

Karakterisasi Fisik Kopi Pascapengukusan dalam Reaktor Kolom Tunggal

Physical Characteristics of Coffee Beans from Steaming Process in Single Column Reactor

Sukrisno Widyotomo^{1*)}, Sri-Mulato¹⁾, Hadi K. Purwadaria²⁾ dan A.M. Syarief²⁾

Ringkasan

Salah satu tahapan penting dalam proses dekafeinasi adalah pengukusan. Proses pengukusan bertujuan untuk mengembangkan pori-pori biji agar proses pelepasan kafein berlangsung maksimal. Pengukusan biji dapat dilakukan di dalam reaktor kolom tunggal dengan media uap air. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik fisik biji kopi pascapengukusan dalam reaktor kolom tunggal. Bahan yang digunakan adalah biji kopi Robusta hasil olah kering dengan kadar air 13–14%. Reaktor memiliki kapasitas tampung 6 kg biji kopi pasar dan 30 l air sebagai penghasil uap. Biji kopi diklasifikasikan ke dalam 4 ukuran, yaitu berukuran diameter (δ) $\delta > 7,5$ mm; $6,5 < \delta \leq 7,5$ mm; $5,5 < \delta \leq 6,5$ mm; dan $\delta \leq 5,5$ mm. Waktu pengukusan bervariasi antara 1–3,5 jam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa persentase pengembangan panjang biji antara 8,6–9,5%, persentase pengembangan lebar biji antara 12,2–13,3%, dan persentase pengembangan tebal biji 18,3–20,6%. Volume biji meningkat 30–50%, dari volume awalnya. Kadar air biji kopi meningkat menjadi 38–42%. Diameter aritmatik biji kopi meningkat 8–13% sedangkan diameter geometrik biji kopi meningkat antara 9–18%. Nilai sperisitas biji kopi tidak terpengaruh. Luas permukaan biji kopi meningkat 18–37%, yaitu dari 139,7–188,9 mm² menjadi 192,3–223,7 mm². Nilai *true density* biji kopi meningkat antara 19–30% sedangkan densitas kamba biji kopi tidak terpengaruh. Porositas biji kopi kering yang semula 13–18% meningkat menjadi 24–39% sedangkan tekstur biji kopi yang semula 323–384 g/1 mm turun menjadi 212–225 g/1 mm. Perubahan warna total biji kopi yang semula 14–20 menjadi 38–40. Berdasarkan karakteristik fisik kopi selama pengukusan, maka waktu pengukusan optimal adalah selama 3 jam.

Summary

One of important steps in decaffeination process is steaming. The aim of steaming is to expand coffee beans porosity in order to obtain optimal condition for decaffeination process. Steaming can be done in single column reactor using saturated water vapour as media. The objective of this research is to study physical characteristics of coffee beans after steaming process using single column reactor. Material tested was Robusta coffee with 13–14% moisture content after dry processing. Reactor capacity is 6 kg dried coffee beans and 30 l water to produce water vapour. Dried coffee beans classified in 4 grades, i.e. diameter size (δ) $\delta > 7,5$ mm; $6,5 < \delta \leq 7,5$ mm; $5,5 < \delta \leq 6,5$ mm; and $\delta \leq 5,5$ mm. Period of

Naskah diterima (*received*) 26 Januari 2009, disetujui (*accepted*) 11 Juli 2009.

1) Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia, Jl. PB. Sudirman No. 90, Jember, Indonesia.

2) Departemen Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Bogor, Indonesia.

*) Alamat penulis (*Corresponding Author*): swidyotomo@yahoo.com

steaming process varied from 1 up to 3.5 hours. The result showed that the coffee beans expanded 8.6–9.5% in length, 12.2–13.3% in width, and 18.3–20.6% in thickness. Coffee bean volume increased 30–50%. Coffee bean moisture content increased. Arithmetic diameter increased 8–13% while geometric diameter increased 9–18%. Sphericity not affected. Surface area increased 18–37%. True density increased 19–30% while bulk density was while. Porosity increased from 13–18% to 24–39% while coffee beans texture decreased from 323–384 g/1 mm to 212–225 g/1 mm. Color change increased from 14–20 to 38–40. The optimum steaming process was 3 hours.

Key words : Coffee, steaming, single column reactor, decaffeination.

PENDAHULUAN

Biji kopi merupakan bahan baku minuman penyegar sehingga aspek mutu yang berhubungan dengan sifat fisik, kimiawi, kontaminasi dan kebersihan harus diawasi secara ketat karena berpengaruh pada daya hasil (rendemen), efisiensi produksi, citarasa, dan kesehatan konsumen. Biji kopi atau sering disebut sebagai kopi beras dalam dunia perdagangan merupakan bentuk akhir dari proses pengolahan primer (Clarke & Macrae, 1989).

Biji kopi secara alami mengandung berbagai jenis senyawa volatil seperti aldehida, furfural, keton, alkohol, ester, asam format, dan asam asetat. Kafein ($C_8H_{10}N_4O_2$) atau 1,3,7-trimetil-2,6 dioksimurin merupakan salah satu senyawa alkaloid yang sangat penting yang terdapat di dalam biji kopi. Spiller (1999) melaporkan bahwa kafein yang terkandung di dalam biji kopi kering Robusta dan Arabika masing-masing sebesar 1,16–3,27% bobot kering, dan 0,58–1,7% bobot kering. Sedangkan kafein yang terkandung di dalam biji kopi sangrai sebesar 2% bobot kering untuk kopi Robusta, dan 1% bobot kering untuk kopi Arabika.

Proses dekafeinasi pada biji kopi dilakukan karena diduga kafein memiliki pengaruh yang tidak baik bagi penikmat kopi yang memiliki toleran rendah terhadap kafein (Casal *et al.*, 2000; Ky *et al.*, 2001). Penelitian

proses dekafeinasi biji kopi Robusta dengan pelarut air dalam reaktor kolom tunggal telah dilakukan oleh Sri-Mulato *et al.* (2004). Proses dekafeinasi dilakukan dalam dua tahap, tahap pertama adalah pengukusan biji kopi di dalam kolom pada suhu 100°C selama beberapa menit, dan tahap berikutnya adalah pelarutan kafein di dalam biji kopi yang telah mengembang dengan menyemprotkan pelarut pada tumpukan biji kopi, dan sirkulasi pelarut dijaga secara kontinyu.

Pengukusan yang umum dilakukan dalam proses pengolahan pangan bertujuan untuk mengembangkan, dan melunakkan bahan pangan dengan perlakuan penguapan fluida yang telah berubah fase menjadi uap panas. Pengembangan dan pelunakan bahan pangan terjadi karena pengaruh panas dan peningkatan kadar air. Molekul-molekul uap air bergerak cepat meninggalkan permukaan air dalam bentuk uap air bebas, menembus tumpukan biji, memanaskan permukaan biji, dan masuk ke dalam pori-pori biji. Panas merambat ke dalam jaringan biji dan menyebabkan sel-sel biji berekspansi karena tekanan uap air dan senyawa-senyawa gas volatil di dalam sel. Tingkat ekspansi biji diukur dari perubahan dimensi biji seperti panjang, lebar, dan tebal biji serta volume biji selama proses pengukusan. Lebih lanjut Ensminger *et al.* (1995)

melaporkan bahwa perubahan fisik biji kopi selama pengukusan (pengembangan volume) merupakan langkah awal proses pelunakan jaringan di dalam biji kopi dan menjauhnya jarak antarsel. Fenomena fisis tersebut mempermudah molekul air sebagai pelarut berdifusi ke dalam biji kopi, dan mempercepat pelarutan senyawa kafeinnya.

Studi sifat fisik produk pertanian berupa biji-bijian atau benih telah banyak dilakukan seperti hazelnut (Aydin, 2002), almond (Aydin, 2003) dan biji kakao kategori B (Bart-Plange & Baryeh, 2003). Illy & Viany (1998) melaporkan bahwa biji kopi termasuk bahan pertanian yang memiliki sifat konduktivitas panas yang relatif rendah karena susunan sel-selnya yang sangat rapat. Beberapa penelitian yang mempelajari sifat fisik dan thermal biji kopi telah banyak dilakukan khususnya pada biji kopi kering pascapengolahan primer dan pascapenyangraian seperti yang telah dilaporkan oleh Chandrasekar & Viswanathan (1999) dan Rodrigues *et al.* (2003). Kajian yang berkaitan dengan perubahan sifat fisik biji kopi pasca-pengukusan terutama untuk jenis kopi Robusta masih sangat terbatas. Karakterisasi fisik biji kopi pascapengukusan sangat diperlukan untuk memperoleh hasil yang maksimal dalam perancangan proses dan peralatan dekafeinasi.

Penelitian ini mengkaji karakterisasi fisik biji kopi Robusta pascapengukusan dalam reaktor kolom tunggal dengan media pengukus berupa uap air. Hasil dari penelitian ini adalah diperolehnya metode pengukusan optimal yang akan digunakan dalam menentukan tahapan proses dekafeinasi yang efisien, dan menghasilkan mutu produk terbaik.

BAHAN DAN METODE

Penelitian karakterisasi fisik biji kopi Robusta pascapengukusan dalam reaktor kolom tunggal dilaksanakan pada bulan Maret–Juni 2008 bertempat di Bengkel dan Laboratorium Pascapanen, Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia, dan Laboratorium Teknik Pengolahan Pangan dan Hasil Pertanian, Departemen Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.

Bahan penelitian yang digunakan dalam kegiatan penelitian ini terdiri dari biji kopi pasar jenis Robusta tingkat mutu IV. Biji kopi pasar jenis Robusta berasal dari Kebun Percobaan Sumber Asin yang berlokasi di Desa Hardjokuncaran, Kecamatan Sumber Manjing Wetan, Kabupaten Malang dengan ketinggian tempat 400–600 m dpl. dan beriklim C–D menurut klasifikasi Schmid & Ferguson. Metode pengolahan yang diterapkan oleh KP. Sumber Asin adalah pengolahan kering.

Tahap awal pengolahan kering adalah proses pembersihan dari kumpulan buah kopi hasil panen. Kotoran dan benda asing dipisahkan dari buah kopi hasil panen secara manual. Tahap selanjutnya adalah pengeringan buah kopi dengan cara penjemuran. Buah kopi dihamparkan di atas lantai jemur dengan ketebalan hamparan tidak lebih dari 5 lapis buah atau dengan kerapatan 8–12 kg buah kopi/m² (Sri-Mulato *et al.*, 2006). Proses pengeringan dihentikan setelah buah kopi mencapai kadar air 13–14% basis basah. Tahap selanjutnya adalah proses pengupasan kulit buah kopi kering atau sering disebut gelondong kering dengan menggunakan mesin pengupas kulit kering

(*huller*). Kopi yang dihasilkan kemudian disortasi untuk memisahkan serpihan kulit, kotoran dan benda asing lainnya dari biji kopi pasar atau biji kopi *ose (green coffee)* dan memilah biji kopi pasar tersebut berdasarkan ukurannya (BSN, 2008). Biji kopi pascasortasi kemudian dimasukkan ke dalam wadah atau kemasan berupa karung goni atau plastik dan selanjutnya disimpan di dalam gudang.

Peralatan utama yang digunakan adalah sebuah reaktor dekafeinasi tipe kolom tunggal skala pilot plan dengan kapasitas muat 6 kg biji kopi pasar per satuan proses. Reaktor dibuat dari bahan baja tahan karat tebal 2 mm dan memiliki ukuran diameter dan panjang masing-masing 315 mm dan 1030 mm. Reaktor dapat menampung 30 l air yang akan digunakan sebagai bahan penghasil uap dengan sumber panas kompor bertekanan berbahan bakar minyak nabati. Sketsa reaktor dekafeinasi ditampilkan pada Gambar 1.

Peralatan pendukung penting yang digunakan adalah data *acquisition* FLUKE dengan sensor *Ni-Cr Ni* tipe K yang berfungsi sebagai pencatu suhu dilengkapi seperangkat komputer dengan penyimpan data.

Pelaksanaan Penelitian

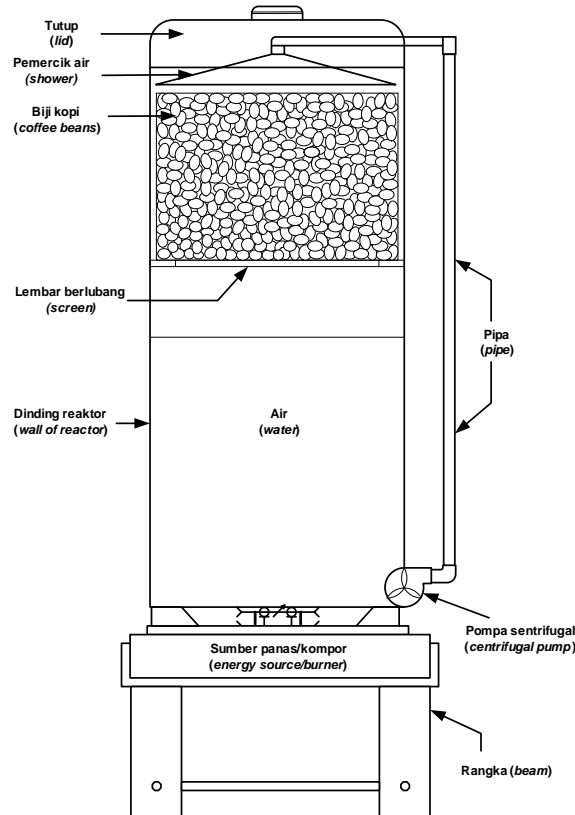
Tahapan pelaksanaan penelitian ditampilkan pada Gambar 2. Biji kopi pasar atau kopi *ose (green coffee)* Robusta mutu VI sebelum dipilah berdasarkan ukuran terlebih dahulu dibersihkan dari kotoran dan benda asing. Biji kopi diklasifikasikan dengan menggunakan pengayak dalam empat ukuran diameter sebagai berikut: 1) lebih besar dari 7,5 mm, 2) lebih besar dari 6,5 mm sampai lebih kecil/sama dengan 7,5 mm, 3) lebih besar dari 5,5 mm sampai lebih kecil/sama dengan 6,5 mm, 4) lebih kecil atau sama dengan 5,5 mm.

Proses pengukusan biji kopi yang telah dikelompokkan menurut ukuran tersebut dilakukan di dalam reaktor kolom tunggal dengan menggunakan media uap air. Jumlah biji kopi yang digunakan pada setiap perlakuan pengukusan dari setiap ukuran biji sebanyak 6 kg dengan jumlah ulangan sebanyak 3 kali. Air yang terdapat di dalam reaktor diubah menjadi fase uap dengan menggunakan sumber panas elemen listrik (*electric heater*) berdaya 650 W. Suhu selama proses pengukusan dicatat dengan menggunakan data *acquisition* FLUKE-*thermokopel Ni-CrNi* tipe K. Data tersimpan dalam database komputer dan pencatatan dilakukan dengan interval waktu 3 menit. Perlakuan lama pengukusan terdiri dari 7 tingkat, yaitu 0,5 jam; 1 jam; 1,5 jam; 2 jam; 2,5 jam; 3 jam dan 4 jam dimulai setelah thermokopel sebagai pengukur suhu air menunjukkan nilai 100°C. Kondisi optimum pengukusan ditentukan berdasarkan lama proses pengukusan yang mengakibatkan perubahan sifat fisik biji kopi tidak signifikan terhadap nilai sebelumnya. Toledo (1999) & Sri-Mulato *et al.* (2004) melaporkan bahwa ekspansi sel-sel biji dan kadar air biji mencapai nilai maksimum setelah proses pengukusan berlangsung selama 2 jam. Biji kopi dari masing-masing ukuran pasca-pengukusan dari setiap interval waktu pengukusan diambil untuk dianalisis sifat-sifat fisiknya.

Tolok Ukur

1. Kadar air

Kadar air biji kopi selama proses pengukusan ditentukan dengan menggunakan metode gravimetri, yaitu pengurangan bobot biji selama 16 jam pengeringan oven yang terkontrol pada suhu 103°C \pm 2°C, dan perhitungannya dilakukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut (Brooker *et al.*, 1974):



Gambar 1. Sketsa reaktor kolom tunggal untuk proses pengukusan.
 Figure 1. Design of single column reactor for steaming process.

$$Ka = \frac{(W_i - W_t)}{W_1} \times 100\%$$

Keterangan:
 Ka = kadar air (%),
 W_i = berat awal biji (g),
 W_t = berat biji pada waktu ke-t (g).

2. Diameter rerata aritmatik dan geometrik

Diameter rerata aritmatik (D_a) dan diameter rerata geometrik (D_g) dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut (Mohsenin, 1978; Dursun & Dursun, 2005):

$$D_a = \frac{P + L + T}{3}$$

$$D_g = (P + L + T)^{1/3}$$

Keterangan:
 P = panjang biji (mm), L = lebar biji (mm), dan T = tebal biji (mm).

3. Sperisitas

Sperisitas (ϕ) dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan yang diberikan oleh Mohsenin (1978) serta Jain & Ball (1997) sebagai berikut:

$$\phi = \frac{(P + L + T)^{1/3}}{L}$$

4. Luas permukaan

Luas permukaan (S) biji kopi dapat dihitung dengan menggunakan dua persamaan (Jain & Ball, 1997; McCabe *et al.*, 1986) sebagai berikut:

$$S = \pi \times D_g^2$$

5. Volume

Volume (V) biji kopi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut (Mohsenin, 1978):

$$V = \frac{\pi \times P \times L \times T}{3}$$

6. True density

True density (ρ_t) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut (Deshpande *et al.*, 1993):

$$\rho_t = \frac{M_{ps} - M_p}{V}$$

Keterangan:

M_{ps} = bobot piknometer dan contoh biji kopi (g),

M_p = bobot piknometer (g), dan

V = volume biji (cm^3).

7. Densitas kamba

Densitas kamba atau *bulk density* (ρ_b) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut (Mohsenin, 1978):

$$\rho_b = \frac{M_{bk}}{V}$$

Keterangan:

M_{bk} = bobot biji kopi (kg), dan

V = volume biji kopi dalam wadah (m^3).

8. Porositas

Porositas (ε) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut (Mohsenin, 1978):

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

Keterangan:

ε = Porositas

ρ_b = Densitas kamba (kg/m^3)

ρ_t = True density (kg/m^3)

9. Warna

Perubahan warna biji kopi akibat proses pengukusan dapat ditentukan dengan menggunakan Chromameter digital Minolta CR 200 dengan notasi Hunter ($L-a^*b^*$) (Mohsenin, 1978). Pengukuran dilakukan dengan cara mengambil contoh biji kopi dari masing-masing perlakuan dan kemudian diukur dengan cara mengambil 3 titik per contoh.

Perubahan warna keseluruhan (DE) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut (Rodrigues *et al.*, 2003):

$$\Delta E = \left((\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2 \right)^{1/2}$$

Keterangan:

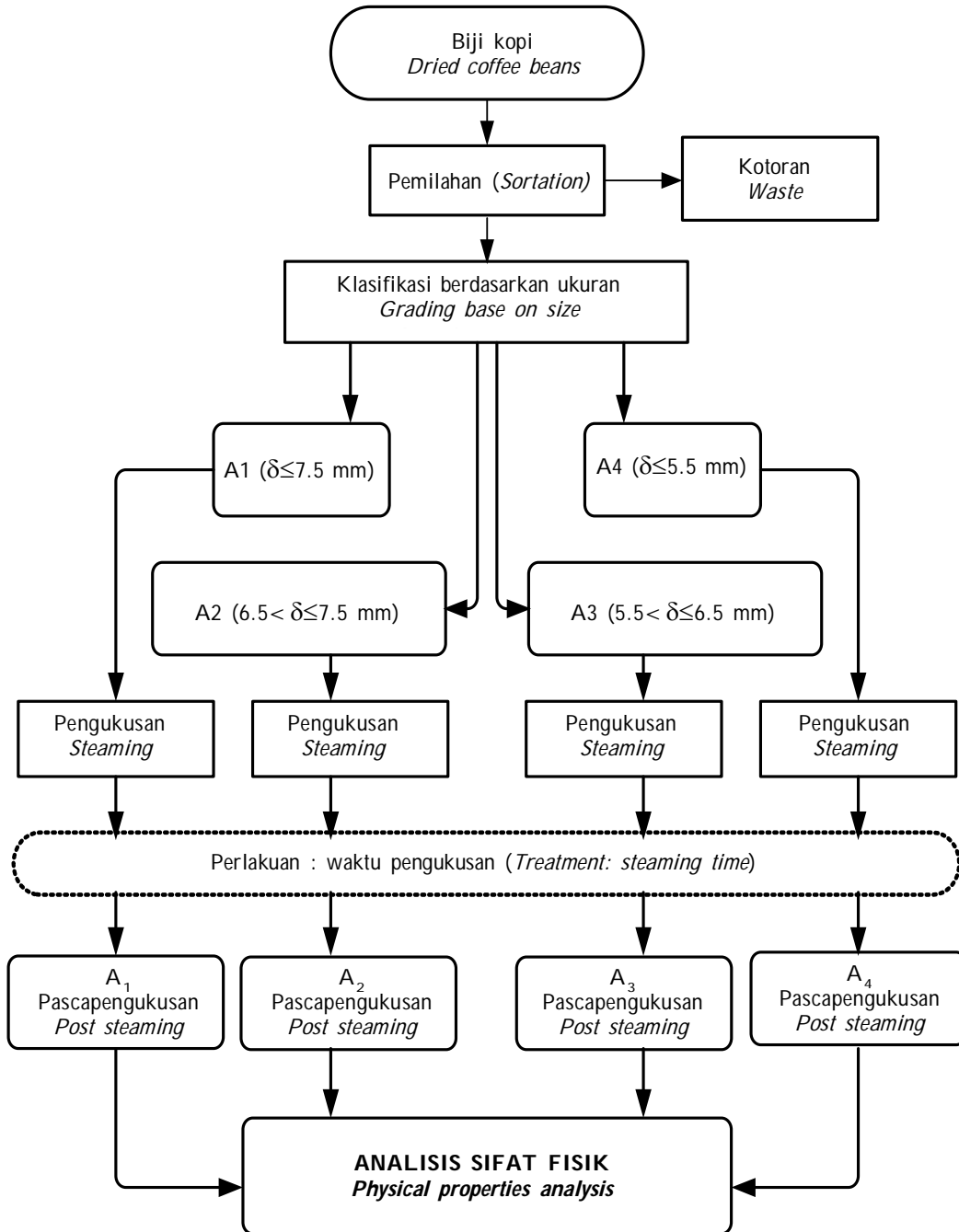
ΔL = tingkat kecerahan

Δa = tingkat kemerahan atau kehijauan

Δb = tingkat kekuningan atau kebiruan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Persentase pengembangan dimensi biji kopi yang terdiri dari ukuran panjang, lebar dan tebal ditampilkan pada Gambar 3. Hasil penelitian menunjukkan bahwa persentase pengembangan panjang biji tertinggi 9,5% terjadi pada biji kopi dalam klasifikasi A_4 (lebih kecil atau sama dengan 5,5 mm), sedangkan terendah 8,6% terjadi pada biji kopi dalam klasifikasi A_1 (lebih besar dari 7,5 mm) (Gambar 3A). Persentase pengembangan lebar biji tertinggi 13,3% terjadi pada biji kopi dalam klasifikasi A_4 , sedangkan terendah 12,2% terjadi pada biji kopi dalam klasifikasi A_1 (Gambar 3B). Persentase pengembangan tebal biji tertinggi 20,6% juga terjadi pada biji kopi dalam klasifikasi A_4 , sedangkan terendah 18,3% terjadi pada biji kopi dalam klasifikasi A_1 (Gambar 3C).



Gambar 2. Diagram alur pelaksanaan penelitian.

Figure 2. Research steps flowchart.

Sri-Mulato *et al.* (2004) dan Toledo (1999) melaporkan bahwa dalam satu jam proses pengukusan, ekspansi sel-sel biji kopi hanya meningkat sebanyak 30% dari volume awal, dan mencapai nilai maksimum 34–35% setelah proses pengukusan berlangsung selama 2 jam. Diduga fenomena tersebut terkait dengan ukuran dan jumlah sel-sel penyusun yang ada di dalam biji kopi.

Pemanasan lanjut tidak menyebabkan biji pecah dan tidak menambah persentase pengembangan panjang, lebar maupun tebal biji. Diduga keberadaan air di dalam sel menyebabkan dinding-dinding sel bersifat ulet sehingga mampu bertahan dari akumulasi tekanan uap air dan gas senyawa volatil yang ada di dalamnya. Pengembangan panjang, lebar dan tebal biji berkorelasi positif terhadap pengembangan volume biji selama proses pengukusan sebagaimana ditampilkan dalam Gambar 4. Proses pengukusan menyebabkan biji kopi yang volume awalnya antara 0,13–0,29 cm³ mengembang menjadi 0,19–0,37 cm³ atau terjadi peningkatan volume 20–50% dari volume awal.

Proses pengukusan juga menyebabkan terjadinya peningkatan kadar air di dalam biji kopi. Kadar air meningkat karena terjadinya kondensasi uap panas yang mengalir ke dalam pori-pori bahan karena adanya perbedaan tekanan. Illy & Viani (1998), dan Sri-Mulato *et al.* (1998) melaporkan bahwa perbedaan konsentrasi air yang tinggi antara permukaan dan di dalam biji kopi menyebabkan terjadinya peristiwa osmose. Molekul air masuk ke dalam biji kopi dengan cara difusi dan kemudian menerobos dinding sel di dalam jaringan biji. Molekul air terperangkap di dalam sel-sel sehingga kadar air biji kopi meningkat.

Hasil penelitian dari proses pengukusan biji kopi menunjukkan bahwa peningkatan kadar air terjadi relatif cepat pada 30 menit

pertama (Gambar 5). Biji kopi yang semula berkadar air antara 13–14% meningkat menjadi 25–31%. Pada awal proses, ruang kosong yang terdapat di dalam pori-pori biji masih sangat banyak sehingga uap panas mengalir dengan cepat untuk mengisi kekosongan ruang pori tersebut. Perlambatan uap panas masuk ke dalam pori-pori biji terjadi dalam 2 jam proses selanjutnya yang ditunjukkan dengan peningkatan kadar air biji antara 10–20%. Pengembangan biji kopi akibat proses pengukusan atau proses rehidrasi yang terjadi telah mencapai kondisi maksimal dan tidak ada lagi ruang kosong yang dapat terisi air setelah proses pengukusan berlangsung 3 jam dengan kisaran kadar air jenuh antara 38–42%. Pada kondisi ini biji kopi telah mengalami proses pembasahan ulang (*rewetting*) (Sivetz & Desroiser, 1979). Sri-Mulato *et al.* (2004) melaporkan bahwa ukuran biji kopi tidak berpengaruh nyata terhadap laju peningkatan kadar air. Kadar air biji meningkat dari 12% menjadi 50% pada 1 jam pertama, dan mencapai nilai maksimum 65–67% setelah 2 jam pengukusan.

Perubahan diameter aritmatik (D_a) dan perubahan diameter geometrik (D_g) biji kopi selama proses pengukusan ditampilkan pada Gambar 6. Proses pengukusan berpengaruh terhadap perubahan diameter aritmatik biji kopi. Pengembangan jaringan sel-sel di dalam biji kopi menyebabkan peningkatan kadar air dan terjadi pengembangan dimensi biji mendekati kondisi segar. Diameter aritmatik biji kopi pascapengukusan meningkat antara 8–13%, yaitu dari diameter 7,1–7,9 mm menjadi 8–8,6 mm. Diameter aritmatik tertinggi 8,6 mm terjadi pada biji kopi dengan klasifikasi ukuran A_1 , sedangkan diameter aritmatik terendah 8 mm terjadi pada biji kopi dengan klasifikasi ukuran A_2 . Chandrasekar & Viswanathan (1999) melaporkan bahwa pada kadar air biji

kopi Robusta berkulit cangkang antara 24–30% diperoleh nilai diameter aritmatik 8 mm.

Diameter geometrik biji kopi pasca-pengukusan mengalami peningkatan 9–18% dari 6,6–7,7 mm menjadi 7,8–8,4 mm. Diameter geometrik tertinggi 8,4 mm terjadi pada biji kopi dengan klasifikasi ukuran A_1 , sedangkan diameter geometrik terendah 7,8 mm terjadi pada biji kopi dengan klasifikasi ukuran A_4 . Chandrasekar & Viswanathan (1999) melaporkan bahwa pada kadar air biji kopi Robusta berkulit cangkang antara 24–30% diperoleh nilai diameter geometrik 7,6 mm.

Perubahan ukuran diameter aritmatik dan geometrik yang relatif kecil menunjukkan bahwa pengembangan biji terjadi merata ketiga sisi panjang, lebar dan tebal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses pengukusan mengakibatkan biji mengalami pengembangan karena menyerap uap air, dan diameter biji relatif mendekati ukuran biji kopi berkulit cangkang pada kadar air 24–30%. Diameter aritmatik dan geometrik yang relatif tetap setelah proses pengukusan berlangsung 1 jam menunjukkan bahwa biji kopi mulai mengalami pengembangan dengan penyerapan uap air yang maksimum.

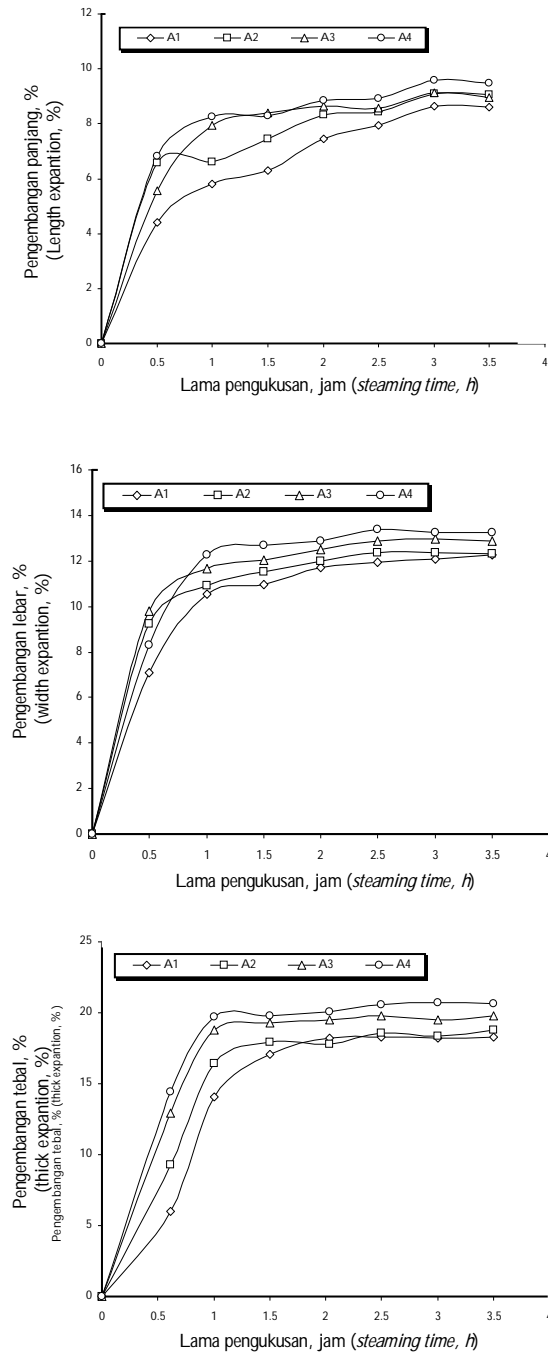
Proses pengukusan selama 3,5 jam menjadi 0,88–1,14 tidak mengakibatkan terjadinya perubahan yang nyata dari nilai porositas biji kopi. Hal ini menunjukkan bahwa pascapengukusan biji kopi tetap memiliki bentuk yang sama jika dibandingkan dengan bentuk sebelum pengukusan karena pengembangan dimensi biji yang seragam ke arah panjang, lebar dan tebal. Hal serupa ditunjukkan oleh perubahan nilai diameter aritmatik dan geometrik pada Gambar 6.

Perubahan luas permukaan biji kopi selama proses pengukusan ditampilkan pada Gambar 7. Hasil penelitian menunjukkan

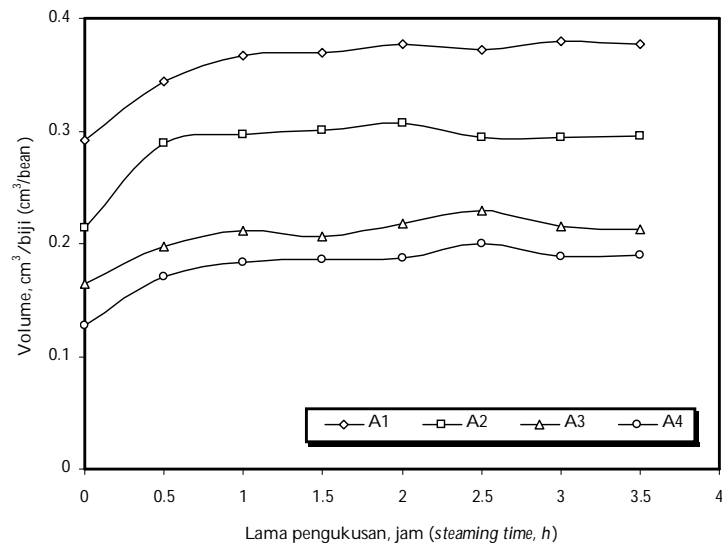
bahwa luas permukaan biji kopi pasca-pengukusan meningkat 18–37%, yaitu dari 140–189 mm² menjadi 192–224 mm². Penambahan luas permukaan tercepat terjadi setelah 0,5 jam proses pengukusan berlangsung, yaitu 10–21%. Proses pengukusan yang lebih lama menyebabkan proses penambahan luas permukaan berlangsung lambat dan mencapai titik maksimal setelah proses pengukusan berlangsung selama 3–3,5 jam. Uap air yang masuk ke dalam jaringan atau pori-pori biji telah mencapai titik jenuh, dan elastisitas biji yang menyebabkan biji tidak pecah pada kondisi pengembangan maksimum.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa biji kopi pascapengukusan mengalami perubahan nilai *true density* sebesar 19–30% dari kondisi awal 780–890 kg/m³ menjadi 974–1291 kg/m³ (Gambar 8) (D_p)(D_a). Chandrasekar & Viswanathan (1999) melaporkan bahwa pada kadar air biji kopi Robusta berkulit cangkang antara 24–30% diperoleh nilai *true density* 930–940 kg/m³ dan densitas kamba 490–520 kg/m³. Sementara itu densitas kamba biji kopi pascapengukusan tidak dipengaruhi oleh lama pengukusan.

Biji kopi selama proses pengukusan mengalami peningkatan dimensi dan massa karena proses pengembangan biji akibat perlakuan panas dan masuknya uap air ke dalam pori-pori biji. Setelah proses pengukusan berlangsung selama 1 jam pertama, peningkatan densitas kamba biji kopi berlangsung relatif lambat dan mencapai nilai maksimum setelah proses pengukusan berlangsung selama 3–3,5 jam. Porositas menggambarkan persentase dari total ruang yang tersedia untuk ditempati suatu cairan atau gas. Besar kecilnya porositas suatu bahan pertanian dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain ukuran bahan, susunan bahan, dan sudut kemiringan bahan.

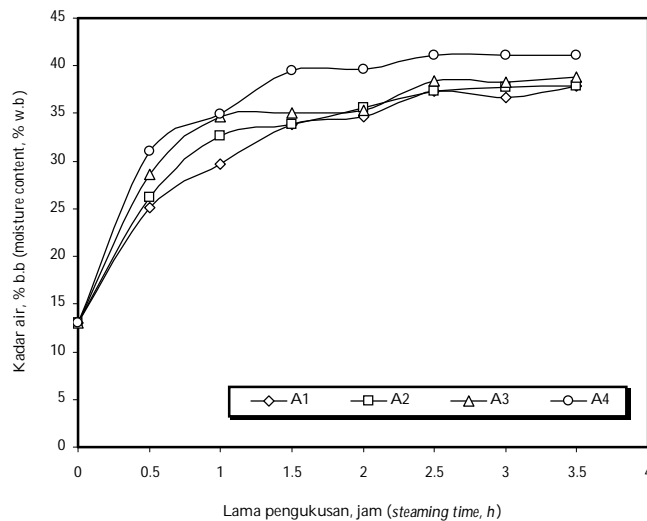


Gambar 3. Pengembangan panjang, lebar dan tebal biji selama proses pengukusan.
 Figure 3. Length, width and thickness expansion during steaming process.



Gambar 4. Perubahan volume biji selama proses pengukusan.

Figure 4. Volume changes during steaming process.



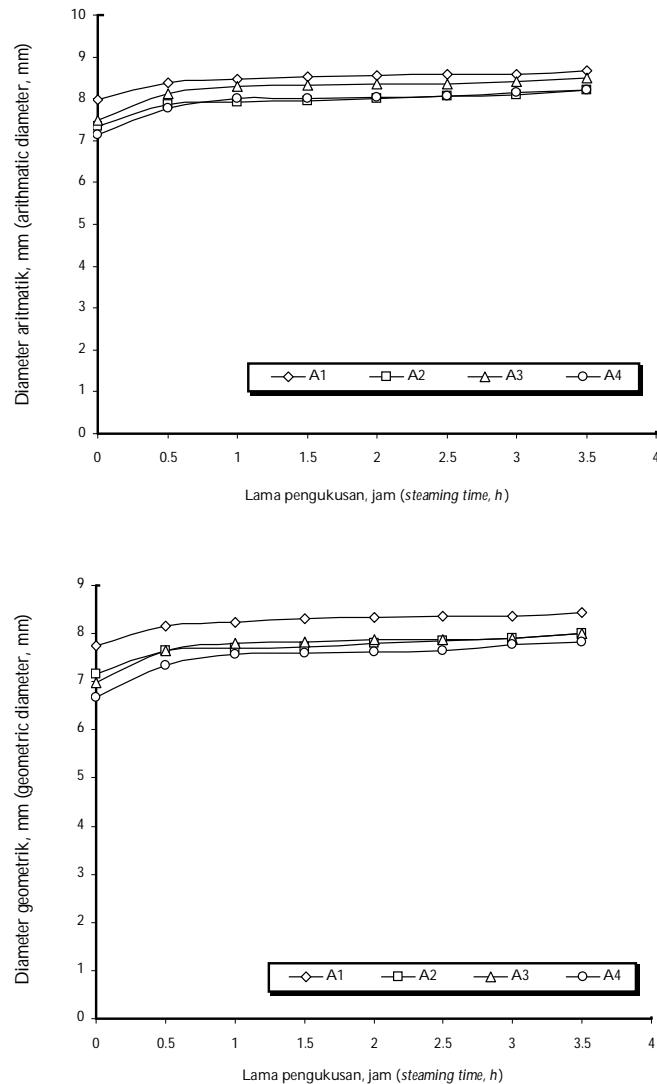
Gambar 5. Perubahan kadar air biji selama proses pengukusan.

Figure 5. Moisture content changes during steaming process.

Suatu bahan pertanian dengan bentuk dan ukuran yang seragam cenderung memiliki nilai porositas yang rendah. Biji kopi dengan ukuran yang seragam dan memiliki diameter yang kecil akan memiliki nilai porositas yang

lebih rendah jika dibandingkan dengan diameter bahan yang lebih besar.

Perubahan porositas biji kopi selama proses pengukusan ditampilkan pada Gambar 9. Hasil penelitian menunjukkan bahwa



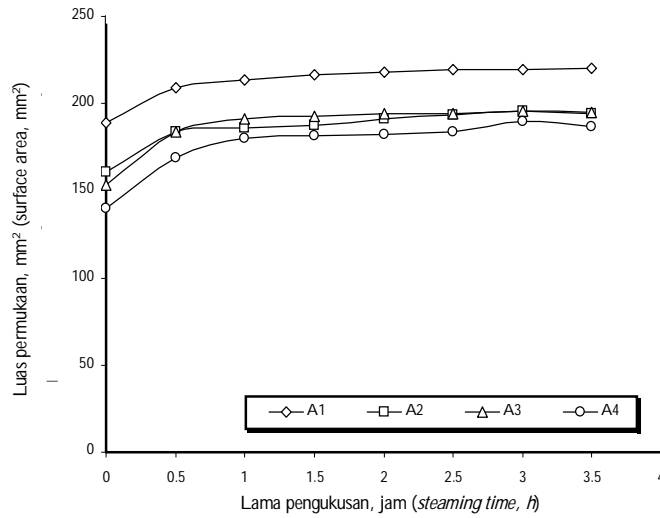
Gambar 6. Perubahan diameter geometrik dan aritmatik biji selama proses pengukusan.

Figure 6. Geometric and arithmetic diameter changes during steaming process.

porositas biji kopi pascapengukusan mengalami peningkatan. Biji kopi kering dengan kadar air 13–14% memiliki nilai porositas 13–18%, dan meningkat menjadi 24–39% setelah mengalami proses pengukusan selama 3,5 jam. Chandrasekar & Viswanathan pada kadar air biji kopi Robusta berkulit cangkang antara 24–30%

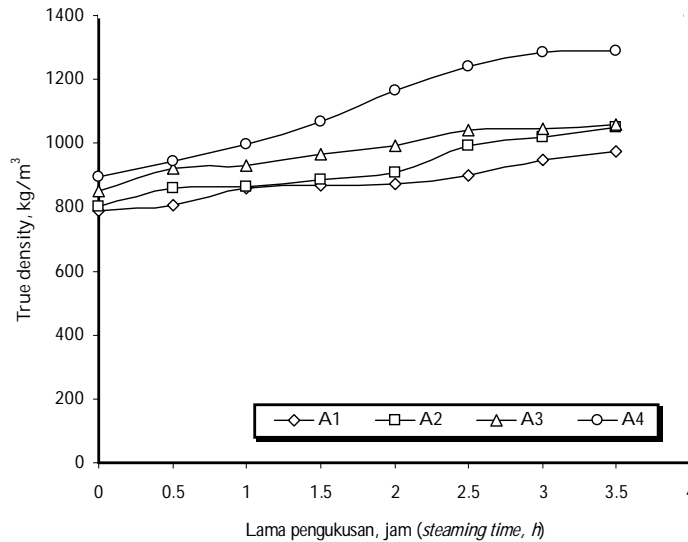
diperoleh nilai porositas antara 45–46%. Biji kopi yang mengalami pengembangan atau penambahan ukuran diameternya akan mengakibatkan ruang pori yang terbentuk semakin besar.

Perubahan tekstur biji kopi selama proses pengukusan ditampilkan pada Gambar 10. Tekstur merupakan karakteristik instrinsik



Gambar 7. Perubahan luas permukaan biji selama proses pengukusan.

Figure 7. Surface area changes during steaming process.

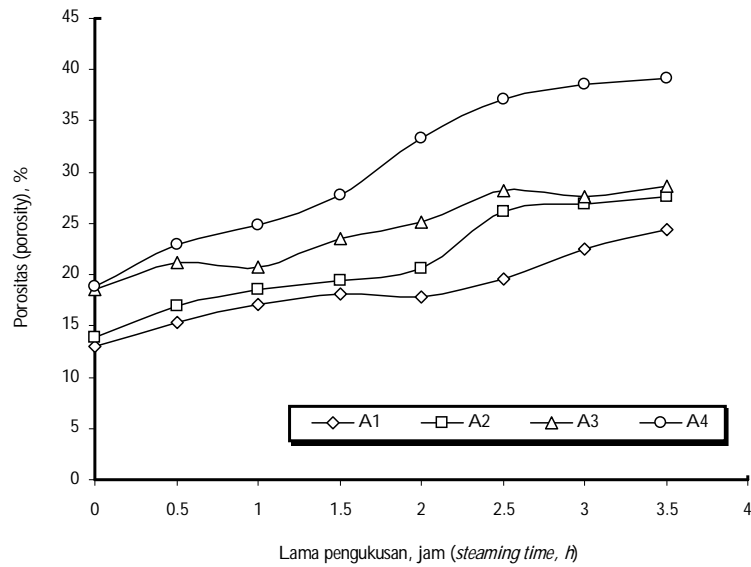


Gambar 8. Perubahan true density biji selama proses pengukusan.

Figure 8. True density changes during steaming process.

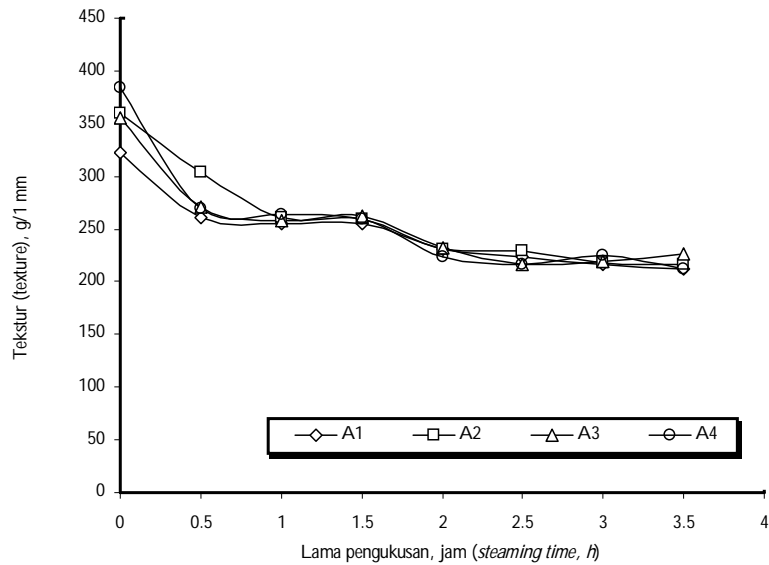
dari suatu benda yang terkait dengan tingkat kekasaran (*roughness*), granulasi (*granulation*), dan keteraturan susunan suatu bahan. Pada awal proses pengukusan, yaitu 1 jam pertama, terjadi penurunan nilai tektur biji kopi yang cukup cepat. Hasil penelitian

menunjukkan bahwa biji kopi dengan kadar air 13–14% memiliki nilai tekstur 323–384 g/1 mm dan turun menjadi 255–263 g/1 mm setelah terkukus selama 1 jam dengan kadar air 29–35%. Tekstur biji terlihat mulai kontan setelah proses pengukusan ber-



Gambar 9. Perubahan porositas biji selama proses pengukusan.

Figure 9. Porosity changes during steaming process.



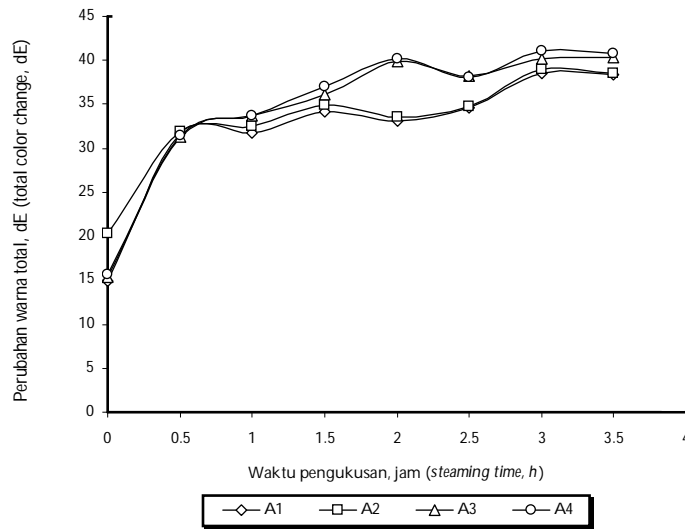
Gambar 10. Perubahan tekstur biji selama proses pengukusan.

Figure 10. Texture changes during steaming process.

langsung antara 2,5–3,5 jam dengan nilai antara 212–225 g/1 mm.

Proses pengukusan mengakibatkan permukaan biji kopi mengalami pengembangan dan menyerap uap air dalam jumlah

yang cukup tinggi. Panas dan uap air yang terserap di dalam ruang pori mengakibatkan permukaan biji, dan pori-pori biji melunak. Namun demikian, tekanan uap air yang tinggi serta panas yang merambat di



Gambar 11. Perubahan warna total biji selama proses pengukusan.

Figure 11. Total color changes during steaming process.

permukaan sampai dengan ke dalam biji tidak mengakibatkan biji pecah. Tingginya uap air yang terserap di dalam pori-pori biji menyebabkan tekstur biji menjadi lebih rendah jika dibandingkan dengan kondisi awal biji yang relatif kering dengan kadar air 13–14%.

Perubahan warna total biji kopi selama proses pengukusan ditampilkan pada Gambar 11. Proses pengukusan memberikan dampak terhadap perubahan warna permukaan biji kopi yang semula hijau cerah menjadi hijau gelap. Energi panas yang dibawa oleh uap air ke permukaan biji menyebabkan terjadinya pemucatan biji dengan bertambahnya air di dalam biji. Biji kopi memiliki nilai warna 14–20, dan berubah menjadi 38–40 setelah mengalami proses pengukusan selama 3 jam. Rodrigues *et al.* (2003) melaporkan bahwa perubahan warna total biji kopi yang disangrai selama 12 menit (*medium roast*) memberikan nilai 43.

KESIMPULAN

Proses pengukusan biji kopi Robusta dengan kadar air awal 13–14% menggunakan media air telah dilakukan di dalam reaktor kolom tunggal. Untuk mencapai pengembangan biji maksimum yang ditandai dengan tidak adanya perubahan sifat fisik biji kopi diperoleh pada proses pengukusan yang berlangsung selama 3 jam. Persentase pengembangan panjang biji 8,6–9,5%, persentase pengembangan lebar biji 12,2–13,3%, persentase pengembangan tebal biji 18,3–20,6%, volume biji meningkat 70–80%, dan kadar air biji kopi meningkat menjadi 38–42%.

DAFTAR PUSTAKA

- Aydin, C. (2002). Physical properties of hazel nuts. *Biosys. Eng.*, 82, 297–303.
- Aydin, C. (2003). Physical properties of almond nut and kernel. *J. Food Eng.*, 60, 315–320.

- Bart-Plange A. & E.A. Baryeh (2003). The physical properties of category B cocoa beans. *J. Food Eng.*, 60, 219–227.
- Brooker, D.B.; F.W. Bakker-Arkema & C.W. Hall (1974). *Drying Cereal Grains*. The AVII Publ. Company Inc., Westport, Connecticut.
- BSN (2008). Standar Nasional Indonesia Biji Kopi 01-2323-2008. Badan Standarisasi Nasional.
- Casal, S; M.B.P.P. Oliveira; M.R. Alves & M.A. Ferreira (2000). Discriminate analysis of roasted coffee varieties for trigonellin, nicotinic acid, and caffeine content. *J. Agric. Food Chem.*, 48, 3420–3424.
- Chandrasekar, V. & R. Viswanathan (1999). Physical and thermal properties of coffee. *J. Agric. Eng. Res.*, 73, 227–234.
- Clarke, R.J. & R. Macrae (1989). *Coffee Chemistry*. Vol. I, II. Elsevier Applied Science. London and New York.
- Clifford, M.N. (1985). Chemical and physical aspects of green coffee and coffee products. p.305–374. **In:** M.N. Clifford & K.C. Wilson (Eds). *Botany, Biochemistry, and Production of Beans and Beverage*. The AVI Publ.Co.Inc., Westport, Connecticut.
- Dean, J.A. (1978). *Lange's Handbook of Chemistry*. McGraw-Hill, New York.
- Desphande, S.D.; S. Ball & T.P. Ojha (1993). Physical properties of caper seed. *Biosys. Eng.*, 92, 237–245.
- Dursun, E. & I. Dursun (2005). Some physical properties of caper seed. *Biosys. Eng.*, 92, 237–245.
- Ensminger, A.H.; M.E. Ensminger; J.E. Konlande & J.R.K. Robson (1995). *The Consise Encyclopedia of Food and Nutrition*, Boca Raton. Tokyo.
- Gupta, R.K. & S.K. Das (1997). Physical properties of sunflower seeds. *J. Agric. Eng. Res.*, 66, 1–8.
- Illy, A. & R. Viani (1998). *Espresso Coffee: The Chemistry and Quality*. Academic Press Limited. London.
- Jain, R.K. & S. Ball (1997). Physical properties of Pearl millet. *J. Agric. Eng. Res.*, 66, 85–91.
- Ky, C.L.; J. Louarn; S. Dussert; B. Guyot; S. Hamon & M. Noirot (2001). Caffeine, trigonelline, chlorogenic acids and sucrose diversity in wild *Coffea arabica* L. and *C. canephora*. P. accessions. *Food Chem.*, 75, 223–230.
- McCabe W.L.; J.C. Smith & P. Harriot (1986). *Unit Operation of Chemical Engineering*. New York, McGraw-Hill.
- Mohsenin, N.N. (1978). *Physical Properties of Plant and Animal Materials*. Gordon and Breach Sci. Publ., New York.
- Rodrigues, M.A.A.; M.L.A. Borges; A.A. Franca; L.S. Oliveira & P.C. Correa (2003). Evaluation of physical properties of coffee during roasting. *ASAE Annual International Meeting/CIGR XVth World Congress*. Chicago, 11. 2002.
- Sivetz, M. & N.W. Desrosier (1979). *Coffee Technology*. The AVI Publ. Co. Inc., Westport, Connecticut.
- Spiller, G.A. (1999). *Caffeine*. Boca Raton London, New York Washington DC.
- Sreenarayanan, V.V.; R. Viswanathan & V. Subramanian (1988). Physical and thermal properties of soybean. *J. Agric. Eng.*, 25, 76–82.
- Sri-Mulato; O. Atmawinata; Yusianto; S. Widyotomo & Handaka (1998). Kinerja kolektor tenaga matahari pelat datar dan tungku kayu mekanis sebagai sumber panas unit pengering kopi rakyat skala besar. *Pelita Perkebunan*, 14, 108–123.
- Sri-Mulato; S. Widyotomo & H. Lestari (2004). Pelarutan kafein biji kopi robusta dengan kolom tetap menggunakan pelarut air. *Pelita Perkebunan*, 20, 97–109.

Sri-Mulato; S. Widyotomo & E. Suharyanto (2006). *Pengolahan Produk Primer dan Sekunder Kopi*. Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia. Jember, Jawa Timur.

Wilbaur, R. (1963). *Coffee Processing*. Food and Agriculture. Organization of United Nation, Roma.

Toledo, R.T. (1999). *Fundamental of Food Process Engineering*, 2nd edition. An Aspen Publication, Aspen Publisher Inc., Gathersburg, Maryland.
