

Pengaruh Kadar Air terhadap Beberapa Sifat Fisik Biji Lada Putih

Effect of Moisture Content on Some Physical Properties of White Pepper Seeds

Andi Muhammad Akram Mukhlis, Edy Hartulistiyoso, Yohanes Aris Purwanto

Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor,
Jl. Raya Darmaga Kampus IPB Darmaga Bogor, Jawa Barat 16680, Indonesia
Email: edyhartulistiyoso@apps.ipb.ac.id

Submisi: 13 Januari 2016; Penerimaan: 22 April 2016

ABSTRAK

Sifat fisik biji-bijian diperlukan dalam merancang suatu peralatan untuk penanganan, pemisahan, pengeringan, penyimpanan dan pengolahannya. Sifat fisik biji lada putih ditentukan sebagai fungsi kadar air pada rentang 15,40 - 64,80 % basis kering (b.k.). Tinggi, panjang dan lebar rata-rata pada kondisi kadar air 15,40 % (b.k.) adalah $4,11 \pm 0,27$ mm; $4,35 \pm 0,34$ mm dan $4,35 \pm 0,35$ mm berturut-turut. Pada rentang kadar air 15,40 - 64,80 % b.k., hasil penelitian ini menunjukkan peningkatan secara linear pada ketiga dimensi aksial, diameter rata-rata, kebulatan dari 0,969 hingga 0,977, volume dari 39,50 hingga 67,34 mm³, luas permukaan dari 55,87 hingga 79,92 mm² dan massa seribu biji dari 52,47 hingga 75,63 g. *Bulk density* dan *true density* memiliki hubungan polinomial dengan perubahan kadar air biji. Porositas menurun dari 45,01 % hingga 44,88 % dengan peningkatan kadar air pada rentang 15,40 - 64,80 % (b.k.).

Kata kunci: Kadar air; sifat fisik; biji-bijian; lada putih

ABSTRACT

The physical properties of seed are required in designing an apparatus for handling, separation, drying, storage, and processing. The physical properties of white pepper seeds were determined as a function of moisture content in the range of 15,40 - 64,80 % dry basis (d.b.). The average height, length and width at a moisture content condition of 15,40 % (d.b.) were $4,11 \pm 0,27$ mm; $4,35 \pm 0,34$ mm and $4,35 \pm 0,35$ mm, respectively. In the range of moisture content 15,40 - 64,80 % (d.b.), the results of this study showed an increase linearly of the third axial dimension, the average diameter, the roundness from 0,969 to 0,977, the volume from 39,50 to 67,34 mm³, the surface area from 55,87 to 79,92 mm² and the thousand seed mass from 52,47 to 75,63 g. Bulk density and true density has a polynomial correlation with changes in moisture content. The porosity decreased from 45,01 % to 44,88 % with an increase in the moisture content range of 15,40 - 64,80 % (d.b.).

Keywords: Moisture content; physical properties; seed; white pepper

PENDAHULUAN

Lada merupakan salah satu komoditi yang memiliki nilai ekonomis tinggi. Nilai ekspor lada yang tinggi Indonesia menunjukkan bahwa sektor ini mempunyai prospek untuk dikembangkan sebagai penghasil devisa negara dari sektor nonmigas. Komoditi lada hitam dan lada putih menempati posisi tertingggi nilai ekspor Indonesia untuk sektor rempah-

rempah yang diikuti oleh pala dan kapulaga, dan kayumanis. Pada tahun 2014, total ekspor dari Januari sampai November terhadap komoditi lada putih mencapai 13.082 ton dan di tahun 2015 meningkat menjadi 18.500 ton (BPS 2015).

Lada putih merupakan produk penting yang secara umum digunakan pada produk pangan yang tidak menginginkan partikel yang gelap, seperti sup, mayones, saus berwarna

cerah, dan sebagainya. Lada putih didapatkan dari buah yang matang dengan menghilangkan kulit buahnya sebelum proses pengeringan. Lada putih diproduksi secara konvensional dari buah matang dengan teknik perendaman di dalam air. Selama proses perendaman, kulit terluar (*pericarp*) mengalami pelapukan dan mudah dihilangkan dengan menggosoknya kemudian dicuci dalam air bersih dan dikeringkan (Ravindran dan Kallapurackal, 2001).

Bagi Indonesia, lada merupakan komoditi ekspor dan hanya sebagian kecil saja yang dikonsumsi dalam negeri. Berdasarkan data *International Pepper Community*, IPC (2014) Indonesia merupakan negara penghasil lada terbesar kedua setelah Vietnam yang mampu memasok sekitar 40% dari total ekspor lada putih dunia. Oleh karena itu, sangat penting untuk mengembangkan peralatan untuk penanganan komoditi tersebut.

Proses perancangan suatu peralatan untuk penanganan, pemisahan, pengeringan, penyimpanan dan pengolahan bahan pertanian, termasuk juga biji-bijian seperti lada, memerlukan karakteristik fisik bahan. Informasi mengenai panjang, ukuran, bentuk, dan diameter penting dalam proses desain saringan pembersih ataupun penggiling (Meghwal dan Goswami, 2011). *Bulk density*, *true density*, dan porositas berkaitan dalam proses pengangkutan dan analisis ruang kerjanya, yang berguna dalam pertimbangan dalam menghitung beban struktur (Altuntaş dkk., 2005). Oleh karena ini, karakteristik fisik penting diketahui untuk mengoptimalkan perancangan peralatan untuk penanganan komoditi tersebut. Beberapa penelitian juga telah dilakukan terhadap karakteristik fisik biji dan rempah seperti lada hitam (Meghwal dan Goswami, 2011), lada merah (Üçer dkk., 2010), ketumbar (Coşkun dan Karababa, 2007), dan biji kelabat (Altuntaş dkk., 2005).

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan beberapa karakteristik fisik biji lada putih yang diambil dari kebun pertanian rakyat di Kabupaten Enrekang, Provinsi Sulawesi Selatan. Karakteristik fisik bahan yang akan ditentukan adalah dimensi lada, kebulatan, massa seribu biji lada, *bulk density*, *true density*, dan porositas. Karakteristik fisik bahan merupakan fungsi dari kadar air (Coşkun dan Karababa, 2007) sehingga semua karakteristik tersebut ditentukan pada empat kondisi kadar air bahan.

METODE PENELITIAN

Biji lada putih kering varietas lokal (Kab. Enrekang) digunakan untuk semua percobaan dalam penelitian ini. Biji dibersihkan secara manual untuk menghilangkan semua benda asing seperti debu, kotoran, batu, serta biji rusak. Kadar air awal biji ditentukan dengan pengeringan oven pada suhu 105 ± 1 °C selama 8 jam (AOAC, 1995). Kadar air awal biji adalah 15,40% basis kering (b.k.).

Untuk menghasilkan variasi sampel dengan kadar air yang diinginkan (M_f) dari kadar air awal sampel (M_i), dilakukan penambahan sejumlah massa air destilasi (W_{add}) pada massa awal sampel (W_i) dengan mengikuti perhitungan dari persamaan 1 (Sacilik dkk., 2003; Coşkun dkk., 2006; Yalçın dkk., 2007).

$$W_{add} = \frac{W_i(M_f - M_i)}{(100 - M_f)} \quad (1)$$

Kemudian sampel dimasukkan ke dalam plastik polietilen dan ditutup rapat. Sampel dalam plastik tersebut disimpan pada suhu 5 °C dalam refrigerator selama satu hingga dua minggu untuk memastikan kadar air bahan terdistribusi secara merata. Ketika akan melakukan pengujian, sampel yang diperlukan dikeluarkan dari refrigerator dan didiamkan sekitar 2 jam pada suhu ruang (Coşkun dkk., 2006).

Semua sifat fisik biji dinilai pada tingkat kadar air 15,40 %, 34,49 %, 53,94 % dan 64,80 % (b.k.) dengan tiga kali pengulangan pada masing-masing tingkatan. Rata-rata kadar air biji lada kering adalah 9,5 - 16,3 % (b.k.) (Ravindran dan Kallapurackal, 2001).

Untuk menentukan dimensi rata-rata biji lada, secara acak 100 biji lada diambil, kemudian ketiga dimensi aksial yaitu tinggi, panjang, dan lebar diukur menggunakan mikrometer dengan ketelitian 0,01 mm. Ketiga dimensi aksial tersebut kemudian ditentukan a = sumbu terpanjang, b = sumbu terpanjang yang tegak lurus terhadap a dan c = sumbu terpanjang yang tegak lurus a dan b . Diameter rata-rata biji dihitung dengan menggunakan rata-rata aritmatik dan geometrik dari dimensi ketiga sumbunya. Diameter rata-rata aritmatik (D_a) dan diameter rata-rata geometrik (D_g) dihitung dengan menggunakan persamaan 2 dan 3 (Sacilik dkk., 2003; Dursun dkk., 2007).

$$D_a = \frac{(a + b + c)}{3} \quad (2)$$

$$D_g = (abc)^{1/3} \quad (3)$$

Volume (V_t) dan luas permukaan (S) biji lada putih dapat dihitung menggunakan persamaan 4 dan 5 (Jain dan Bal, 1997; Baryeh, 2002; Varnamkhasti dkk., 2008).

$$V_t = \frac{\pi B^2 a^2}{6(2a - B)} \quad (4)$$

$$S = \frac{\pi B a^2}{2a - B} \quad (5)$$

dimana $B = (bc)^{0,5}$

Kebulatan biji ϕ dihitung menggunakan persamaan 6 (Coşkun dkk., 2006; Varnamkhasti dkk., 2008).

$$\phi = \frac{(abc)^{1/3}}{a} \quad (6)$$

Massa seribu biji ditentukan dengan menimbang 1000 biji lada menggunakan timbangan digital dengan ketelitian 0,01 g.

Penentuan *bulk density* rata-rata dilakukan dengan mengisi sampel bahan ke dalam wadah 500 mL dari ketinggian 150 mm dengan laju yang konstan, kemudian isi wadah ditimbang. *Bulk density* dihitung dari massa biji sampel dan volume wadah (Coşkun dkk., 2006; Zielinska dkk., 2012).

True density didefinisikan sebagai rasio antara bobot biji dan volume biji yang sebenarnya, ditentukan menggunakan metode perpindahan toluena. Toluena digunakan karena penyerapan oleh biji terjadi pada tingkat yang lebih rendah. Berat toluena yang dipindahkan didapatkan dengan mencelupkan sejumlah bahan yang telah ditimbang ke dalam toluena. Dengan demikian, volume toluena yang dipindahkan atau volume bahan dapat diketahui melalui rasio berat toluena yang dipindahkan dengan densitas toluena (Cetin, 2007; Yalçin, 2007).

Porositas dari biji-biji lada dihitung dari *bulk density* dan *true density* menggunakan persamaan 7 (Yalçin, 2007; Varnamkhasti dkk., 2008).

$$\varepsilon = \left(1 - \frac{\rho_b}{\rho_t}\right) \times 100 \quad (7)$$

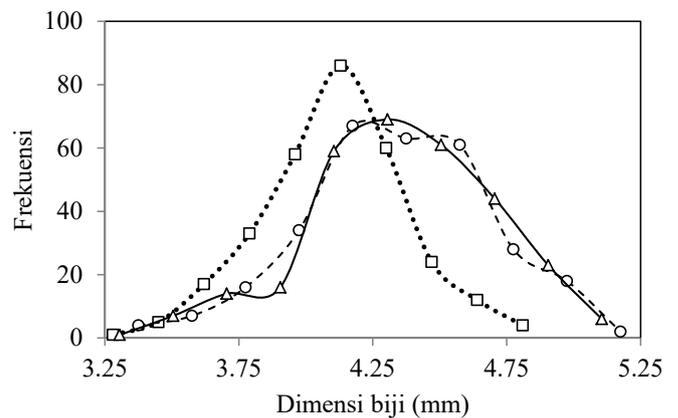
dimana ε adalah porositas dalam %, ρ_b adalah *bulk density* dalam kg m^{-3} dan ρ_t adalah *true density* dalam kg m^{-3}

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dimensi dan Sebaran Biji

Dimensi rata-rata dari 100 biji lada putih pada kadar air 15,40 % (b.k.) adalah: tinggi $4,11 \pm 0,27$ mm, panjang $4,35 \pm 0,34$ mm, dan lebar $4,35 \pm 0,35$ mm. Kurva distribusi frekuensi untuk nilai dimensi rata-rata menunjukkan kecenderungan distribusi normal seperti yang terlihat pada Gambar 1. Sekitar 92 % biji lada putih memiliki tinggi pada rentang dari 3,5 mm sampai 4,5 mm, sekitar 85 %, panjang pada rentang dari 4,0 mm sampai 5,0 mm, sekitar 86 %, lebar pada rentang dari 3,5 mm sampai 5,0 mm pada kadar air 15,40 % (b.k.)

Ketiga dimensi aksial meningkat secara linear dengan adanya peningkatan kadar air biji. Hal ini menunjukkan bahwa penyerapan air akan memperbesar panjang, tinggi, dan lebar biji. Air yang masuk ke dalam biji akan menempati sel-sel di dalam biji tersebut, sehingga sel tersebut



Gambar 1. Kurva distribusi frekuensi dimensi biji pada kadar air 15,40 % b.k. : (□) tinggi; (○) panjang dan (Δ) lebar.

akan meregang. Semakin banyak air yang diserap, akan menyebabkan peregangan semakin besar yang pada akhirnya akan meningkatkan dimensi biji (Coşkuner dan Karababa, 2007). Sumbu tinggi berada pada rentang dari 4,11 sampai 4,97, panjang berada pada 4,35 sampai 5,14, dan lebar berada pada 4,35 sampai 5,17 mm dengan peningkatan kadar air dari 15,40 % hingga 64,80 % (b.k.) (Tabel 1).

Diameter rata-rata biji lada putih mengalami peningkatan dengan meningkatnya kadar air biji. Diameter rata-rata aritmatik meningkat dari 4,27 sampai 5,13 mm dan diameter rata-rata geometrik meningkat dari 4,27 sampai 5,09 mm (Tabel 1). Peningkatan diameter biji karena adanya peningkatan kadar air juga terjadi pada biji rami (Sacilik dkk., 2003), dan biji gula bit (Dursun dkk., 2007). Peningkatan diameter ini dipengaruhi oleh adanya peningkatan dimensi aksial biji karena diameter dihitung berdasarkan dimensi aksial tersebut.

Hubungan antara dimensi aksial dan kadar air biji (M_c) dapat dinyatakan dalam persamaan 8 sampai 12.

$$T = 3,8591 + 0,0164M_c \quad R^2 = 0,9737 \quad (8)$$

$$P = 4,1615 + 0,015M_c \quad R^2 = 0,9655 \quad (9)$$

$$L = 4,1496 + 0,0156M_c \quad R^2 = 0,9687 \quad (10)$$

$$D_a = 4,041 + 0,0164M_c \quad R^2 = 0,9827 \quad (11)$$

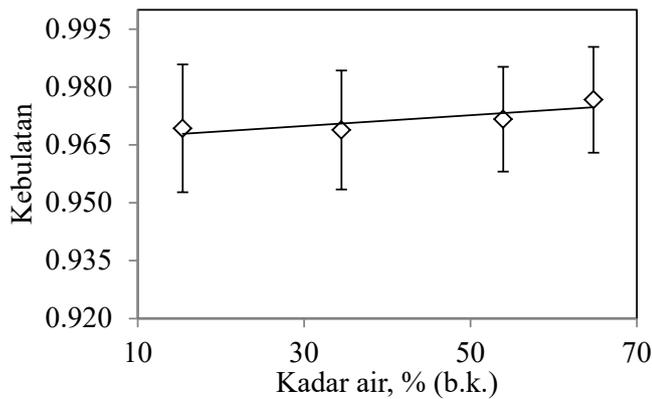
$$D_g = 4,053 + 0,0157M_c \quad R^2 = 0,9734 \quad (12)$$

Kebulatan

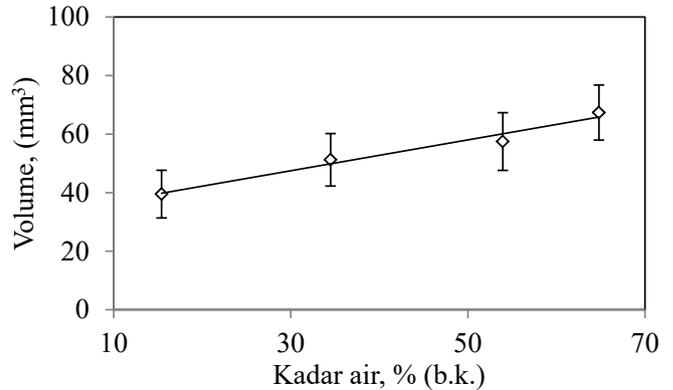
Secara rata-rata, kebulatan biji lada putih meningkat dari 0,969 hingga 0,977 dengan meningkatnya kadar air dari 15,40 % hingga 64,80 % (b.k.). Peningkatan kebulatan biji lada putih berkaitan erat dengan adanya perbedaan peningkatan dimensi aksial karena penyerapan air ke dalam sel biji (Gambar 2). Peningkatan dimensi tinggi biji lada putih

Tabel 1. Dimensi aksial dan diameter biji lada putih pada berbagai kondisi kadar air

Kadar air, % (b.k.)	Dimensi aksial (mm)			Diameter rata-rata (mm)	
	Tinggi (<i>T</i>)	Panjang (<i>P</i>)	Lebar (<i>L</i>)	Aritmatik (D_a)	Geometrik (D_g)
15,40	4,11 ± 0,27	4,35 ± 0,34	4,35 ± 0,35	4,27	4,27
34,49	4,46 ± 0,27	4,76 ± 0,31	4,77 ± 0,32	4,67	4,66
53,94	4,66 ± 0,26	4,92 ± 0,32	4,94 ± 0,32	4,88	4,84
64,80	4,97 ± 0,24	5,14 ± 0,26	5,17 ± 0,27	5,13	5,09



Gambar 2. Pengaruh kadar air terhadap kebulatan biji



Gambar 3. Pengaruh kadar air terhadap volume biji.

yang lebih besar dibandingkan kedua dimensi lainnya (Tabel 1), menyebabkan kebulatan biji semakin baik. Hubungan antara kebulatan dan kadar air bahan pada 15,40 % hingga 64,80 % (b.k.) dapat diwakili oleh persamaan 13.

$$\phi = 0,9657 + 0,0001M_c \quad R^2 = 0,7146 \quad (13)$$

Pola yang sama juga dihasilkan oleh Coşkun dkk. (2006) untuk biji jagung manis, Cetin (2007) untuk kacang barbonia, Yalçın (2007) untuk kacang tunggak, dan Sacilik dkk., (2003) untuk biji rami. Pola yang sama ini menunjukkan bahwa karakteristik peningkatan dimensi aksial pada beberapa komoditi tersebut relatif sama.

Volume Biji

Volume biji lada putih meningkat secara linear dari 39,50 mm³ hingga 67,34 mm³ dengan adanya peningkatan kadar air biji dari 15,40 % hingga 64,80 % (b.k.) seperti yang terlihat pada Gambar 3. Peningkatan volume biji ini disebabkan adanya peningkatan dimensi biji lada putih secara linear yang disebabkan peningkatan kadar air biji tersebut. Hubungan antara perubahan volume biji lada putih (*V*) sebagai fungsi dari kadar air biji dapat dinyatakan dalam persamaan 14.

$$V = 31,649 + 0,5273M_c \quad R^2 = 0,9724 \quad (14)$$

Pola yang sama juga telah dilaporkan pada penelitian sebelumnya oleh Baryeh (2002) pada biji jawawut dan Altuntaş dkk. (2005) pada biji kelabat. Kesamaan pola tersebut dapat mengindikasikan bahwa karakteristik peningkatan volume biji tersebut relatif sama.

Luas Permukaan

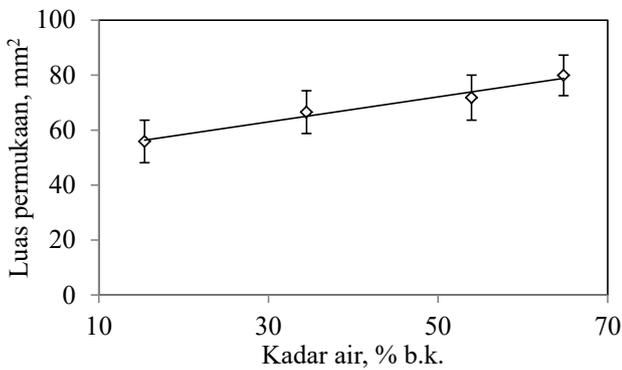
Luas permukaan biji lada putih dihitung menggunakan persamaan 5 dengan menggunakan data ketiga dimensi aksial dari biji tersebut. Hasil yang diperoleh dapat dilihat pada Gambar 4. Terlihat bahwa, luas permukaan biji lada putih meningkat secara linear dari 55,87 mm² menjadi 79,92 mm² dengan adanya perubahan kadar air dari 15,40 % hingga 64,80 % (b.k.). Hubungan antara luas permukaan (*S*) dan kadar air biji lada putih dapat dinyatakan dalam persamaan 15.

$$S = 49,302 + 0,4563M_c \quad R^2 = 0,9741 \quad (15)$$

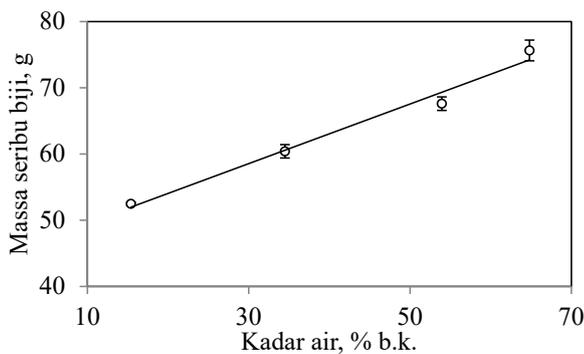
Hubungan dengan pola yang sama juga dilaporkan oleh Baryeh (2002) pada biji jawawut, Sacilik dkk. (2003) pada biji rami, dan Altuntaş dkk. (2005) pada biji kelabat.

Massa Seribu Biji

Massa seribu biji lada putih M_{1000} meningkat secara linear dari 52,47 g hingga 75,63 g dengan meningkatnya kadar air dari 15,40 % hingga 64,80 % (b.k.). Dengan demikian, terjadi



Gambar 4. Pengaruh kadar air terhadap luas permukaan biji.



Gambar 5. Pengaruh kadar air terhadap massa seribu biji

peningkatan massa seribu biji sebesar 44,14 % pada rentang kadar air tersebut. Penambahan kadar air pada biji berarti menambahkan sejumlah massa air ke dalam biji tersebut, sehingga dalam jumlah biji yang sama (1000 biji), total massa airnya akan lebih besar (Gambar 5). Oleh karena itu, terjadi peningkatan massa seribu biji lada putih tersebut. Persamaan linier untuk massa seribu biji dapat diformulasikan menjadi persamaan 16.

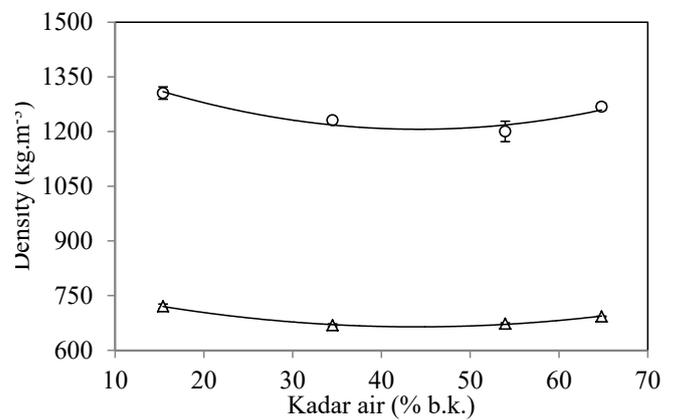
$$M_{1000} = 45,047 + 0,4501M_c \quad R^2 = 0,9821 \quad (16)$$

Peningkatan secara linier pada massa seribu biji lada putih dengan adanya peningkatan kadar air biji, sama halnya dengan yang telah dituliskan oleh Coşkun dkk. (2006) untuk biji jagung manis, Cetin (2007) untuk kacang barbutia dan Yalçın (2007) untuk kacang tunggak.

Bulk Density

Data eksperimental menunjukkan pola perubahan *bulk density* yang tidak linear pada biji lada putih dengan adanya perubahan kadar air biji lada pada rentang 15,40 % hingga 64,80 % (b.k) (Gambar 6). Hubungan antara *bulk density* dan kadar air biji lada putih dapat diekspresikan dalam persamaan polinomial 17.

$$\rho_b = 796,52 - 6,0149M_c + 0,0684M_c^2 \quad R^2 = 0,9958 \quad (17)$$



Gambar 6. Pengaruh kadar air terhadap *bulk density* (Δ) dan *true density* (○) biji lada putih.

Pada rentang kadar air biji 15,40 % hingga 43,97 % (b.k.), *bulk density* mengalami penurunan dari 720,53 kg m⁻³ menjadi 664,28 kg m⁻³. Mulai pada titik tersebut, *bulk density* mengalami peningkatan dengan meningkatnya kadar air biji. Peningkatan *bulk density* yang terjadi pada kondisi kadar air 43,97 % hingga 64,80 % (b.k.) menunjukkan bahwa peningkatan berat biji sampel lebih besar dibandingkan peningkatan volume tumpukan sampelnya. Fenomena ini disebabkan oleh struktur sel pada biji sampel, dan karakteristik peningkatan volume dan massa biji dengan adanya peningkatan kadar air (Baryeh, 2002).

Hubungan polinomial antara *bulk density* dan peningkatan kadar air bahan juga ditemukan oleh Baryeh (2002) pada jawawut dan Baumler dkk. (2006) pada biji bunga kesumba.

True Density

Pola tidak linear juga ditunjukkan oleh perubahan *true density* biji lada putih terhadap adanya peningkatan kadar air biji lada putih pada rentang 15,40 % hingga 64,80 % (b.k.) (Gambar 6). *True density* biji lada putih sebagai fungsi dari kadar air dapat dinyatakan dalam persamaan polinomial 18.

$$\rho_t = 1449,7 - 11,015M_c + 0,1246M_c^2 \quad R^2 = 0,9065 \quad (18)$$

True density biji lada putih mengalami penurunan dari 1.305,54 kg m⁻³ pada kadar air 15,40 % b.k. hingga mencapai 1.206,26 kg.m⁻³ pada kadar air 44,20 % b.k. Mulai dari titik tersebut, peningkatan kadar air biji akan diikuti dengan meningkatnya *true density* bahan. Fenomena tersebut memiliki pola yang sama dengan perubahan *bulk density* biji sebagai fungsi dari kadar air. Pola yang sama ini menunjukkan bahwa terdapat kesamaan karakteristik penambahan massa dan volumenya. Pada kondisi kadar air 15,40 - 44,20 % (b.k.), peningkatan volume biji lebih besar dibandingkan

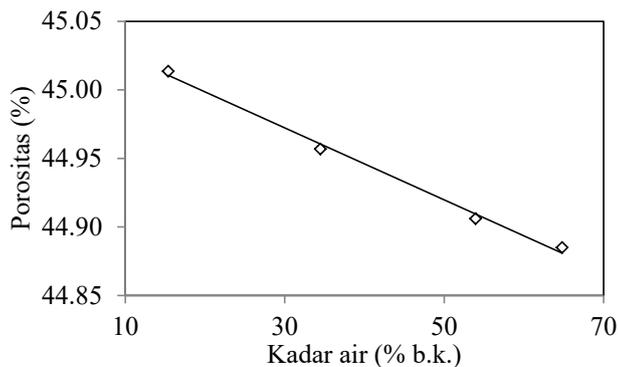
peningkatan massa bijinya, sehingga terjadi pola menurun pada *true density* dan kondisi sebaliknya terjadi mulai dari kadar air 44,20 % hingga 64,80 % (b.k.)

Kondisi tersebut juga telah dilaporkan oleh Coşkuner dan Karababa (2007) yang menemukan pola yang sama pada perubahan *true density* biji ketumbar. Hubungan polinomial antara *true density* dan kadar air juga ditemukan oleh Bäumlér dkk., (2006) pada biji bunga kesumba.

Porositas

Porositas dihitung berdasarkan nilai *bulk density* dan *true density* biji lada putih. Untuk mendapatkan hasil yang relevan dengan persamaan empiris dari *bulk density* dan *true density*, nilai densitas yang digunakan berdasarkan persamaan empiris yang telah diperoleh. Berdasarkan perhitungan, porositas biji lada putih mengalami penurunan secara linear dari 45,01 % hingga 44,88 % dengan adanya peningkatan kadar air biji dari 15,40 % hingga 64,80 % b.k. (Gambar 7). Terdapat dua faktor yang mempengaruhi porositas tersebut yaitu *bulk density* dan *true density*, sehingga penurunan porositas ini bergantung pada densitas biji tersebut. Hubungan tersebut dapat dinyatakan dalam persamaan 19.

$$\varepsilon = 45,051 - 0,0026M_c \quad R^2 = 0,9949 \quad (19)$$



Penurunan porositas secara linear dengan adanya peningkatan kadar air biji juga ditemukan oleh Özarşlan (2002) pada biji kapas, Sacilik dkk. (2003) pada biji rami, dan Dursun dkk. (2007) pada benih gula bit.

KESIMPULAN

Kesimpulan berikut diambil berdasarkan hasil penelitian ini dengan sifat fisik biji lada putih untuk rentang kadar air 15,40 - 64,80 % (b.k.). Sifat fisik biji lada putih yang dipelajari dalam penelitian ini semuanya memiliki korelasi yang tinggi terhadap peningkatan kadar air biji. Ketiga dimensi aksial,

diameter rata-rata, kebulatan, volume, luas permukaan dan massa seribu biji lada putih mengalami peningkatan secara linear dengan meningkatnya kadar air biji dari 15,40 % hingga 64,80 % (b.k.). *Bulk density* dan *true density* memiliki hubungan polinomial dengan perubahan kadar air biji. Nilai minimum *bulk density* dan *true density* yang diprediksi sebesar 664,28 kgm⁻³ dan 1206,26 kgm⁻³ secara berturut-turut. Porositas biji lada putih mengalami penurunan secara linear dari 45,01 % hingga 44,88 % dengan peningkatan kadar air biji.

DAFTAR PUSTAKA

- Altuntaş, E., Özgöz, E. dan Taşer, Ö.F. (2005). Some physical properties of fenugreek (*Trigonella foenum-graceum*L.) seeds. *Journal of Food Engineering* **71**: 37-43.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemist) (1995). *Official Method of Analysis of Association of Official Analytical Chemist. Ed ke-14*. AOAC Inc, Airlington.
- Baryeh, E.A. (2002). Physical properties of millet. *Journal of Food Engineering* **51**: 39-46.
- Bäumlér, E., Cuniberti, A., Nolasco, S.M. dan Riccobene, I.C. (2006). Moisture dependent physical and compression properties of safflower seed. *Journal of Food Engineering* **72**: 134-140.
- BPS (Badan Pusat Statistik). (2015). *Buletin Statistik Perdagangan Luar Negeri*. Badan Pusat Statistik.
- Cetin, M. (2007). Physical properties of barbunia bean (*Phaseolus vulgaris* L. cv. 'Barbunia') seed. *Journal of Food Engineering* **80**: 353-358.
- Coşkun, M.B., Yalçın, I. dan Özarşlan, C. (2006). Physical properties of sweet corn seed (*Zea mays saccharata* Sturt.). *Journal of Food Engineering* **74**:523-528.
- Coşkuner, Y. dan Karababa, E. (2007). Physical properties of coriander seeds (*Coriandrum sativum*L.). *Journal of Food Engineering* **80**: 408-416.
- Dursun, İ., Tuğrul, K.M. dan Dursun, E. (2007). Some physical properties of sugarbeet seed. *Journal of Stored Products Research* **43**: 149-155.
- IPC (Internasional Pepper Community). (2014). *Pepper Statistical Yearbook 2014*.
- Jain, R.K. dan Bal, S. (1997). Properties of pearl millet. *Journal of Agricultural Engineering Research* **66**: 85-91.
- Meghwal, M. dan Goswami, T.K. (2011). Thermal Properties

- of Black Peppers and Its Volatile Oil. *Journal of Agricultural Engineering* **48**: 8-14
- Özarslan, C. (2002). Physical properties of cotton seed. *Biosystems Engineering* **83**: 169-174.
- Ravindran, P.N. dan Kallapurackal, J.A. (2001). Black pepper. *Dalam: Peter, K.V. (ed.). Handbook of Herbs and Spices*, hal 62-110. Woodhead Publishing Limited, Cambridge.
- Sacilik, K., Öztürk, R. dan Keskin, R. (2003). Some physical properties of hemp seed. *Biosystems Engineering* **86**: 191-198.
- Üçer, N., Kılıçkan, A. dan Yalçın, I. (2010). Effects of moisture content on some physical properties of red pepper (*Capsicum annum* L.) seed. *African Journal of Biotechnology* **9**: 3555-3562
- Varnamkhasti, M.G., Mobli, H., Jafari, A., Keyhani, A.R., Soltanabadi, M.H., Rafiee, S. dan Kheiralipour, K. (2008). Some physical properties of rough rice (*Oryza Sativa*L.) grain. *Journal of Cereal Science* **47**: 496-501.
- Yalçın, İ. (2007). Physical properties of cowpea (*Vigna sinensis*L.) seed. *Journal of Food Engineering* **79**: 57-62.
- Yalçın, İ., Özarslan, C., Akbaş,T. (2007). Physical properties of pea (*Pisum sativum*) seed. *Journal of Food Engineering* **79**: 731-735
- Zielinska, M., Zapotoczny, P., Białobrzewski, I., Zuk-Golaszewska, K. dan Markowski, M. (2012). Engineering properties of red clover (*Trifolium pratense* L.) seeds. *Industrial Crops and Products* **37**: 69-75