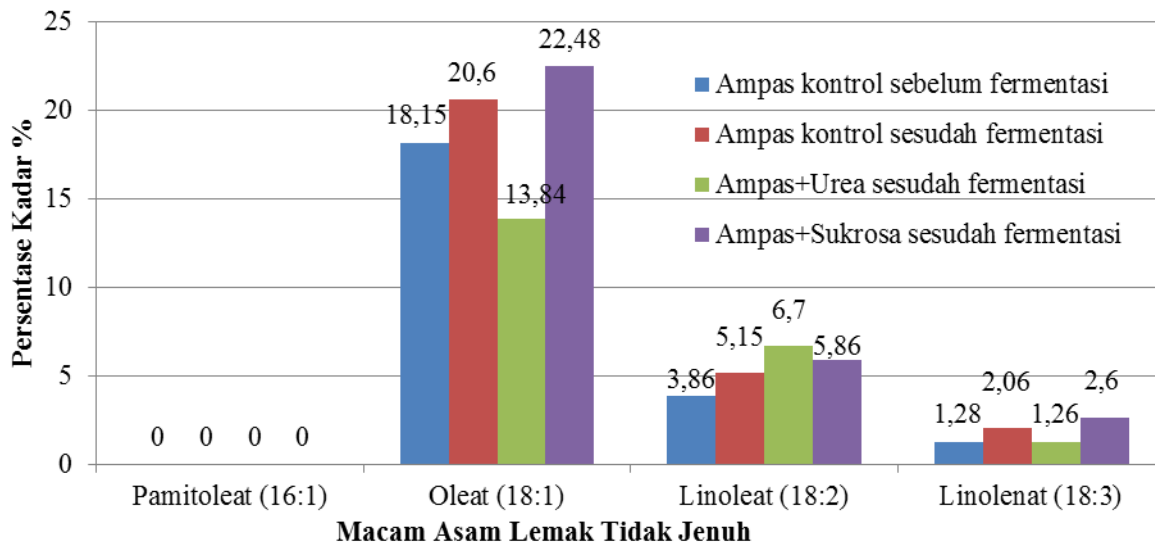
Gambar 4 menunjukkan hasil analisis asam lemak jenuh. Secara keseluruhan baik substrat ampas-urea atau ampas-sukrosa tidak menunjukkan hasil yang sangat berbeda antara hasil substrat fermentasi dibandingkan dengan substrat ampas kontrol sebelum fermentasi. Kandungan asam lemak kaprat (10:0) dan laurat (12:0) semua substrat sesudah fermentasi menurun dibandingkan substrat ampas kontrol sebelum fermentasi. Kandungan asam lemak miristat (14:0) substrat ampas kontrol dan ampas-urea meningkat 7,26% dan 18,78% sesudah fermentasi dibandingkan substrat ampas kontrol sebelum fermentasi, sedangkan substrat ampas-urea menurun 4,80%. Kandungan asam lemak palmitat (16:0) substrat ampas kontrol, ampas-urea dan

ampas-sukrosa sesudah fermentasi meningkat berturut-turut 23,48%, 73,88% dan 44,73%. Kandungan asam lemak stearat (18:0) substrat ampas kontrol, ampas-urea dan ampas-sukrosa sesudah fermentasi meningkat berturut-turut sebesar 4,83%, 61,93%, dan 15,48%.

Gambar 5 menunjukkan hasil analisis kandungan asam lemak tidak jenuh. Asam lemak palmitoleat (16:1) tidak terdeteksi pada semua substrat baik sebelum maupun sesudah fermentasi. Kandungan asam lemak oleat (18:1) substrat ampas kontrol dan ampas-sukrosa meningkat sebesar 13,49% dan 23,85%, sedangkan substrat ampas-urea menurun 23,74% dibandingkan substrat ampas kontrol sebelum fermentasi. Kandungan asam lemak linoleat (18:2) substrat ampas kontrol, ampas-urea, dan ampas-sukrosa sesudah fermentasi meningkat sebesar 33,96%, 73,57%, dan 51,81% dibandingkan substrat ampas kontrol sebelum fermentasi. Peningkatan tertinggi pada substrat ampas-urea, yaitu 73,57%. Kandungan asam lemak linolenat (18:3) substrat ampas



**Gambar 4. Kadar Asam Lemak Jenuh Substrat Sesudah Fermentasi dibanding Ampas Kontrol Sebelum Fermentasi**



**Gambar 5. Kadar Asam Lemak Jenuh Substrat Sesudah Fermentasi dibanding Ampas Kontrol Sebelum Fermentasi**

kontrol, ampas-urea, dan ampas-sukrosa sesudah fermentasi meningkat berturut-turut sebesar 60,93%, 1,56%, dan 103,12% dibandingkan substrat ampas kontrol sebelum fermentasi. Peningkatan tertinggi pada substrat ampas-sukrosa mencapai 100%, sebaliknya substrat ampas-urea meningkat hanya 1,56%. Secara keseluruhan produksi asam lemak tidak jenuh meningkat pada substrat tinggi karbon, sedangkan substrat rendah karbon(ampas-urea) menurun, kecuali asam lemak linoleat (18:2) kandungan asam lemak lebih tinggi dari substrat lainnya.

## PEMBAHASAN

Pengamatan terhadap pertumbuhan kapang agak sulit, dalam hal ini parameter yang diamati adalah perubahan warna substrat dan pertumbuhan pada pinggiran wadah fermentasi. Pertumbuhan yang baik akan merubah warna substrat menjadi agak putih, karena adanya miselium kapang dan pertumbuhan yang subur pada pinggiran wadah. Pertumbuhan yang tidak baik tidak merubah warna substrat, yaitu tetap coklat.

Tingkat pertumbuhan kapang ini dipengaruhi beberapa hal, antara lain suhu inkubasi yang optimal ( $\pm 30^{\circ}\text{C}$ ) dan kelembaban. Penelitian ini dilakukan pada suhu ruang sehingga optimalisasi suhu tidak terjamin. Hal lain yang berpengaruh pada proses fermentasi adalah pH substrat. Penambahan urea akan mempengaruhi pH substrat. Sumber nitrogen cenderung akan menurunkan pH dan kenyataannya menghambat pertumbuhan kapang.

Penurunan kadar air tergantung dari aktivitas kapang. Aktivitas kapang yang tinggi memerlukan air untuk proses metabolisme kapang. Ini sangat erat hubungannya dengan tingkat pertumbuhan kapang pada masing-masing substrat. Misalnya pada substrat ampas-urea paling rendah pertumbuhan dan paling rendah pula penurunan kadar airnya, kemudian pada substrat ampas kontrol dan ampas-sukrosa terjadi hal yang sebaliknya.

Kadar abu meningkat hanya karena peningkatan penambahan mineral atau penurunan kadar air. Bahan organik seperti unsur C(karbon) dari karbohidrat tidak akan

menambah kadar abu. Substrat yang pertumbuhan kapang baik, kadar air menurun dan kadar abu meningkat. Mungkin kadar abu meningkat, karena kadar air menurun sehingga proporsinya dalam analisis meningkat. Sebaiknya bila ingin membandingkan kadar abu adalah dalam bentuk *Dry basis* (bentuk kering). Penurunan kadar air dan naiknya kadar abu berbanding lurus dengan tingkat pertumbuhan kapang.

Hasil analisis kadar lemak, peningkatan tertinggi pada substrat ampas-sukrosa. Ini menunjukkan bahwa kapang *Rhizopus oligosporus* mampu mengubah substrat tinggi karbohidrat menjadi lemak. Urutan terbaik sumber karbohidrat untuk menghasilkan lemak adalah glukosa, sukrosa, dan fruktosa. Substrat ampas kontrol peningkatan lemaknya rendah, karena bahan karbohidrat ampas sawit sebagian besar adalah selulosa. Substrat ampas-urea kadar lemak menurun, karena urea menghambat pertumbuhan kapang, sehingga aktivitas merubah substrat rendah dan sumber karbohidrat juga rendah. Penambahan sumber karbon dapat meningkatkan kadar lemak, dan sebaliknya penambahan sumber nitrogen tidak meningkatkan kadar lemak.

Produksi asam lemak jenuh kaprat (10:0) dan laurat (12:0) menurun pada semua substrat, dibandingkan dengan substrat ampas kontrol sebelum fermentasi. Miristat (14:0), palmitat (16:0), dan stearat (18:0) cenderung meningkat pada semua substrat, terutama substrat ampas-urea, dibandingkan dengan substrat ampas kontrol sebelum fermentasi.

Faktor yang berpengaruh terhadap pembentukan asam lemak adalah suhu. Asam lemak tidak jenuh relatif meningkat pada suhu yang rendah, sedangkan pada suhu yang lebih tinggi enzim yang berperan dalam pembentukan ikatan rangkap akan terhambat aktivitasnya<sup>(11)</sup>. Asam Gamma Linolenat sebagai salah satu asam lemak tidak jenuh

akan tinggi kandungannya bila kapang ditumbuhkan pada suhu 20<sup>0</sup> C<sup>(12)</sup>. Pada substrat kedelai, kapang *Rhizopus* memiliki aktivitas enzim protease dan lipase yang dapat memecahkan protein dan lemak<sup>(6)</sup>.

Produksi asam lemak tidak jenuh oleat (18:1), linoleat (18:2), dan linolenat (18:3) meningkat pada substrat ampas kontrol dan ampas-sukrosa, kedua substrat tersebut mengandung tinggi karbon. Penambahan sumber karbon akan meningkatkan produksi asam lemak tidak jenuh. Penambahan urea sebagai sumber nitrogen menurunkan asam lemak oleat (18:1) dan linolenat (18:3), sedang asam lemak linoleat (18:2) meningkat. Produk fermentasi dengan kapang *Rhizopus* pada substrat kedelai dapat menghasilkan asam lemak, terutama asam oleat (18:1) dan Asam Gamma Linolenat (GLA.)<sup>(7)</sup>.

Fermentasi kapang *Rhizopus* pada substrat kedelai meningkatkan asam lemak bebas dari 0,26% menjadi 4,77%. Kapang *Rhizopus* pada tempe kedelai aktif dalam menghasilkan enzim-enzim aminolitik, lipolitik, dan proteolitik. Faktor-faktor yang menentukan optimalisasi kerja enzim adalah pH yang optimum, suhu, dan ion yang berpengaruh dalam reaksi tersebut. Umumnya enzim adalah protein dan bersifat *thermolabile* yang akan terdenaturasi pada suhu 45<sup>0</sup> - 50<sup>0</sup> C<sup>(13)</sup>. Ada perbedaan antara kedelai sebagai substrat tempe dan substrat ampas sawit pada penelitian ini. Kedelai komposisi zat gizi lebih baik dibandingkan dengan ampas sawit. Kadar lemak kedelai dengan kadar air 65 gram persen adalah 6,9 gram persen, sedangkan kadar lemak ampas sawit dengan kadar air 87,11 gram persen hanya 0,6 gram persen.

Pada penelitian ini, proses fermentasi cair substrat ampas sawit dengan kapang *Rhizopus oligosporus* terjadi banyak perubahan, asam yang terbentuk baik jenuh atau tidak jenuh bervariasi, masing-masing



substrat ada yang meningkat dan menurun. Penambahan suplemen berupa sumber karbon dan nitrogen, hasilnya masih perlu didiskusikan lebih lanjut. Sumber karbon meningkat asam lemak tidak jenuh oleat dan linolenat, tetapi sumber nitrogen meningkat asam lemak linoleat lebih baik dari substrat sumber karbon. Sumber nitrogen meningkat asam lemak jenuh miristat, palmitat, dan stearat, tetapi menurun pada kaprat dan laurat dibandingkan sumber karbon. Kandungan asam lemak jenuh, substrat sumber karbon selalu lebih rendah dari sumber nitrogen.

Berdasarkan data asam lemak diatas menunjukkan bahwa proses fermentasi ini sangat kompleks dan masih perlu disempurnakan dan diteliti lebih lanjut. Substrat dan suplemen perlu diperbaiki komposisi dan proporsinya, kemudian suhu inkubasi dan pH substrat perlu optimalisasi.

## KESIMPULAN

1. Ampas kelapa sawit sebagai substrat fermentasi kapang *Rhizopus oligosporus* dapat menghasilkan asam lemak jenuh dan asam lemak tidak jenuh omega-3.

2. Pertumbuhan kapang sangat dipengaruhi kondisi dan macam substrat. Suplementasi sumber nitrogen menghambat pertumbuhan kapang, sedangkan sumber karbon meningkatkan pertumbuhan kapang. Pertumbuhan kapang sangat berpengaruh terhadap produksi lemak dan asam lemak.

3. Substrat terbaik untuk menghasilkan lemak dan selanjutnya asam lemak tidak jenuh omega-3 adalah substrat tinggi karbon dengan penambahan sukrosa sebagai sumber karbon.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami sampai kepada saudara Cahya, mahasiswa Akademi

Kimia Analisis (AKA.), Bogor yang telah membantu mempersiapkan substrat fermentasi, bahan suplementasi, dan menganalisis kadar air, abu dan lemak. Kami juga mengucapkan terima kasih kepada staf pengajar dan tehniisi Laboratorium PAU-IPB, Bogor yang telah menganalisis kandungan asam lemak.

## DAFTAR RUJUKAN

1. Crawford, M.A., Essential fatty acid and brain development; Horrisberger dan racco lipid nutrition Nestle Nutrition Workshop Series, 1987. vol. 15.
2. Tremoli, E., P. Madema, S. Colli, S. Eligini, I. Catalano, M.T. Angell, F. Pazzucconi, G. Gianfranceschi, G. Davi, E. Stragliotto, C.R. Sirtori, and C. Galli. Prolonged inhibition of platelet aggregation after n-3 fatty acid methyl ester ingestion by healthy volunteers. Am. J. Clin. Nutr. 1995. 61:607-613.
3. Komari, Komposisi zat gizi mikro bungkil kelapa sawit. Data Laboratorium Kimia Makanan, Puslitbang Gizi, Bogor. 1998.
4. Arifin, B. Kondisi Pangan Nasional dan Global, Seminar Nasional Peren Ekonomi Bioteknologi dalam Pertanian Indonesia. INDEF CARE-IPB., Bogor. 2008,
5. Komari, R. Rosanna and M. K. Mahmud. Accumulation of Fat by solid state fermentation. Penelit. Gizi Makan. 1996. 19: 21-27.
6. Kristifikosa, L., M. Rosenberg, A. Vinova, J. Sajbidor and M. Certik. Selection of *Rhizopus* Strain for 1(+)-lactic acid and Gamma-inolenic Acid production. 1991.
7. Hering, B. Bisping, and H.J. Rehm, Pattern and Formation of Fatty Acid at Tempe Fermentation by several Strains of *Rhizopus* sp. Fat.Sci.Techno 1.93 Jahrgang Nr 8. 1991
8. Suliantari, L. Nuraida, N. Andawulan, D. Wati, and Nugrahaningrum. Production of gamma-linolenic acid using *Rhizopus*. J. Ilmu dan Tek. Pangan 1996. 1(2):45-49
9. AOAC Methode of Analysis. Association Official Analysis Chemist. Washington, D.C. AOAC 1995.
10. Folch, J., M. Lees., and G.H. S. Stanley, A simple

method for the isolation and purification of total Lipid from Animals tissue. J.Biol. Chem. , 1957 ; 226:497-509

11. Wati,D.. Seleksi Kapang *Rhizopus oligosporus* dan optimasi pH serta Suhu untuk memproduksi Minyak. IPB 1995.
12. Nakahara, T. Yokochi, T. Kamisaka, Y dan Suzuki,O, Gamma linoleic Acid from Genus *Montierella*. Di dalam Kyle, D.J. dan C. Ratledge(eds) *Industrial Aplication of Single Cells Oils*. American Oil Chemist Society Champaign. Illinois 1992.
13. Winarno,F.G *Kimia Pangan dan Gizi* Jakarta. P.T. Gramedia Pustaka Utama, 1997.