

KINETIKA FERMENTASI VCO SECARA SINAMBUNG DALAM BIOREAKTOR TANGKI IDEAL

#

Sri Redjeki, Ely Kurniati

Jurusan Teknik Kimia, UPN "Veteran" Jawa Timur
Jl. Raya Rungkut Madya Gunung Anyar, Surabaya
e-mail: sri4tk@yahoo.com

Abstrak

Tujuan dari penelitian ini adalah merumuskan kinetika reaksi pada proses fermentasi sinambung, pada pembuatan VCO. Fermentasi sinambung dijalankan dengan mengalirkan substrat dengan laju aliran tertentu dan pada saat yang sama produk hasil metabolisme dikeluarkan dengan laju alir yang sama. Penambahan medium baru dengan laju yang sesuai dapat menghasilkan keadaan tunak (steady state), pada keadaan tunak tersebut konsentrasi sel, laju pertumbuhan, konsentrasi produk tidak mengalami perubahan selama waktu fermentasi berlangsung. Penentuan parameter $Y_{p/s}$, v_p , k_m dapat ditentukan dari berbagai percobaan laju pengenceran. Hasil yang diperoleh adalah untuk nisbah (1:2): $v_p = 0,06 \text{ jam}^{-1}$, $k_m = 4,0451 \text{ g/l}$, dan $Y_{p/s} = 6 \text{ g asam laktat/g glukosa}$.

Kata kunci: kinetika reaksi, proses sinambung, tunak, VCO

THE CONTINUOUS FERMENTATION KINETIC REACTION OF VIRGIN COCONUT OIL (VCO) PROCESS IN AN IDEAL BIOREACTOR TANK

Abstract

The purpose of this study is to formulate the reaction kinetics on continuous fermentation process, the making of the VCO. Continuous fermentation run by passing the substrate with a certain flow rate and at the same time the results of metabolic products released with the same flow rate. The addition of new medium with the appropriate rate can result in a steady state (steady state), at the steady state cell concentration, growth rate, product concentration did not change during the fermentation period. Determination of parameters Y_p / s , v_p , k_m can be determined from the rate of dilution experiments. The results obtained are for the ratio (1:2), $v_p = 0.06 \text{ hr}^{-1}$, $k_m = 4.0451 \text{ g / l}$, and $Y_{p/s} = 6 \text{ g lactic acid / g glucose}$.

Keywords: kinetics of the reaction, the process of continuous, steady-state, the VCO

PENDAHULUAN

Virgin Coconut Oil (VCO) atau minyak kelapa murni merupakan salah satu produk diversifikasi kelapa yang akhir-akhir ini sedang menjadi primadona karena beberapa khasiatnya, disamping harganya yang tinggi cukup menggiurkan untuk diusahakan. VCO lebih banyak dimanfaatkan sebagai bahan suplemen dan bahan baku farmasi serta kosmetik daripada sebagai minyak goreng.

Pada percobaan-percobaan sebelumnya sudah ada yang dilakukan juga dengan menggunakan enzim dan inokulum (Untung dkk, 1977), tapi

baru dilakukan dengan cara batch (curah). Pada fermentasi secara curah konstanta kinetika yang diperoleh adalah: pada nisbah (1:2) $\mu_m = 0,166 \text{ jam}^{-1}$, $k_m = 1,6 \text{ g/l}$, dan $Y_{x/s} = 3,57$, untuk nisbah (1:1): $\mu_m = 0,131 \text{ jam}^{-1}$, $k_m = 3,33 \text{ g/l}$ dan $Y_{x/s} = 1,83$ (redjeki, 2011). Berkenaan dengan masalah-masalah itu, maka perlu untuk mendapatkan proses fermentasi VCO yang efektif, yaitu dengan menggunakan bakteri *Lactobacillus Plantarum* bakteri tersebut bersifat fakultatif.

Fermentasi sinambung dijalankan dengan mengalirkan substrat dengan laju aliran tertentu dan pada saat yang sama produk hasil metabolisme

dikeluarkan dengan laju alir yang sama. Penambahan medium baru dengan laju yang sesuai dapat menghasilkan keadaan tunak (*steady state*), pada keadaan tunak tersebut konsentrasi sel, laju pertumbuhan, konsentrasi produk tidak mengalami perubahan selama waktu fermentasi berlangsung. Tujuan dari penelitian ini adalah merumuskan kinetika reaksi pada proses fermentasi sinambung, pada pembuatan VCO.

METODE PENELITIAN

Penelitian fermentasi VCO dilakukan dalam bioreaktor tangki ideal dan dikerjakan secara sinambung. Variasi kecepatan pengenceran umpan digunakan untuk menentukan mekanisme reaksi fermentasi VCO. Data-data yang diambil dalam penelitian ini adalah pada saat konsentrasi VCO dalam bioreaktor mencapai keadaan konstan, dan juga ditentukan kapan waktu mencapai fermentasi sinambung.

Penyiapan Bahan Baku

Buah kelapa yang akan diolah menjadi VCO adalah buah yang tua, yakni berumur 11-12 bulan, yang ditandai dengan kulit sabut berwarna coklat. Buah kelapa tua akan menghasilkan rendemen minyak yang tinggi.

Pembuatan Santan

Buah kelapa tua dikupas kemudian dibelah dan dagingnya dikeluarkan dari tempurung. Daging buah kelapa lalu diparut secara manual atau digiling menggunakan mesin. Hancuran daging buah lalu ditambah air dengan perbandingan sesuai variabel. Selanjutnya, ekstrak dipres dengan menggunakan cara manual.

Pemisahan Krim

Santan yang diperoleh dituang pada beaker glass, kemudian didiamkan 2 jam. Selama pendiaman, santan akan terbagi menjadi tiga lapisan, yaitu lapisan atas berupa krim (kaya minyak), lapisan tengah berbentuk skim (kaya protein), dan lapisan bawah berupa endapan. Krim

dipisahkan dan digunakan sebagai bahan baku VCO.

Pembuatan Starter

Pengolahan VCO menggunakan bakteri *Lactobacillus Plantarum* diawali dengan membuat cairan *starter*. Caranya, skim kelapa 450 ml dicampur dengan air kelapa 50 ml, kemudian ditambahkan bakteri *lactobacillus plantarum* dari tabung reaksi, diaduk sampai homogen, lalu didiamkan (difermentasi) pada suhu ruang selama 12 jam. Penambahan air kelapa bertujuan untuk memperkaya nilai gizi media untuk proses perbanyakan *starter*.

Pencampuran Krim dengan Starter

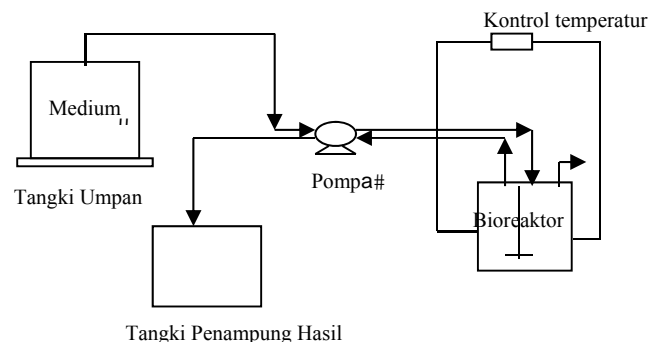
Krim yang diperoleh, sekitar 1 liter kemudian dicampur dengan *starter* 10%, Sebagai contoh, jika menggunakan *starter* 10% maka untuk krim 1 liter ditambahkan *starter* 100 ml. Campuran diaduk homogen kemudian dituang pada wadah transparan dan didiamkan 8-10 jam. Selama proses pendiaman, campuran akan terpisah menjadi tiga lapisan, yaitu minyak (lapisan atas), blondo berwarna putih (lapisan tengah), dan air (lapisan bawah). Selanjutnya, minyak dipisahkan dari blondo dan air. Alur proses pengolahan VCO disajikan pada gambar 1.

Proses Fermentasi secara Siambung

Pada proses fermentasi secara curah diperoleh kurva pertumbuhan dari bakteri *Lactobacillus Plantarum*, yang akan dipergunakan sebagai dasar dimulainya proses fermentasi secara sinambung. Pada fase pertumbuhan eksponensial, fermentasi sinambung mulai dijalankan. Dilakukan proses umpan masuk berupa substrat santan ke dalam bioreaktor sesuai variabel yang dijalankan hingga diperoleh konsentrasi produk yang konstan.

Alat

Susunan alat terlihat pada Gambar 1. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan seperangkat peralatan yang terdiri dari tangki umpan, tangki penampung dan Bioreaktor.

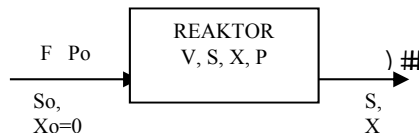


Gambar 1. Rangkaian alat penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Larutan medium steril dalam volume tertentu ditambahkan ke dalam bioreaktor secara sinambung, dan pada saat yang sama larutan yang berisi produk-produk hasil metabolisme dikeluarkan dari bioreaktor dengan laju alir yang sama. Sistem akan mencapai keadaan tunak setelah waktu tertentu ditandai dengan konsentrasi sel, substrat dan produk konstan.

Proses sinambung pembentukan produk terjadi pada kondisi anaerob.



Gambar 2. Skematik Proses Sinambung

Akumulasi = masukan-keluaran-pemanfaatan substrat

$$V \frac{ds}{dt} = F \cdot S_o - F \cdot S - V \frac{1}{Y_{p/s}} \frac{v_p \cdot S \cdot X}{k_m' + S} \quad (1)$$

pada keadaan tunak $dS/dt = 0, F/V = D,$

$$D(S_o - S) - \frac{1}{Y_{p/s}} \frac{v_p \cdot S \cdot X}{k_m' + S} = 0 \quad (2)$$

Persamaan (1) merupakan persamaan untuk memperkirakan substrat keluar pada keadaan tunak.

Neraca massa produk pada proses sinambung.

$$V \frac{dP}{dt} = F \cdot P_o - F \cdot P + \frac{v_p \cdot S \cdot X}{k_m' + S} \cdot V \quad (3)$$

pada keadaan tunak $dp/dt = 0,$ diperoleh :

$$D(P_o - P) + \frac{v_p \cdot S \cdot X}{k_m' + S} = 0 \quad (4)$$

Persamaan (4) adalah persamaan produk pada keadaan tunak dengan :

- v_p = laju pembentukan produk spesifik maksimum g produk/jam.g sel kering
- k_m' = konstanta kejenuhan substrat g/l
- Penentuan parameter $Y_{p/s}, v_p, k_m'$ dapat ditentukan dari berbagai percobaan laju pengenceran

HASIL PERCOBAAN FERMENTASI SINAMBUNG UNTUK NISBAH 1:2

Tabel 1 data pengamatan fermentasi sinambung untuk nisbah 1:2, $D = 0,06 \text{ jam}^{-1}$

| Waktu Jam | pH | x, g/l | S, g/l | Asam Laktat, g/l | Angka Asam |
|-----------|-----|--------|--------|------------------|------------|
| 0 | 3,9 | 8,40 | 4,0 | 5,6 | 6,058 |
| 1 | 3,9 | 8,96 | 3,9 | 5,6 | 6,254 |
| 2 | 3,9 | 9,28 | 3,6 | 5,8 | 6,255 |
| 3 | 3,9 | 9,97 | 4,0 | 5,8 | 6,255 |
| 4 | 3,9 | 10,12 | 4,2 | 6,0 | 6,255 |
| 5 | 3,9 | 10,66 | 4,5 | 6,2 | 6,250 |
| 6 | 3,9 | 11,27 | 4,3 | 6,4 | 6,250 |
| 7 | 3,9 | 11,75 | 4,7 | 6,4 | 6,250 |
| 8 | 3,9 | 12,09 | 4,6 | 6,4 | 6,250 |
| 9 | 3,9 | 12,52 | 4,4 | 6,4 | 6,250 |
| 10 | 3,9 | 12,98 | 4,3 | 6,4 | 6,250 |
| 11 | 3,9 | 13,28 | 4,1 | 6,4 | 6,250 |
| 12 | 3,9 | 13,71 | 4,1 | 6,4 | 6,250 |
| 13 | 3,9 | 13,74 | 4,1 | 6,4 | 6,250 |

Sri Redjeki, Ely Kurniati: KINETIKA FERMENTASI VCO SECARA SINAMBUNG DALAM BIOREAKTOR TANGKI IDEAL

Tabel 2 Data pengamatan fermentasi sinambung nisbah (1:2), $D=0,08 \text{ jam}^{-1}$

| Waktu Jam | pH | x, g/l | S, g/l | Asam Laktat, g/l | Angka Asam |
|--------------|-----|--------|--------|------------------|------------|
| 0 | 3,9 | 9,23 | 3,5 | 5,4 | 6,45 |
| 1 | 3,9 | 9,70 | 3,5 | 5,4 | 5,60 |
| 2 | 3,9 | 9,83 | 3,5 | 5,6 | 5,61 |
| 3 | 3,9 | 9,90 | 3,2 | 5,8 | 5,62 |
| 4 | 3,9 | 10,12 | 3,8 | 5,8 | 5,62 |
| 5 | 3,9 | 10,32 | 4,0 | 6,0 | 5,62 |
| 6 | 3,9 | 10,70 | 3,9 | 6,0 | 5,62 |
| 7 | 3,9 | 11,28 | 4,1 | 6,0 | 5,62 |
| 8 | 3,9 | 11,80 | 3,8 | 6,0 | 5,62 |
| 9 | 3,9 | 12,46 | 3,6 | 6,0 | 5,62 |
| 10 | 3,9 | 12,91 | 3,4 | 6,0 | 5,62 |
| 11 | 3,9 | 13,15 | 3,2 | 6,0 | 5,62 |
| 12 | 3,9 | 13,19 | 3,2 | 6,0 | 5,62 |

Tabel 3 Data pengamatan fermentasi sinambung untuk nisbah (1:2), $D = 0,12 \text{ jam}^{-1}$

| Waktu Jam | pH | x, g/l | S, g/l | Asam Laktat, g/l | Angka Asam |
|--------------|-----|--------|--------|------------------|------------|
| 0 | 3,9 | 9,76 | 5,0 | 6,2 | 7,293 |
| 1 | 3,9 | 10,32 | 4,6 | 6,2 | 7,190 |
| 2 | 3,9 | 10,98 | 4,4 | 6,4 | 7,360 |
| 3 | 3,9 | 11,55 | 4,5 | 6,6 | 7,318 |
| 4 | 3,9 | 11,93 | 4,3 | 6,6 | 7,560 |
| 5 | 3,9 | 12,31 | 4,2 | 6,8 | 7,610 |
| 6 | 3,9 | 12,79 | 4,0 | 7,0 | 7,622 |
| 7 | 3,9 | 13,37 | 4,1 | 7,0 | 7,630 |
| 8 | 3,9 | 13,86 | 4,3 | 7,0 | 7,632 |
| 9 | 3,9 | 14,42 | 4,6 | 7,0 | 7,630 |
| 10 | 3,9 | 14,98 | 4,7 | 7,0 | 7,630 |
| 11 | 3,9 | 15,39 | 4,5 | 7,0 | 7,630 |
| 12 | 3,9 | 15,86 | 4,4 | 7,0 | 7,630 |
| 13 | 3,9 | 16,24 | 4,2 | 7,0 | 7,630 |
| 14 | 3,9 | 16,67 | 4,0 | 7,0 | 7,630 |
| 15 | 3,9 | 16,82 | 4,0 | 7,0 | 7,630 |
| 16 | 3,9 | 16,84 | 4,0 | 7,0 | 7,630 |

Dari hasil percobaan untuk nisbah (1:2), terlihat bahwa, keadaan konstan pada proses sinambung diperoleh pada waktu 12 jam.

Tabel 4 Data pengamatan fermentasi sinambung untuk nisbah (1:1), $D = 0,08 \text{ jam}^{-1}$

| Waktu Jam | pH | x, g/l | S, g/l | Asam Laktat, g/l | Angka Asam |
|--------------|-----|--------|--------|------------------|------------|
| 0 | 3,9 | 9,47 | 5,0 | 6,6 | 7,450 |
| 1 | 4,0 | 9,60 | 4,8 | 6,6 | 7,293 |
| 2 | 4,0 | 10,84 | 4,7 | 6,8 | 7,650 |
| 3 | 4,0 | 11,32 | 4,4 | 6,8 | 7,902 |
| 4 | 4,0 | 11,98 | 4,8 | 7,0 | 7,950 |
| 5 | 4,0 | 13,10 | 4,6 | 7,2 | 7,950 |
| 6 | 4,0 | 14,75 | 4,8 | 7,2 | 7,950 |
| 7 | 4,0 | 15,23 | 5,0 | 7,2 | 7,950 |
| 8 | 4,0 | 15,86 | 4,7 | 7,2 | 7,950 |
| 9 | 4,0 | 16,21 | 4,5 | 7,2 | 7,950 |
| 10 | 4,0 | 17,18 | 4,3 | 7,2 | 7,950 |
| 11 | 4,0 | 17,38 | 4,3 | 7,2 | 7,950 |
| 12 | 4,0 | 18,57 | 4,3 | 7,2 | 7,950 |
| 13 | 4,0 | 19,14 | 4,3 | 7,2 | 7,950 |
| 14 | 4,0 | 19,26 | 4,3 | 7,2 | 7,950 |
| 15 | 4,0 | 19,39 | 4,3 | 7,2 | 7,950 |
| 16 | 4,0 | 19,41 | 4,3 | 7,2 | 7,950 |

Tabel 5 Data pengamatan fermentasi sinambung untuk nisbah (1:1), $D = 0,12 \text{ jam}^{-1}$

| Waktu Jam | pH | x, g/l | S, g/l | Asam Laktat, g/l | Angka Asam |
|--------------|-----|--------|--------|------------------|------------|
| 0 | 3,9 | 10,41 | 4,2 | 6,4 | 7,293 |
| 1 | 3,9 | 10,93 | 4,0 | 6,4 | 7,022 |
| 2 | 3,9 | 11,47 | 3,9 | 6,6 | 7,430 |
| 3 | 3,9 | 11,99 | 4,1 | 6,7 | 7,595 |
| 4 | 3,9 | 12,25 | 4,3 | 6,8 | 7,600 |
| 5 | 3,9 | 12,80 | 4,0 | 6,8 | 7,602 |
| 6 | 3,9 | 13,38 | 4,2 | 6,8 | 7,604 |
| 7 | 3,9 | 13,79 | 4,3 | 6,8 | 7,610 |
| 8 | 3,9 | 14,18 | 4,6 | 6,8 | 7,610 |
| 9 | 3,9 | 14,39 | 4,4 | 6,8 | 7,610 |
| 10 | 3,9 | 14,85 | 4,1 | 6,8 | 7,610 |
| 11 | 3,9 | 15,11 | 4,0 | 6,8 | 7,610 |
| 12 | 3,9 | 15,18 | 4,0 | 6,8 | 7,610 |

Dari Tabel 4 dan Tabel 5 terlihat bahwa keadaan konstan diperoleh setelah waktu 16 jam.

Dibuat grafik untuk berbagai harga D, untuk melihat pengaruh nisbah terhadap hasil S, g/l dan waktu dan x, g/l dan waktu. Pada $D = 0,16 \text{ jam}^{-1}$, proses sinambung mengalami kecenderungan penurunan kadar asam laktat maupun jumlah sel dalam fermentor, karena sel tidak mampu meningkatkan laju pertumbuhan untuk mengikuti laju aliran umpan masuk, sehingga terjadi keadaan wash out. Untuk $D=0,08 \text{ jam}^{-1}$ proses sinambung diperoleh pada waktu pertumbuhan statis yaitu setelah produk asam laktat yang diperoleh pada $\text{pH} = 3,9$. pH pada proses sinambung terlihat konstan sesuai dengan perolehan konsentrasi asam laktat yang semakin konstan, ada sedikit kenaikan konsentrasi asam laktat yang mendekati konstan dalam pembacaan pH pada pH meter. Untuk $D=0,12 \text{ jam}^{-1}$ pH stabil pada kisaran 4. Pada hasil produk produktivitas untuk proses sinambung, dihitung menggunakan rumus persamaan: $\text{Pr}(s) = D.P$. Hasil perolehan menunjukkan bahwa produktivitas fermentasi sinambung lebih baik pada nisbah (1:1) dari nisbah (1:2).

Tabel 6. Parameter Kinetika Proses Sinambung

| Parameter | Nisbah (1:2) | Nisbah (1:1) |
|-----------|--------------|--------------|
| v_p | 0,06 | 0,14 |
| k_m | 4,05 | 14,5 |
| $Y_{p/s}$ | 1,8 | 6 |

Dari Tabel 6, parameter kinetika sinambung terlihat juga lebih tinggi pada nisbah (1:1), dan parameter kinetika pada proses sinambung lebih tinggi jika dibandingkan dengan proses fermentasi curah.

SIMPULAN

Parameter kinetik yang diperoleh pada proses sinambung, untuk nisbah (1:2): $v_p = 0,06 \text{ jam}^{-1}$, $k_m = 4,05 \text{ g/l}$, $Y_{p/s} = 6 \text{ g asam laktat/g glukosa}$. Pada nisbah (1:1) diperoleh : $v_p = 0,14 \text{ jam}^{-1}$, $k_m = 14,5 \text{ g/l}$, $Y_{p/s} = 1,8 \text{ g asam laktat/g glukosa}$.

DAFTAR PUSTAKA

- Atkinson, Bernard, dan Ferda Mavituna, (1983). "Biochemical Engineering and Biotechnology Handbook", first edition, Mac Millan Publisher Ltd England, hal. 605-612.
- Cahyono and Untari, Lia (2009). "Proses Pembuatan Virgin Coconut Oil (VCO) dengan Fermentasi menggunakan Stater Ragi Tempe". Tugas Akhir S1 Teknik Kimia UNDIP, Jurusan Teknik Kimia UNDIP. (Unpublished)
- <http://vco.baliwae.com>
- Levenspiel, Octave, (1999). "Chemical Reaction Engineering" Third Edition John wiley & Sons New York Chichester Weinheim Brisbane Singapore Toronto
- Redjeki, Sri, (2011). "Mekanisme dan kinetika fermentasi VCO secara curah dalam bioreaktor tangki ideal". Monograf hal.38.
- Steinkraus, K.H. et al, (1970). "Agri % Food Chemistry, vol 18 No.4 halaman 579.