

## KESETIMBANGAN ADSORPSI ASAM LEMAK BEBAS DAN PEROKSIDA DI DALAM MINYAK SAWIT MENTAH (CPO) MENGGUNAKAN BIOADSORBEN DARI AMPAS TEBU

Yustinah<sup>1</sup>

[yus\\_tin@yahoo.com](mailto:yus_tin@yahoo.com)

<sup>1</sup>Teknik Kimia Universitas Muhammadiyah Jakarta

**ABSTRAK.** Sebagai negara agraris, Indonesia menghasilkan produk pertanian beserta limbahnya. Limbah pertanian dapat tersedia sepanjang tahun, namun masih kurang dimanfaatkan. Dalam usaha meningkatkan pemanfaatan limbah pertanian, maka dilakukan pengolahan limbah pertanian menjadi bioadsorben. Penelitian bertujuan mempelajari mekanisme adsorpsi asam lemak bebas (FFA) dan peroksida (PV) di dalam minyak sawit mentah (CPO) dengan bioadsorben dari ampas tebu, menggunakan model kesetimbangan adsorpsi isotherm. Ampas tebu yang sudah bersih kemudian dihaluskan, setelah itu direaksikan dengan NaOH untuk menghilangkan kandungan ligninnya, sehingga diperoleh bioadsorben. Minyak kelapa sawit mentah yang sudah dipanaskan dicampur dengan bioadsorben sesuai variasi massa yang digunakan. Campuran tersebut diaduk dengan kecepatan 500 rpm selama satu jam pada temperatur dijaga 110°C. Selanjutnya campuran disaring dengan pompa vakum. Filtrat yang diperoleh dianalisa kadar asam lemak bebas dan bilangan peroksida. Data hasil penelitian memperlihatkan semakin besar massa bioadsorben yang digunakan, maka FFA dan PV yang terjerap semakin besar. Berdasarkan data percobaan dan model matematika, konstanta kesetimbangan dicari menggunakan least square. Model persamaan Isotherm Freundlich dan Langmuir, digunakan untuk mengevaluasi data yang diperoleh. Model kesetimbangan Langmuir paling sesuai untuk memprediksi proses adsorpsi asam lemak bebas. Sedangkan untuk memprediksi proses adsorpsi peroksida paling sesuai adalah model Freundlich. Hal ini didukung dengan nilai linieritas ( $R^2$ ) persamaan mendekati satu.

*Kata kunci:* adsorpsi, ampas tebu, CPO, bioadsorben

**ABSTRACT.** As an agricultural Nation, Indonesia produced agricultural products and their wastes which can be available all year, yet still underutilized. The processing of agricultural waste into bioadsorben is an effort to increase utilization of agricultural waste. The research aims to study the mechanism of adsorption of free fatty acids (FFA) and peroxide (PV) in the crude palm oil (CPO) with bioadsorben from bagasse, using the model of equilibrium adsorption isotherm. Clean bagasse is mashed, then reacted with NaOH to remove lignin to obtain bioadsorben. Heated Crude palm oil is mixed with bioadsorben based on mass variation. The mixture was stirred at 500 rpm for one hour at a maintained temperature of 110°C. Then the mixture was filtered with a vacuum pump. The filtrate is analyzed for free fatty acids and peroxide. Research data show that the greater the mass bioadsorben used, then the FFA and PV are adsorbed greater. Based on experimental data and mathematical models, the equilibrium constant sought using least squares. Two models of the adsorption isotherm, the Freundlich isotherm, Langmuir isotherm, was used to evaluate the data obtained. Langmuir equilibrium equation model most suitable to predict the adsorption process of free fatty acids (FFA). As for predicting the adsorption process peroxide (PV) is a model best fits the Freundlich equation. This is supported by the value of linearity ( $R^2$ ) close to one equation.

*Keywords:* adsorption, bagasse, palm oil, bioadsorben

---

## PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Tanaman kelapa sawit (*Elaeis guinensis*) dapat menghasilkan dua jenis minyak, yakni minyak kelapa sawit mentah (Crude Palm Oil, CPO) yang diekstraksi dari mesokarp buah kelapa sawit, dan minyak inti kelapa sawit (Palm Kernel Oil, PKO) diekstraksi dari biji atau inti kelapa sawit.

Bagian yang paling utama untuk diolah dari kelapa sawit adalah buahnya, biasanya di sebut Tandan Buah Segar (TBS). Bagian daging buah menghasilkan minyak kelapa sawit mentah (CPO) melalui proses ekstraksi. Buah diproses dengan membuat lunak bagian daging buah dengan temperatur 90°C. Daging yang telah melunak dipaksa untuk berpisah dengan bagian inti dan cangkang dengan pressing pada mesin silinder berlubang.

Minyak kelapa sawit mentah hasil proses ekstraksi tersebut masih mengandung bahan ikutan seperti asam lemak bebas, pospat, pigmen, bau, air dan sebagainya. Biasanya proses ekstraksi minyak kelapa sawit ini dilanjutkan dengan proses *bleaching* (pemutihan) dan *deodorizing* (penghilang bau) agar minyak tersebut menjadi jernih, bening dan tak berbau, yang biasa disebut *refined, bleached and deodorized* (RBD) atau disebut juga proses penyulingan. Secara keseluruhan proses penyulingan minyak kelapa sawit tersebut dapat menghasilkan 73% olein, 21% stearin, 5% PFAD (*Palm Fatty Acid Distillate*) dan 0,5 -1,0% buangan. Pada proses penyulingan memerlukan adsorben untuk menyerap kotoran yang ada di dalam CPO. Adsorben yang digunakan dalam penelitian ini adalah bioadsorben dari limbah pertanian.

Salah satu tanaman perkebunan yang banyak terdapat di Indonesia adalah tebu. Pada tahun 2002 produksi tebu di Indonesia mencapai  $\pm$  2 juta ton, tebu-tebu dari perkebunan diolah menjadi gula di pabrik-pabrik gula. Dalam proses produksi di pabrik gula, ampas tebu dihasilkan sebesar 90% dari setiap tebu yang diproses, gula yang dimanfaatkan hanya 5%, sisanya berupa tetes tebu (molase) dan air.

Hasil analisis komponen serat ampas tebu berdasarkan metode analisis serat Van Soeset adalah Lignohemiselulosa dan Lignoselulosa 43-52%, Hemiselulosa 20-32,3%, selulosa 40,3-55,35%, dan Lignin 11,2-15,27%. Hasil analisis proksimatnya adalah Berat Kering 95,75%, protein kasar 1,01-2,11%, lemak 0,38%, serat kasar , abu 2,01%, Ca 0,1%, P 0,11% .

Limbah pertanian dengan kandungan serat tinggi menunjukkan komponen selulosa dalam limbah tersebut besar. Selulosa terdiri atas beberapa *microfibril* yang diikat oleh lamellae, dimana lamellae tersebut tersusun atas beberapa *fibril*. Molekul-molekul selulosa, yang termasuk polimer linier dan bersifat hidrofilik, berikatan satu sama lain membentuk *elementary fibril* (atau photofibril), dengan lebar 40 Å, tebal 30 Å, dan panjang 100 Å. Polimer linier pada *elementary fibril* tersusun secara paralel dan diikat oleh ikatan hidrogen untuk membentuk struktur kristalin, yang dikelilingi dengan struktur amorphous atau parakristalin. Struktur ini yang menyebabkan selulosa dapat mengadsorpsi.

## Tujuan Penelitian

Penelitian bertujuan mengetahui kemampuan adsorpsi ampas tebu terhadap asam lemak bebas (FFA) dan peroksida di dalam minyak kelapa sawit mentah (CPO). Kemampuan adsorpsi dianalisa berdasarkan persamaan kesetimbangan. Sehingga diperoleh persamaan kesetimbangan yang tepat dalam memprediksikan kemampuan ampas tebu sebagai bioadsorben untuk menjerap asam lemak bebas (FFA) dan peroksida di dalam CPO.

## Dasar Teori

### Adsorpsi

Adsorpsi merupakan suatu peristiwa pengikatan molekul / spesies dalam fluida ke permukaan padatan. Molekul / spesies terakumulasi pada batas muka padatan-fluida. Berdasarkan kuat interaksinya, adsorpsi dibagi menjadi adsorpsi fisika dan adsorpsi kimia (Treyball, 1981).

Jika adsorbat dan permukaan adsorben berikatan hanya dengan gaya *van der Waals*, maka yang dibicarakan adalah adsorpsi fisika atau *van der Waals*. Molekul yang teradsorpsi terikat secara lemah dipermukaan, sehingga bersifat terbalikkan (*reversibel*). Proses adsorpsi ini tidak pada tempat (*site*) yang spesifik dan molekul yang teradsorpsi menyelimuti seluruh permukaan. Panas adsorpsinya relatif rendah yaitu dibawah 20 kCal/mol (Noll, dkk., 1992).

Adsorpsi kimia atau *chemisorption* terjadi jika molekul yang teradsorpsi bereaksi secara kimia dengan permukaan adsorben. Adsorpsi ini bersifat tak terbalikkan (*irreversibel*) yang disebabkan besarnya potensial interaksi. Karena adanya ikatan kimia yang terputus dan terbentuk selama proses, maka panas adsorpsinya mempunyai nilai yang hampir sama dengan panas reaksi kimia, yaitu sekitar 20-100 kCal/mol. Adsorpsi kimia membutuhkan tempat yang spesifik dan molekul hanya teradsorpsi pada tempat tersebut.

### Persamaan Keseimbangan Adsorpsi

Pada proses adsorpsi terjadi suatu keadaan setimbang antara jumlah ion yang terakumulasi di permukaan penjerap dengan konsentrasi larutan. Untuk menjelaskan kesetimbangan penjerapan secara kuantitatif, persamaan kimia fisika yang telah dikenal dapat digunakan. Adsorpsi suatu adsorbat pada keadaan setimbang dan isothermal sering dinyatakan dengan persamaan empiris Freundlich dan Langmuir, sebagai berikut:

#### 1. Persamaan Freundlich

Persamaan Freundlich merupakan persamaan empiris dengan pendekatan penjerapan secara fisis. Penjerapan terjadi pada adsorben dengan tingkat energi yang berbeda.

Asumsi yang digunakan:

- Tidak ada asosiasi dan disosiasi molekul-molekul adsorbat setelah teradsorpsi pada permukaan padatan.
- Hanya berlangsung mekanisme adsorpsi secara fisis tanpa adanya *chemisorption*.
- Permukaan padat bersifat heterogen.

Bentuk persamaan Freundlich adalah sebagai berikut:

$$q = q_f C^{1/b} \dots\dots\dots (1)$$

dengan:

q = Jumlah adsorbat yang terjerap tiap satuan berat adsorben,

(FFA = gr/gr; Peroksida = meq H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> / gr)

C = Konsentrasi setimbang adsorbat dalam fase larutan,

(FFA = gr/mL; Peroksida = meq H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> / mL)

q<sub>f</sub>, b = Konstanta empiris, tergantung pada sifat padatan, adsorben dan suhu.

Cara regresi linier untuk menentukan tetapan pada persamaan tersebut:

$$\ln q = \frac{1}{b} \ln C + \ln q_f \dots\dots\dots (2)$$

$$Y = AX + B$$

$$Y = \ln q ; X = \ln C ; B = \ln q_f ; A = 1/b$$

(Noll, dkk., 1992).

**2. Persamaan Langmuir**

Persamaan Langmuir menggunakan pendekatan kinetika, yaitu kesetimbangan terjadi jika kecepatan adsorpsi sama dengan desorpsi.

Asumsi yang digunakan:

- a. Molekul yang teradsorpsi membentuk suatu lapisan tunggal (*monolayer*)
- b. Mekanisme *chemisorption* lebih berperan
- c. Tidak ada interaksi samping diantara molekul-molekul adsorbat
- d. Permukaan padatan bersifat homogen, afinitas masing-masing lokasi untuk molekul adsorbat sama.
- e. Adsorbat teradsorpsi pada lokasi yang tertentu, sehingga tidak dapat bergerak pada permukaan padatan dan bersifat *irreversible*.

Bentuk persamaan Langmuir adalah:

$$q = \frac{q_{max} bC}{(1 + bC)} \dots\dots\dots (3)$$

dengan:

q = Jumlah adsorbat terjerap tiap satuan berat adsorben,

(FFA = gr/gr; Peroksida = meq H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> / gr)

C = Konsentrasi setimbang adsorbat dalam fase larutan,

(FFA = gr/mL; Peroksida = meq H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> / mL)

q<sub>max</sub> = Kapasitas penjerapan maksimum *monolayer*,

(FFA = gr/gr; Peroksida = meq H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> / gr)

b = Konstanta kesetimbangan yang tergantung pada suhu

Cara regresi linear untuk menentukan tetapan pada persamaan tersebut, yaitu:

$$\frac{C}{q} = \frac{1}{q_{max}} C + \frac{1}{b \cdot q_{max}} \dots\dots\dots (4)$$

$$Y = AX + B$$

$$Y = C/q ; X = C ; A = 1/q_{max} ; B = 1/b \cdot q_{max}$$

(Noll, dkk., 1992).

Kualitas material adsorben dipertimbangkan dari berapa banyak adsorbat (FFA dan peroksida) yang dapat terjerap dan tersisa dalam larutan. Untuk itu biasanya

ditentukan adsorbat yang terjerap dalam adsorben sebagai sejumlah satuan adsorbat per satuan berat kering adsorben. Perhitungan adsorbat yang terjerap berdasarkan neraca massa sistem adsorpsi yaitu = adsorbat yang berkurang di dalam larutan (CPO), keseluruhan berpindah ke dalam adsorben.

$$q = \frac{V(C_0 - C)}{m} \dots\dots\dots(5)$$

dengan :

q = Jumlah FFA atau peroksida yang terjerap dalam adsorben,

(FFA = gr/gr; Peroksida = meq H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> / gr)

C<sub>0</sub> = Konsentrasi FFA atau peroksida awal dalam larutan,

(FFA = gr/mL; Peroksida = meq H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> / mL)

C = Konsentrasi FFA atau peroksida akhir dalam larutan,

(FFA = gr/mL; Peroksida = meq H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> / mL)

V = Volume larutan, mL

m = Berat adsorben (ampas tebu), gr

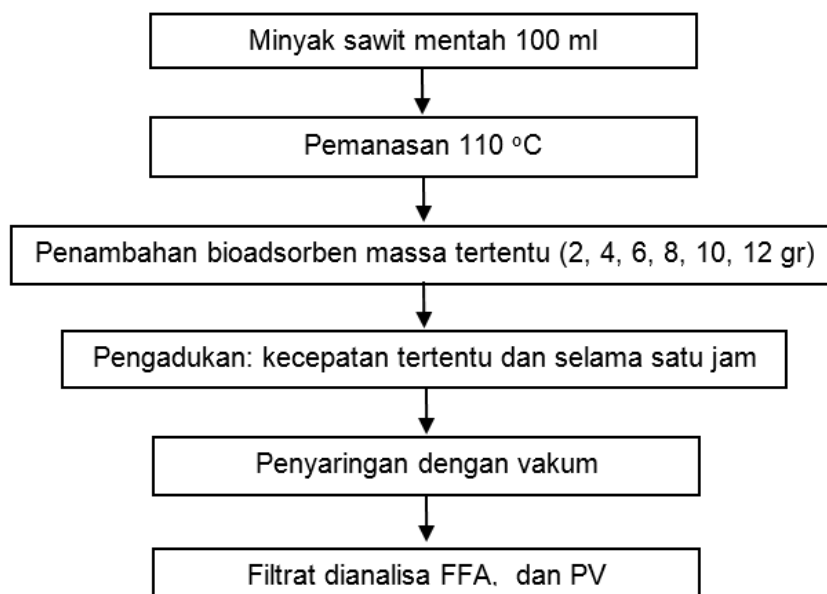
## METODOLOGI PENELITIAN

### Bahan dan Alat

Minyak sawit mentah (CPO) dianalisis kadar asam lemak bebas (FFA), dan bilangan peroksida (PV). Limbah pertanian yang digunakan yaitu ampas tebu yang diperoleh dari penjual minuman air tebu di pinggir jalan. Sedangkan bahan-bahan kimia untuk analisa diperoleh dari laboratorium Teknik Kimia UMJ. Peralatan untuk pembuatan bioadsorben dan proses adsorpsi yang digunakan adalah: blender, ayakan, motor pengaduk, pemanas, oven dan alat-alat gelas.

### Metode Penelitian

Limbah ampas tebu yang sudah dibersihkan dan digiling, dilakukan proses delignifikasi menggunakan NaOH. Setelah itu larutan dinetralkan dan dicuci, selanjutnya disaring dan padatan kemudian di oven untuk mendapatkan bioadsorben. Sedangkan tahap-tahap proses adsorpsi dilakukan sesuai dengan Gambar 1.



Gambar 1. Skema proses adsorpsi minyak sawit mentah

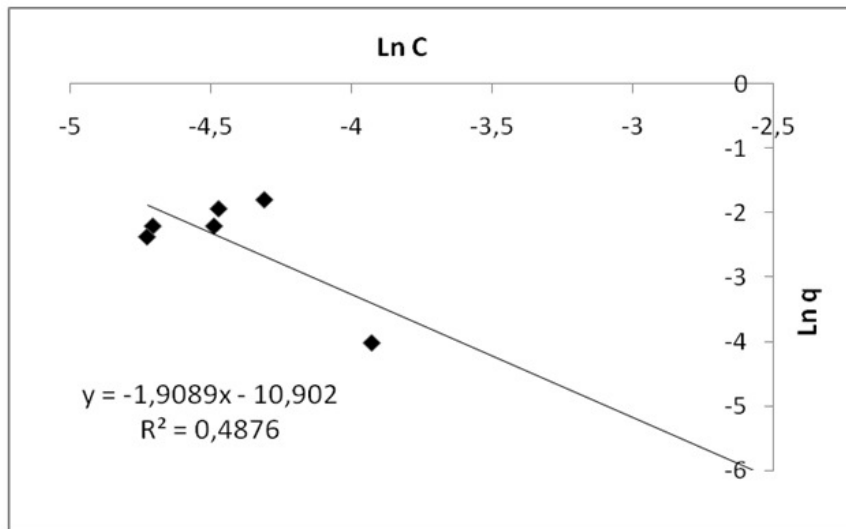
**HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

**Persamaan Kesetimbangan Kadar Asam Lemak Bebas (FFA)**

Tabel 1. Kadar FFA pada berbagai variabel massa bioadsorben

| No. | Massa Bioadsorben (gr) | FFA (%) | C (gr/ml) | q (gr/gr) |
|-----|------------------------|---------|-----------|-----------|
| 1.  | 2                      | 0,0215  | 0,0196    | 0,0181    |
| 2.  | 4                      | 0,0147  | 0,0134    | 0,16      |
| 3.  | 6                      | 0,0125  | 0,0114    | 0,14      |
| 4.  | 8                      | 0,0123  | 0,0112    | 0,11      |
| 5.  | 10                     | 0,0099  | 0,0090    | 0,11      |
| 6.  | 12                     | 0,0097  | 0,0088    | 0,09      |

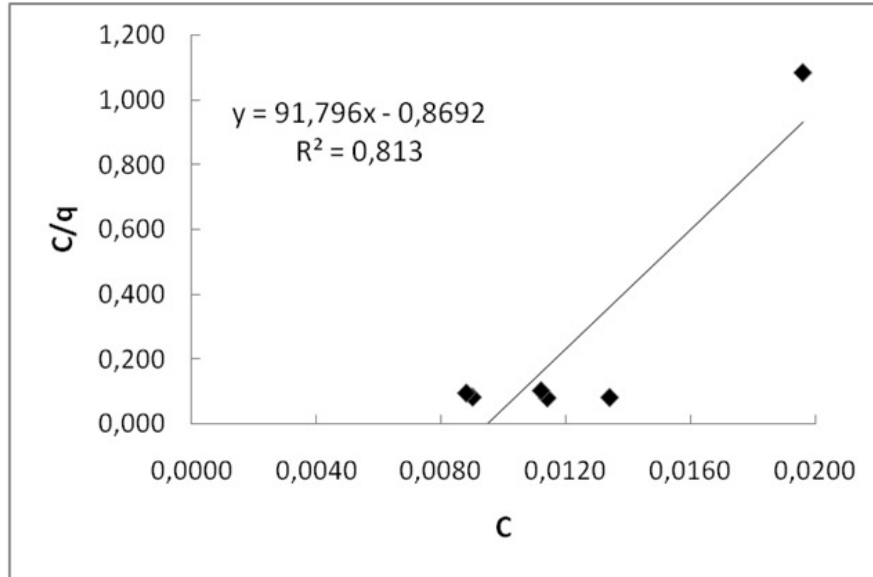
Tabel 1. menunjukkan bahwa semakin banyak jumlah bioadsorben yang digunakan mengakibatkan kadar FFA dalam CPO akan semakin kecil, sebab semakin banyak jumlah asam lemak bebas (FFA) yang terjerap. Hal ini dapat dipahami karena jika semakin banyak bioadsorben yang digunakan, maka akan semakin besar luas permukaan yang dapat digunakan sebagai *site* (tempat) bagi adsorbat untuk terjerap di dalam bioadsorben. Dengan demikian dapat diambil kesimpulan bahwa proses penjerapan FFA menggunakan bioadsorben ampas tebu dipengaruhi oleh massa bioadsorben.



Gambar 2. Hubungan antara ln C dan ln q pada pengaruh massa bioadsorben terhadap kadar FFA menggunakan persamaan Freundlich

Tabel 2. Persamaan Kesetimbangan pada Kadar FFA

| No. | Model persamaan | Persamaan linier  | Konstanta empiris                 |          | R <sup>2</sup> |
|-----|-----------------|-------------------|-----------------------------------|----------|----------------|
|     |                 |                   | q <sub>f</sub> , q <sub>max</sub> | b        |                |
| 1.  | Freundlich      | y=-1,9089x-10,902 | 0,00001842                        | -0,52386 | 0,4876         |
| 2.  | Langmuir        | y=91,796x-0,8692  | 0,010894                          | -105,61  | 0,813          |



Gambar 3. Hubungan antara C dan C/q pada pengaruh massa bioadsorben terhadap kadar FFA menggunakan persamaan Langmuir

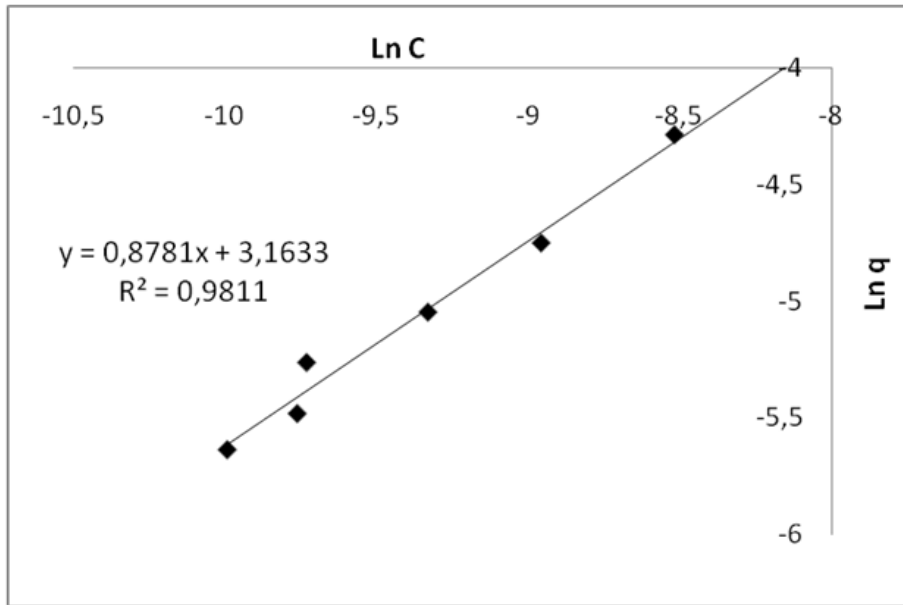
Data-data hasil percobaan dievaluasi berdasarkan persamaan-persamaan (1), sampai (5), kemudian hasilnya disajikan pada Gambar 2, dan Gambar 3, serta pada Tabel 2. Dari Tabel 2 terlihat bahwa secara umum persamaan yang paling baik digunakan untuk mewakili data-data percobaan ini adalah persamaan Langmuir, yang memberikan nilai linieritas ( $R^2$ ) mendekati satu. Berdasarkan pendekatan itu dapat disimpulkan bahwa penjerapan FFA menggunakan bioadsorben dari ampas tebu yang paling dominan adalah penjerapan secara kimia (adsorpsi kimia)

### Persamaan Kesetimbangan Kadar Peroksida (PV)

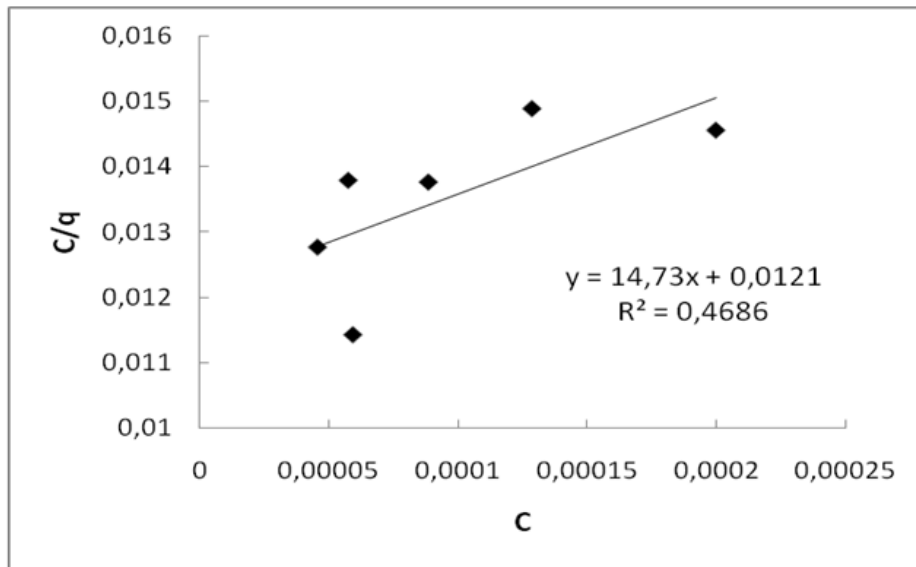
Tabel 3. Kadar PV pada berbagai variabel massa bioadsorben

| No. | Massa Bioadsorben (gr) | PV (meq H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> / 100 gr minyak) | C (meq H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> / ml minyak) | q (meq H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> / gr adsorben) |
|-----|------------------------|--|---|---|
| 1.  | 2                      | 0,0219   | 0,0001997   | 0,0137256   |
| 2.  | 4                      | 0,0141   | 0,0001286   | 0,0086412   |
| 3.  | 6                      | 0,0097   | 0,0000885   | 0,0064296   |
| 4.  | 8                      | 0,0065   | 0,0000593   | 0,0051870   |
| 5.  | 10                     | 0,0063   | 0,0000575   | 0,0041678   |
| 6.  | 12                     | 0,005  | 0,0000456   | 0,0035720   |

Tabel 3. menunjukkan bahwa semakin banyak jumlah bioadsorben yang digunakan mengakibatkan kadar peroksida (PV) dalam CPO akan semakin kecil, sebab semakin banyak jumlah peroksida yang terjerap. Hal ini dapat dipahami karena jika semakin banyak bioadsorben yang digunakan, maka akan semakin besar luas permukaan yang dapat digunakan sebagai *site* (tempat) bagi adsorbat untuk terjerap di dalam bioadsorben. Dengan demikian dapat diambil kesimpulan bahwa proses penjerapan PV menggunakan bioadsorben dari ampas tebu dipengaruhi oleh massa bioadsorben.



Gambar 4. Hubungan antara ln C dan ln q pada pengaruh massa bioadsorben terhadap kadar PV menggunakan persamaan Freundlich



Gambar 5. Hubungan antara C dan C/q pada pengaruh massa bioadsorben terhadap kadar PV menggunakan persamaan Langmuir

Tabel 4. Persamaan Kesetimbangan pada Kadar PV

| No. | Model persamaan | Persamaan linier | Konstanta empiris                 |          | R <sup>2</sup> |
|-----|-----------------|------------------|-----------------------------------|----------|----------------|
|     |                 |                  | q <sub>f</sub> , q <sub>max</sub> | b        |                |
| 1.  | Freundlich      | y=0,8781x+3,1633 | 23,6485                           | 1,1388   | 0,9811         |
| 2.  | Langmuir        | y=14,73x+0,0121  | 0,067889                          | 1217,355 | 0,4686         |



Data-data hasil percobaan dievaluasi berdasarkan persamaan-persamaan (1), sampai (5), kemudian hasilnya disajikan pada Gambar 4, dan Gambar 5, serta pada Tabel 4. Dari Tabel 4, memperlihatkan bahwa secara umum persamaan yang paling baik digunakan untuk mewakili data-data percobaan ini adalah persamaan Freundlich, yang memberikan nilai linieritas ( $R^2$ ) mendekati satu. Berdasarkan pendekatan itu dapat disimpulkan bahwa penyerapan PV menggunakan bioadsorben dari ampas tebu yang paling dominan adalah penyerapan secara fisis (adsorpsi fisika)

## **KESIMPULAN**

Bioadsorben dari ampas tebu dapat digunakan untuk menyerap asam lemak bebas (FFA) dan peroksida (PV) dalam minyak sawit mentah (CPO). Semakin besar massa bioadsorben yang digunakan, maka FFA dan PV yang terjerap semakin besar.

Model persamaan keseimbangan Langmuir paling sesuai untuk memprediksi proses adsorpsi asam lemak bebas (FFA). Sedangkan untuk memprediksi proses adsorpsi peroksida (PV) paling sesuai adalah model persamaan Freundlich. Hal ini didukung dengan nilai linieritas ( $R^2$ ) persamaan mendekati satu.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Ketaren, S. (2005). *Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan*, Cetakan ke lima, UI Press. Jakarta.
- Maskan, M. dan H.I. Bagci. (2003). *Effect of Different Adsorbents On Purification of Used Sunflower Seed Oil Utilized For Frying*, Journal of Food Research Technology, 217, 215-218.
- Noll, K.E., Gournaris, V., and Hou, W.S., (1992), *Adsorption Technology for Air and Water Pollution Control*, Lewish Publisher., Michigan.
- Sudarmadji, S., dkk.. (1989). *Analisa Bahan Makanan dan Pertanian*, Liberty, Bandung, hal.111, 115-117
- Wahyono, D.E., dan Hardianto, R. (2004). *Pemanfaatan Sumberdaya Pakan Lokal untuk Pengembangan Usaha Sapi Potong*, makalah disampaikan pada Lokakarya Nasional Sapi Potong 2004.
- Widjanarko, P.I., dkk. (2006). *Kinetika Adsorpsi Zat Warna Congo Red dan Rhodamine B dengan Menggunakan Serabut Kelapa dan Ampas Tebu*, Jurnal Teknik Kimia Indonesia, Vol. 5, No. 3, hal 461-467
- Yuliana, dkk. (2005). *Penggunaan Adsorben Untuk Mengurangi Kadar Free Fatty Acid, Peroxide Value dan Warna Minyak Goreng Bekas*, Jurnal Teknik Kimia Indonesia, Vol. 4., No. 2., hal.212-218.
- Yustinah, Hartini dan Yulianti. (2012). *Penurunan Kadar Asam Lemak Bebas (FFA) dan Peroksida pada Minyak Sawit Mentah (CPO) Menggunakan Bioadsorben dari Ampas Tebu*, Prosiding Seminar Tjipto Utomo 2012, No ISSN : 1693-1750, Bandung