

KARAKTERISTIK AERODINAMIKA KOMPONEN AMPAS PRES MINYAK SAWIT

Diwan Prima Ariana dan Purboyo Guritno

ABSTRAK

Karakteristik aerodinamika komponen ampas pres, yaitu serat, cangkang, inti dan biji telah diukur dengan menggunakan metode pengambilan. Karakteristik yang diukur adalah kecepatan terminal dan koefisien hambatan. Penggunaan praktis dengan diketahuinya kecepatan terminal adalah penentuan kecepatan udara pemisahan yang optimal dalam upaya mengurangi kehilangan biji di pabrik kelapa sawit.

Contoh ampas pres yang akan diukur kecepatan terminalnya diambil dari ujung cake breaker conveyor sebelum memasuki kolom pemisah. Pengukuran kecepatan terminal dilakukan langsung di dalam tabung pengukuran, sedangkan koefisien hambatan dihitung berdasarkan persamaan gaya pada keadaan keseimbangan dinamis. Urutan rerata kecepatan terminal dari yang terkecil adalah serat, cangkang, inti dan biji. Dengan diketahuinya bahwa rerata kecepatan terminal untuk masing-masing komponen ampas pres terpisah secara jelas maka dimungkinkan pemisahan ampas pres secara pneumatik.

Kata kunci : minyak sawit, pneumatik, kecepatan terminal, koefisien seret

PENDAHULUAN

Karakteristik aerodinamika memegang peranan penting dalam proses pemisahan komponen ampas pres yaitu pemisahan biji dari cangkang dan serat di depericarper. Pemisahan komponen ampas pres di pabrik kelapa sawit modern menggunakan sistem pneumatik atau biasa disebut *pneumatic depericarper*. Sistem ini memanfaatkan perbedaan karakteristik aerodinamika antar komponen ampas pres.

Pemisahan ampas pres diperlukan karena serat dan cangkang akan dimanfaatkan sebagai bahan bakar ketel uap sedangkan biji akan diproses lebih lanjut sampai didapat inti sawit. Pada proses pemisahan yang tidak optimal, sebagian biji terutama yang berukuran kecil akan terikut ke kelompok serat atau sebaliknya sebagian serat atau cangkang ikut jatuh ke *polishing drum*. Proses pemisahan yang tidak optimal ini akan

mengakibatkan kerugian. Aplikasi praktis di pabrik kelapa sawit dengan diketahuinya karakteristik aerodinamika komponen ampas pres adalah sebagai dasar dalam penentuan kecepatan udara optimal untuk memisahkan biji dengan serat dan cangkang.

Gaya-gaya yang terlibat dalam proses pemisahan adalah gaya berat dan gaya seret aerodinamis. Gaya seret aerodinamis merupakan fungsi yang kompleks dari kecepatan relatif antara partikel dengan udara, ukuran dan bentuk efektif partikel serta kondisi turbulensi aliran udara. Gaya seret yang berlaku pada individu komponen ampas pres tidak dapat diukur secara langsung karena kecilnya ukuran individu komponen ampas pres tersebut. Oleh karena itu gaya seret sering diukur pada keadaan keseimbangan dinamis yang besarnya adalah sama dengan bobot partikel pada saat kecepatan terminal pada partikel yang sedang jatuh bebas telah tercapai. Ke-

cepatan terminal adalah kecepatan maksimum yang dapat dicapai oleh suatu partikel yang sedang jatuh bebas. Keseimbangan dinamis juga bisa terjadi jika partikel mengambang dalam aliran udara yang menuju ke atas.

Penelitian ini bertujuan mengetahui karakteristik aerodinamika komponen ampas pres yaitu kecepatan terminal dan koefisien seret. Kecepatan terminal bermanfaat dalam penentuan kecepatan udara pemisahan yang optimum.

BAHAN DAN METODE

Percobaan dilaksanakan di pabrik kelapa sawit Adolina, PT Perkebunan VI, Sumatera Utara dan laboratorium teknologi pasca panen, Pusat Penelitian Kelapa Sawit (PPKS) pada bulan Maret sampai dengan Desember 1995.

Ampas pres diambil dari ujung *cake breaker conveyor* sebelum masuk ke kolom pemisah deperikarper. Ampas pres tersebut lalu diuraikan ke dalam komponen serat, biji, inti dan cangkang. Dimensi biji dan inti diukur berdasarkan tiga sumbu yang saling tegak lurus dengan menggunakan jangka sorong, sedangkan dimensi serat diukur berdasarkan diameter di kedua ujung dan tengah serat serta panjang serat. Diameter efektif biji dan inti adalah rerata geometrik dari tiga dimensi, diameter efektif cangkang adalah rerata geometrik dari dua dimensi terbesar (2) sedangkan diameter efektif serat adalah rerata aritmetik dari tiga titik pengukuran. Diameter efektif tersebut digunakan untuk menghitung bilangan Reynold, luas area proyeksi dan koefisien hambatan. Bilangan Reynold dihitung dengan menggunakan Persamaan 1 sedangkan koefisien hambatan dihitung dengan menggunakan Persamaan 2 atau Persamaan 3.

$$N_R = \frac{V d \rho_f}{\eta} \quad 1$$

- N_R : bilangan Reynold
 V : kecepatan terminal (m/dt)
 d : diameter efektif (m)
 ρ_f : massa jenis udara (1,147 kg/m³ pada 25°C)
 η : viskositas absolut udara (1,85 x 10⁻⁵ Ndt/m² pada 25°C)

Koefisien hambatan dihitung menggunakan Persamaan 2 atau Persamaan 3 :

untuk biji, inti dan cangkang :

$$C = \frac{2 m g d \rho_f}{1 (\eta N_R)^2} \quad 2$$

untuk serat :

$$C = \frac{8 m g \rho_f}{\pi (\eta N_R)^2} \quad 3$$

- C : koefisien seret
 m : massa (kg)
 g : percepatan gravitasi (9,81 m/dt²)
 d : diameter efektif (m)
 l : panjang (m)

Pengukuran kecepatan terminal individu komponen ampas pres dilakukan berdasarkan kecepatan udara pada saat partikel mengambang. Alat pengukur kecepatan terminal hasil rancangan PPKS diperlihatkan pada Gambar 1. Aliran udara dari kipas sentrifugal dialirkan ke dasar tabung pengukuran melalui suatu ruangan (*plenum chamber*). Di dasar tabung dipasang saringan kawat untuk meletakkan contoh. Kecepatan udara pada tabung pengukuran dapat diatur dengan cara mengatur bukaan katup di lubang masuk kipas. Tabung dibuat dari bahan *plexiglass* untuk memudahkan pengamatan karena sifatnya yang transparan. Pada jarak 720 mm dari dasar tabung, dibuat lubang untuk

memasukkan anemometer. Lubang tersebut juga dipakai sebagai acuan tempat mengambangnnya partikel pada saat kecepatan terminal telah tercapai.

Industri komponen ampas pres atau partikel yang kecepatan terminalnya akan diukur ditempatkan di dasar tabung pengukuran. Kecepatan udara dalam tabung secara perlahan dinaikkan sampai partikel terangkat dan mengambang dalam aliran udara pada posisi di sekitar titik pengukuran. Pada saat itu kecepatan udara dalam tabung diukur.

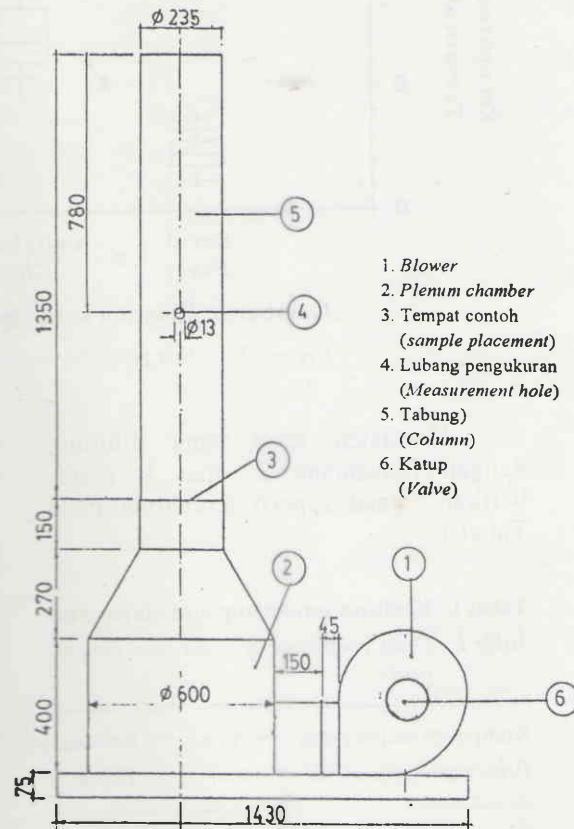
Pengukuran kecepatan udara dilakukan di sembilan titik berinterval sama pada garis tengah tabung dengan menggunakan anemometer melalui lubang pengukuran (Gambar 1).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil pengamatan gerakan partikel di dalam tabung, keseimbangan ideal, yaitu tidak bergesernya partikel pada kecepatan terminal tidak tercapai. Partikel cenderung naik dan turun serta berputar di sekitar titik pengamatan. Perilaku partikel seperti itu timbul karena sebaran kecepatan udara yang tidak seragam di dalam tabung pengukuran serta bentuk partikel yang tidak simetris.

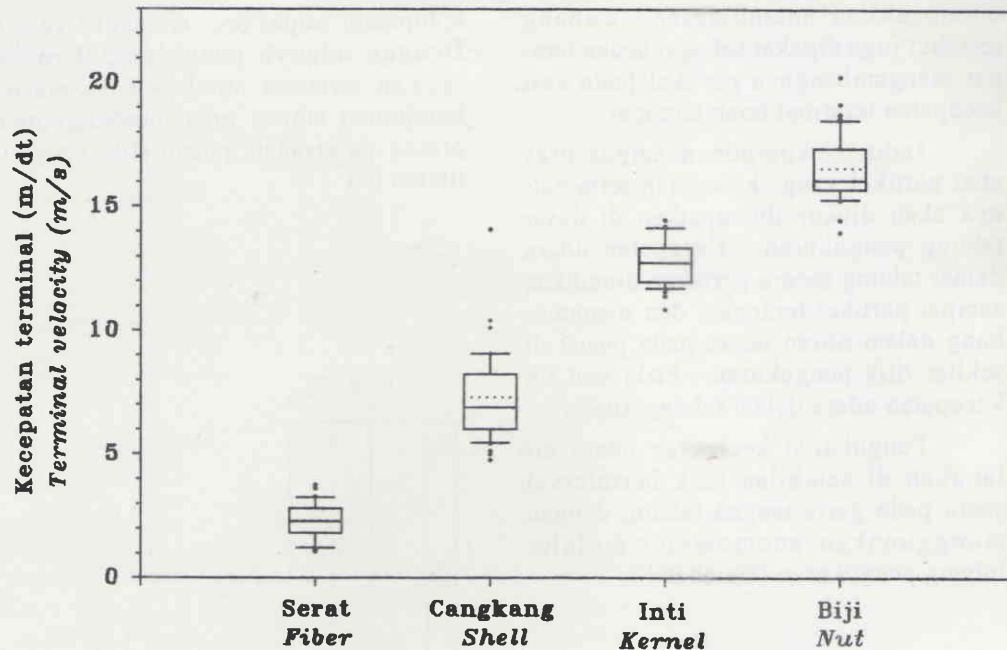
Gambar 2 menunjukkan diagram kotak-garis kecepatan terminal masing-masing komponen ampas pres. Pada gambar tersebut terlihat bahwa nilai median kecepatan terminal serat, cangkang, inti dan biji berturut-turut sebesar 2, 7, 13 dan 16 m/dt. Jika dibandingkan dengan kecepatan terminal teoritis (1), hasil pengukuran tersebut tidak jauh berbeda. Secara umum terlihat bahwa sebaran kecepatan terminal keempat

komponen ampas pres tersebut terpisah. Dengan adanya pengelompokan kecepatan terminal untuk masing-masing komponen ampas pres memungkinkan proses pemisahan pneumatik yang optimum (3)



Gambar 1. Pengukur kecepatan udara metode mengambang (semua dimensi dalam mm).

Figure 1. Terminal velocity measurement device with floating method (all dimensions in mm).



Gambar 2. Diagram kotak-garis kecepatan terminal.

Figure 2. Box plot of terminal velocity.

Koefisien seret yang dihitung dengan Persamaan 2 atau 3 memberikan hasil seperti tercantum pada Tabel 1.

Tabel 1. Koefisien seret komponen ampas pres
Table 1. Drag coefficient of press cake components

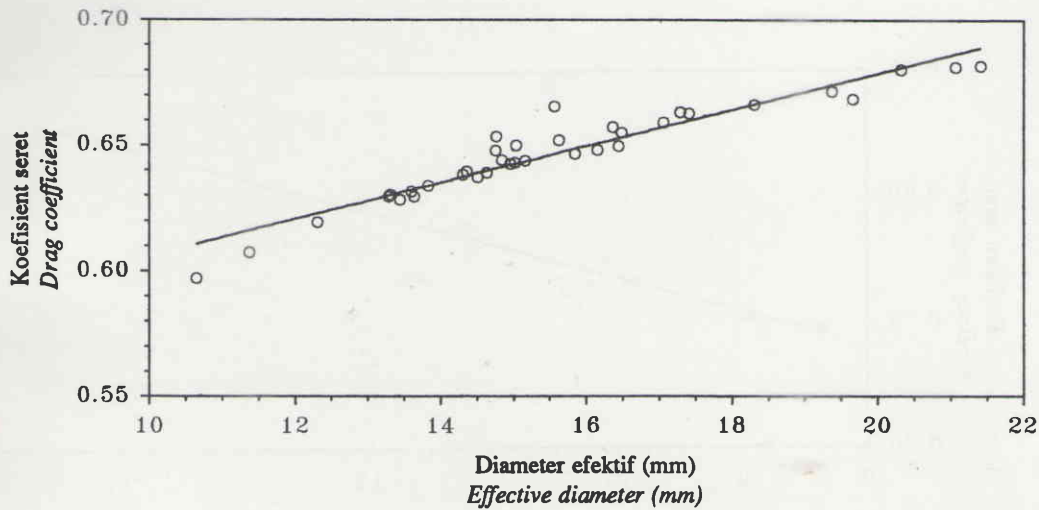
Komponen ampas press Press cake components	Rerata Mean	Rentang Range
Serat Fiber	1,09	0,51 - 2,67
Cangkang Shell	0,58	0,55 - 0,62
Inti Kernel	0,78	0,74 - 0,83
Biji Nut	0,65	0,60 - 0,68

Biji

Hubungan antara koefisien seret pada biji dengan diameter efektif dan bilangan Reynold disajikan pada Gambar 3 dan 4. Terlihat bahwa hubungan antara diameter efektif dengan koefisien seret adalah linear begitu juga dengan hubungan antara bilangan Reynold dengan koefisien seret. Koefisien determinasinya berturut-turut sebesar 0,95 dan 0,97 dan persamaan regresinya adalah $C=0,53+(7 \times 10^{-3})d$ dan $C=0,56+(1 \times 10^{-4})N_R$.

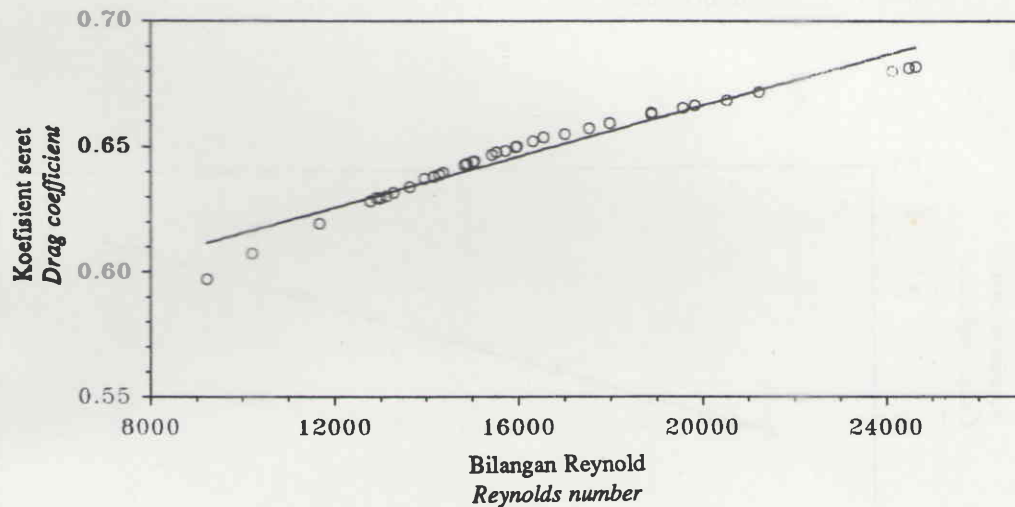
Inti

Di dalam proses ekstraksi minyak sawit dengan *screw press*, inti merupakan hasil sampingan akibat tekanan mesin press yang terlampaui kuat. Akibat tekanan tersebut beberapa biji akan pecah sehingga muncul inti dan cangkang.



Gambar 3. Hubungan antara koefisien seret dengan diameter efektif biji.

Figure 3. Relationship between drag coefficient and effective diameter of nut.

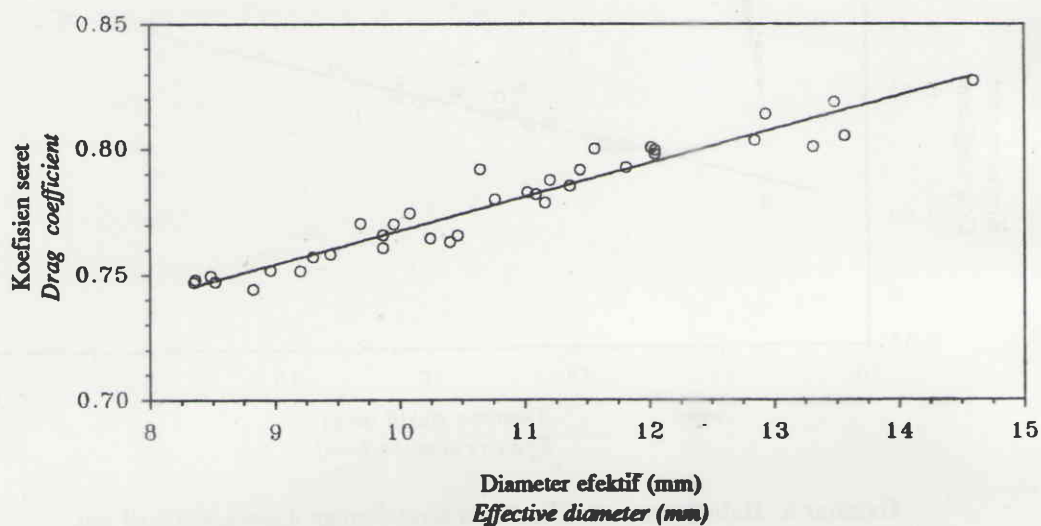


Gambar 4. Hubungan antara koefisien seret dan bilangan Reynold biji.

Figure 4. Relationship between drag coefficient and Reynold's number of nut.

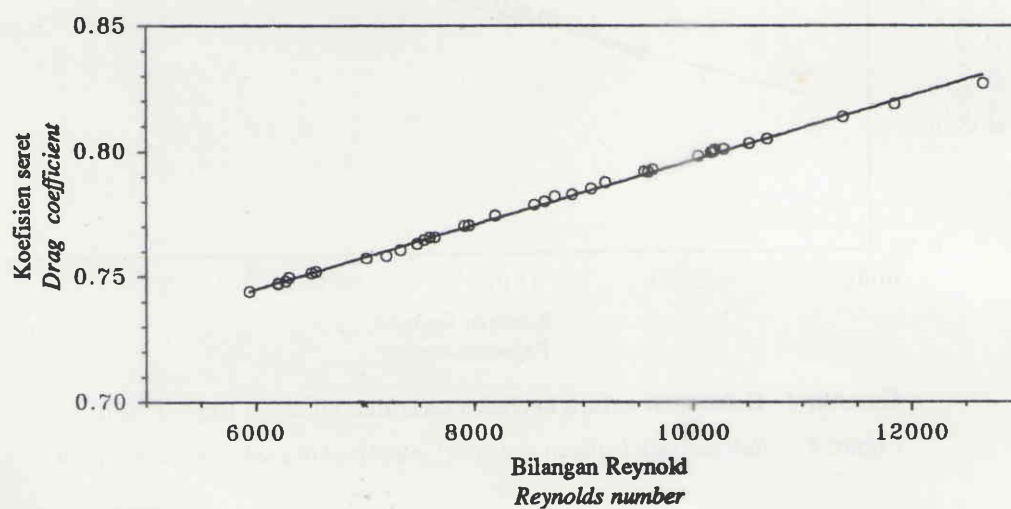
Secara geometris inti mempunyai ukuran yang lebih kecil dari biji, akibatnya kecepatan terminalnya lebih kecil dari biji. Akan tetapi, koefisien seret inti lebih besar dari biji disebabkan oleh rasio m/NR^2 inti lebih besar dari biji.

Hubungan antara koefisien seret dengan diameter efektif dan bilangan Reynold disajikan pada Gambar 5 dan 6. Pada Gambar 5 dan 6 terlihat bahwa hubungan linier dengan koefisien determinasinya masing-masing sebesar 0,96



Gambar 5. Hubungan antara koefisien seret dengan diameter efektif inti.

Figure 5. Relationship between drag coefficient and effective diameter of kernel.



Gambar 6. Hubungan antara koefisien seret dengan bilangan Reynold inti.

Figure 6. Relationship between drag coefficient and Reynold's number of kernel.

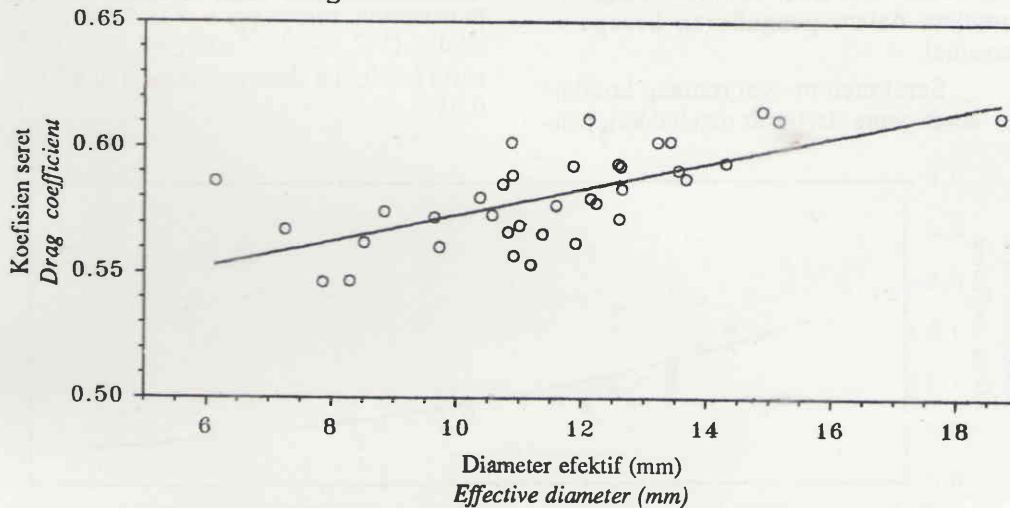
dan 0,99. Persamaan garis regresi kedua hubungan tersebut adalah $C=0,63+0,01d$ dan $C=0,67+(1 \times 10^{-5})N_R$.

Cangkang

Seperti halnya inti, cangkang juga timbul akibat tekanan tinggi pada *screw press*. Bentuk cangkang sangat beragam terlihat dari nilai koefisien determinasi antara koefisien seret dengan diameter

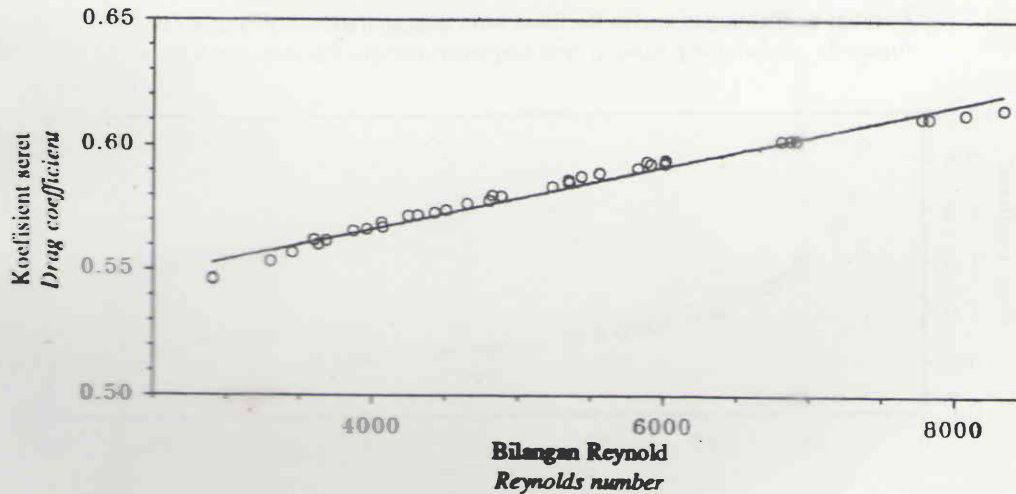
efektif yaitu sebesar 0,67. Dalam menghitung diameter efektif, cangkang diasumsikan berbentuk piringan.

Gambar 7 dan Gambar 8 memperlihatkan hubungan koefisien seret dengan diameter efektif dan bilangan Reynold dengan persamaan regresinya masing-masing adalah $C=0,52+0,01d$ dan $C=0,52+(1 \times 10^{-5})N_R$.



Gambar 7. Hubungan antara koefisien seret dengan diameter efektif cangkang.

Figure 7. Relationship between drag coefficient and effective diameter of shell.



Gambar 8. Hubungan antara koefisien seret dengan bilangan Reynold cangkang.

Figure 8. Relationship between drag coefficient and Reynold's number of shell.

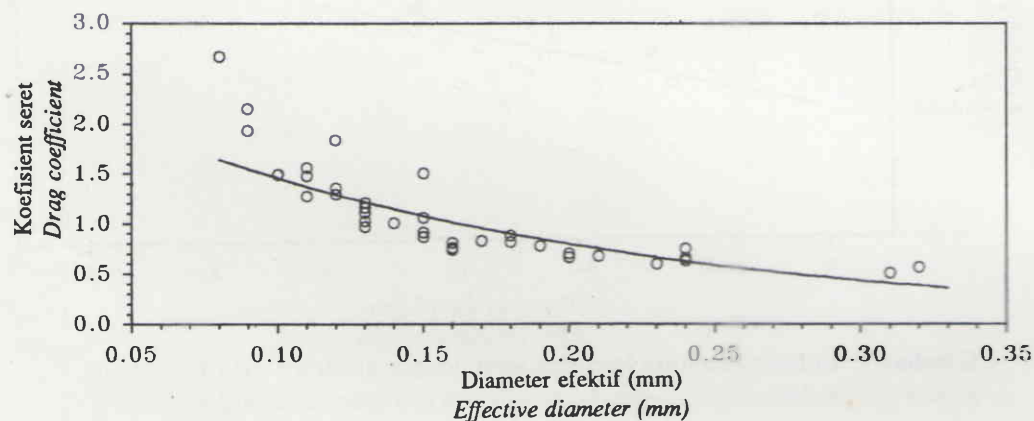
Serat

Serat merupakan komponen ampas pres dengan porsi terbesar, yaitu sekitar 50 % berat ampas pres. Pada kenyataannya, di dalam ruang pemisahan deperikarper serat saling bertautan antar sesamanya membentuk gumpalan-gumpalan, akan tetapi karena rumitnya analisis aerodinamika untuk bentuk seperti itu, maka individu seratlah yang digunakan dalam pengukuran kecepatan terminal.

Serat mempunyai rentang koefisien seret yang terbesar disebabkan ben-

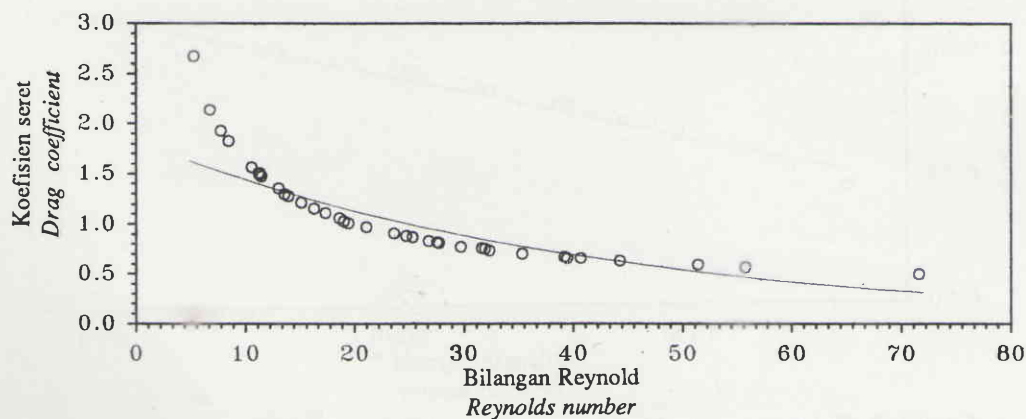
tuknya yang lebih beragam, yaitu mulai dari silinder lurus sampai silinder membengkok.

Gambar 9 dan 10 memperlihatkan hubungan antara koefisien seret dengan diameter efektif dan bilangan Reynold serat. Pada kedua gambar tersebut terlihat bahwa bentuk kedua hubungan tersebut adalah eksponensial, dengan persamaan regresinya masing-masing adalah $C=2,66e^{-6,05d}$ dan $C=1,83e^{-0,02N_R}$ serta koefisien determinasinya 0,87 dan 0,91.



Gambar 9. Hubungan antara koefisien seret dengan diameter efektif serat.

Figure 9. Relationship between drag coefficient and effective diameter of fiber.



Gambar 10. Hubungan antara koefisien seret dengan bilangan Reynold serat.

Figure 10. Relationship between drag coefficient and Reynold's number of fiber.

KESIMPULAN

Pengukuran kecepatan terminal terhadap komponen ampas pres dengan menggunakan metode mengambang (*floating method*) memberikan nilai rerata kecepatan terminal berturut-turut sebesar 2, 7, 13 dan 16 m/dt untuk serat, cangkang, inti dan biji sedangkan koefisien seretnya adalah 1,09, 0,58, 0,78 dan 0,65. Kecepatan terminal ini dapat dijadikan sebagai dasar dalam menghitung kecepatan udara pemisahan yang optimum.

Terdapat hubungan linier yang erat antara diameter efektif dan koefisien seret komponen serat, inti dan cangkang. Hubungan yang erat ini menunjukkan terpenuhinya asumsi bentuk geometris serta orientasi partikel.

Berputarnya komponen ampas pres pada saat pengukuran akan memberikan bias pada hasil pengukuran akan tetapi dalam konteks perancangan alat hal tersebut dapat diterima.

DAFTAR PUSTAKA REFERENCES

1. ARIANA, D.P. and P. GURITNO. 1995. Optimalisasi kecepatan udara pada depericarper untuk memisahkan serat dan biji *Elaeis guineensis* Jacq. Jurnal Penelitian Kelapa Sawit, 3(1):57-73.
2. HAWK, A.L., D.B. BROOKER and J.J. CASSIDY. 1966. Aerodynamic characteristics of selected farm grains. Trans. ASAE 9(1):48-51.
3. MOHSENIN, N.N. 1980. Physical properties of plant and animal materials. Gordon and Beach Science Publishers. New York. 742 p.
4. SHELLARD, J.E. and R.H. MACMILLAN. 1978. Aerodynamic properties of threshed wheat materials. J.Agric Eng.Res, 23:273-281.

Aerodynamic characteristics of palm oil press cake components

Diwan Prima Ariana and Purboy Guritno

Abstract

The aerodynamic characteristics, i.e. terminal velocity and drag coefficient of fiber, shell, kernel and nut from press cake were measured by floating methods. Practical application of terminal velocity is used for determination of optimal air velocity in a separation process.

Press cake samples were taken from the outlet of cake breaker conveyor before entering the separating column. Terminal velocity of each press cake component was directly measured in the air velocity measurement column while drag coefficient was calculated based on force equation in the dynamic equilibrium state. The terminal velocity of the nut was the highest followed by kernel, shell, and fiber. Terminal velocity for each press cake component was clearly separated so that press cake component can be separated pneumatically.

Key words : palm oil, pneumatic, terminal velocity, drag coefficient

INTRODUCTION

Aerodynamic characteristic has played an important role in press cake separation process, i.e. separating nut

from shell and fiber in the depericarper. Press cake separation in the modern palm oil mill uses pneumatic system which is usually called pneumatic depericarper. The pneumatic system use the difference

in aerodynamic characteristic of each press cake component.

Press cake components need to be separated because fiber and shell are used for boiler fuel and the nut is processed for the palm kernel extraction. In a poor separation process, the fiber is contaminated with the nuts, especially the small ones or the fiber and shell will fall into polishing drum along with the nut. In the palm oil mill, practical application of aerodynamic characteristics of press cake components is used for optimal air velocity determination for separating nut from fiber and shell.

The forces involved in the separation process are the weight and the aerodynamic drag. The aerodynamic drag is a complex function of velocity of the particle relative to the air, of the effective particle size and shape, and of the turbulence condition in the airstream. Press cake components are so small that drag forces cannot be measured directly. The drag forces are, therefore, frequently measured in the dynamic equilibrium state where the drag force is just balanced by the particle weight when the terminal velocity reached on free-falling particle. The terminal velocity is the maximum velocity of free-falling particle. Dynamic equilibrium also will be reached in floating particle in vertical air stream moving upward (4).

The objective of this research is to obtain the aerodynamic characteristics of press cake components, i.e. terminal velocity and drag coefficient. Terminal velocity is useful for determination of optimal separation air velocity.

MATERIALS AND METHODS

The experiment was carried out at Adolina palm oil mill, PT Perkebunan

VI, North Sumatra and the post harvest technology laboratory of the Indonesian Oil Palm Research Institute (IOPRI) in March till December 1995. The press cake was taken from the outlet of cake breaker conveyor before entering the separating column of depericarper. The press cake was then separated according to different components, such as fiber, nut, kernel, and shell. The dimension of nut and kernel was the diameter in three perpendicular axes measured by using a calliper. The effective diameter of nut kernel was a geometric mean of three perpendicular axes (2). The dimension of fiber was presented by its arithmetic mean diameter measured based on the average of the diameter of the both edges and a middle part (2). The length of the fiber was also measured. The presentation dimension of shell was effective diameter calculated based on the geometric mean diameter of two perpendicular axes (2).

The effective diameter of all components was used to calculate Reynold's number, projected area, and drag coefficient. Reynold's number was calculated by using Equations 1. The equation is as follow :

$$N_R = \frac{V d \rho_f}{\eta} \quad 1$$

- N_R : Reynold's number
- V : terminal velocity (m/s)
- d : effective diameter (m)
- ρ_f : density of air (1.147 kg/m³ at 25°C)
- η : air absolute viscosity (1.85 x 10⁻⁵ Ns/m²)

The drag coefficient of individual cake component was calculated using Equation 2 for nut, kernel and shell, and Equation 3 for fiber. The equations are as follows :

For nut, kernel, and shell :

$$C = \frac{2 m g d \rho_f}{1 (\eta N_R)^2} \quad 2$$

For fiber :

$$C = \frac{8 m g \rho_f}{\pi (\eta N_R)^2} \quad 3$$

C : drag coefficient

m : mass (kg)

g : gravitational acceleration (9.81 m/s²)

d : effective diameter (m)

l : length (m)

The terminal velocity measurement of the individual press cake components was based on air velocity where the individual press cake components floated in the air. The velocity measurement device was specially designed by IOPRI (Figure 1). The air was blown by the centrifugal fan to the base of the velocity measurement column through a plenum chamber. At the base of velocity measurement, column, a screen used for a sample placement was installed (Figure 1). The air velocity was measured using an anemometer. The desired air velocity at the column can be controlled by adjusting the valve opening located at the fan. To simplify measurement, the velocity measurement column was made from transparent plexiglass. At the distance of 720 mm from the base of velocity measurement column, a hole was made used for inserting the anemometer. This distance was also used as a reference point where the individual press cake component started to float when its terminal velocity was achieved.

The individual press cake component or particle and its terminal velocity was measured was placed at the base of the velocity measurement column. The air velocity in the column was gradually increased until the particle was lifted and

float. When the floating particle reached at about the reference point, the air velocity was measured. The air velocity measurement was taken along a reference line where the anemometer was inserted. The measurement was taken from nine points having an equal distance along the above mentioned line. The nine air velocity measurement were then averaged.

RESULTS AND DISCUSSIONS

From observation of particle motion inside the column at given air velocity, the ideal equilibrium, which there is no particle motion at its terminal velocity, was not achieved. The particles tended to go up, down, and spin at the reference observation point. This phenomenon occurred due to unequal distribution of velocity inside the column and also the asymmetric at particle dimension.

Figure 2 shows the box plot of terminal velocity for each cake press component. It indicates that the median value of terminal velocity was 2 m/s for fiber, 7 m/s for shell, 13 m/s for kernel, and 16 m/s for nut. Compared to the previous investigation (1), the actual terminal velocity measurement for each press cake component was similar. In general, the terminal velocity distribution for each press cake component was apart. The grouping of terminal velocity for each component is useful condition for pneumatic separation purposes (3). Drag coefficient for each component calculated using equation 2 or 3 is presented in Table 1.

Nut

The relationship between drag coefficient and effective nut diameter was linear ($R^2 = 0.95$) as well as the relation-

ship between drag coefficient of nut and Reynold's number ($R^2 = 0.97$). The relationships were $C = 0.53 + (7 \times 10^{-3})d$ (Figure 3) and $C = 0.56 + (1 \times 10^{-5})N_R$ (Figure 4).

Kernel

In palm oil mill, screw press is used for mechanical extraction of oil. If the pressure of screw press applied is too high, the press cake will contaminate the kernel and shell. The pressure is adjusted for maximum oil extraction with an acceptable amount of broken nut, kernel, and shell in press cake. Geometrically, the kernel size is smaller than that of nut. Thus, the terminal velocity of kernel was lower than that of nut. Drag coefficient of kernel was higher than that of nut since m/N_R^2 of kernel was higher than that of nut.

The relationship between drag coefficient and effective diameter of kernel was linear ($R^2 = 0.97$) as well as the relationship between drag coefficient of kernel and Reynold's number ($R^2 = 0.99$). The relationships were $C = 0.63 + 0.01d$ (Figure 5) and $C = 0.67 + (1 \times 10^{-5})N_R$ (Figure 6).

Shell

Like kernel, shell that appeared in the press cake was due to high pressure setting of the screw press. The shape of the shell varied as indicated by its coefficient determination between drag coefficient and effective diameter of shell which was 0.67. For calculation purpose, the shape of shell was assumed to be disclike.

The relationship between drag coefficient and effective diameter of shell is presented in Figure 7 and the relationship between drag coefficient of shell and Reynold's number is presented in

Figure 8. The linear relationships were $C = 0.52 + 0.01 \cdot d$ (Figure 7) and $C = 0.52 + (1 \times 10^{-5})N_R$ (Figure 8).

Fiber

Fiber is a major component of press cake which is about 50% of the press cake weight. In depericarper operation, the fiber forms a clump. To simplify aerodynamic analysis, individual fiber was used for the terminal velocity determination. Compared to other cake components, the range of drag coefficient of fiber was highest, since the shape of the fiber assumed to be cylinder considerably varied between straight and curved.

The relationship between drag coefficient and effective diameter of fiber kernel was exponential ($R^2 = 0.87$) as well as the relationship between drag coefficient of kernel and Reynold's number ($R^2 = 0.91$). The relationships were $C = 2.66e^{-6.05d}$ (Figure 9) and $C = 1.83e^{-0.02N_R}$ (Figure 10).

CONCLUSIONS

Terminal velocity measurement of press cake components using floating method was 2, 7, 13, and 16 m/s for fiber, shell, kernel, and nut, respectively, while the drag coefficient was 1.09, 0.58, 0.78, and 0.65, respectively.

There was high linear correlation between effective diameter and drag coefficient of nut, kernel, and shell. This correlation shows that geometric assumption and particle orientation is fulfilled.

Spinning motion of press cake components during measurement caused a bias measurement but it is acceptable in a process design purpose.