

ISSN 1410 - 1920

**JURNAL
TEKNOLOGI PERTANIAN
ANDALAS**

Volume 14, No. 2 September 2010

DAFTAR ISI

DESAIN DAN UJI PERFORMANSI TUGAL SEMI-MEKANIS UNTUK PENANAMAN SORGUM Zulfahrizal, Devianti dan Said Junaidi	1
ANALISIS KEBIJAKAN PERDAGANGAN ROTAN DAN PRODUK ROTAN INDONESIA Gunawan	9
RANCANG BANGUN DAN UJI KINERJA TUNGKU BIOMASSA DENGAN BAHAN BAKAR KAYU Musthofa Lutfi, M. Fitri Syahbana dan Gunomo Djojowasito	28
APLIKASI PROSES THERMAL PADA ALAT PENGERING TIPE RAK UNTUK MENGERINGKAN PINANG (Areca Catechu .L) Darwin, Zulfahrizal dan Dessy Nasrianty.....	36
KARAKTERISTIK DAN SIFAT ORGAN OLEPTIK NUGGET TEMPE DENGAN BERBAGAI BAHAN PENGIKAT Novelina, Diana Sylvi dan Mega Silvia	42
EVALUASI PEMBENTUKAN TANAMAN PEPAYA HERMAPRODIT Kuswandi dan Tri Budiyantri	53
ANALISA KADAR LENGAS TANAH DENGAN METODA GIPS PADA PERTUMBUHAN TANAMAN CABAI Asmiwati	56
PENGARUH PENGGUNAAN PELARUT ETANOL DAN ETIL ASETAT PADA EKSTRAKSI DAUN GAMBIR (UNCARIA GAMBIR ROXB.) TERHADAP AKTIVITAS ANTI BAKTERI PATOGEN PANGAN Rifma Eliyasmi, Kesuma Sayuti dan Rahma Hidayani	66
KERAGAMAN EMPAT (4) SPESIES SALAK KOLEKSI YATAZAWA BOGOR SEBAGAI SUMBER PLASMANUTFAH SALAK DI INDONESIA Tri Budiyantri	74
EVALUASI POTENSI AGEN BIOLOGI TERHADAP PERTUMBUHAN BENIH PEPAYA PADA TANAH PODSOLIK Liza Octriana dan Dewi Fatria	82
PENGARUH EKSTRAK DAUN SIRIH DAN RUKU-RUKU TERHADAP PENYAKIT ANTRAKNOS PADA PEPAYADI PENYIMPANAN Liza Octriana dan Noflindawati	86
RANCANG BANGUN ALAT PEMILAH BUAH JERUK (GRADER) DENGAN SENSOR INFRA MERAH BERBASIS MIKROKONTROLER AT89S51 Azrifirwan, FX Heri dan Santosa	91
KAJIAN PENINGKATAN PENDAPATAN PETANI MELALUI PERBAIKAN KUALITAS PENGOLAHAN DAN PEMASARAN KAKAO DI INDONESIA Dian Hafizah	101
PENGARUH PERIODE PEMBERIAN AIR SECARA TERPUTUS-PUTUS (INTERMITTEN) TERHADAP KEBUTUHAN AIR SERTA PRODUKSI PADI SRI UNAND Asmiwati, Rusnam dan Rio Ansah Putra.....	117
KAJIAN SIFAT FISIKOKIMIA BIJI KAKAO DAN KARAKTERISTIK PENGERINGAN Sandra, Andasuryani, Santosa dan Renny Eka Putri.....	127

ABSTRAK

Proses pengeringan pada kakao kering berfungsi untuk mendapatkan biji yang berkualitas, jadi setiap biji harus mendapatkan suhu yang sama agar pengeringannya merata. Untuk mengatasi persoalan-persoalan diatas, maka perlu suatu rumusan dalam proses pengeringan. Sistem pengeringan konveyor salah satu pemecahan masalah, dimana dengan sistem ini setiap biji kakao dapat menerima panas yang sama tanpa pengadukan. Penelitian ini bertujuan merancang, membangun baik perangkat keras maupun perangkat lunak alat pengering, menguji alat pengering, sistem konveyor yang dapat bekerja secara kontinyu dan menggunakan teknik pemeriksaan non-destruktif (image processing).

Metode yang dilakukan adalah kajian sifat fisik dan mekanik biji kakao, rancang bangun sistem mekanik, kajian sistem konveyor. Penelitian dilakukan di jurusan teknik Pertanian, Fateta Unand.

Hasil yang didapat dimensi mayor, intermediate dan minor dari biji kakao rata-ratanya adalah 22.38 mm, 13.18 mm dan 7.14 mm. Sphericity biji kakao kecil dari 1. True densitas biji kakao adalah 1.0014 gr/cm³. Bulk densitas, porositas, volume, luas permukaan berturut-turut sebagai berikut 0.42 gr/cm³, 56.26%, 707.98 mm³, dan 434.74 mm². Awal pengeringan biji kakao menggunakan suhu 90 °C selama 15 menit dilanjutkan dengan suhu 70 °C. indek warna merah (r) lebih tinggi dari nilai indek warna hijau dan warna biru, dan Nilai saturasi biji kakao makin berkurang dengan turunnya nilai kadar air.

Kata kunci: pengeringan, kakao, sifat fisik dan mekanik, konveyor

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Proses pengeringan merupakan proses yang sangat penting untuk menghasilkan biji kakao kering yang berkualitas baik, terutama dalam hal fisik, calon cita rasa, dan aroma yang baik serta berperan dalam mengurangi rasa kelat dan pahit. Proses pengeringan bertujuan untuk mengurangi kadar air biji dari sekitar 60% menjadi 6-7% sehingga aman selama transportasi dan penyimpanan. Untuk itu, alat pengering yang digunakan harus mampu memenuhi kebutuhan tersebut.

Proses pengeringan biji kakao oleh petani dilakukan dengan penjemuran. Selama pengeringan dilakukan pengadukan sesering mungkin, yakni selama 1 – 2 jam agar sinar matahari merata diterima oleh setiap biji yang akan dikeringkan. Waktu untuk pengeringan biji kakao dengan penjemuran juga sangat tergantung pada cuaca, lama pengeringan pada cuaca cerah selama 8 – 14 hari, kalau musim penghujan waktu pengeringan bisa lebih dari dua minggu.

Untuk mengatasi persoalan-persoalan diatas, maka perlu suatu rumusan untuk dalam proses pengeringan. Untuk mengurangi proses pengadukan setiap 1 – 2 jam selama proses pengeringan maka dapat dilakukan dengan dibuatnya sistem pengeringan konveyor agar setiap biji kakao dapat menerima panas yang sama tanpa pengadukan. Waktu pengeringan yang lama dan tergantung cuaca diharapkan dapat diatasi dengan membuat suatu sistem pengeringan yang dapat berjalan secara kontinyu tanpa terhenti secara otomatis.

Penelitian ini bertujuan merancang, membangun baik perangkat keras maupun perangkat lunak, menguji alat pengering, sistem konveyor yang dapat bekerja secara kontinyu dan menggunakan teknik pemeriksaan non-destruktif (image processing).

METODE PENELITIAN

Secara rinci, kegiatan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Kajian Sifat Fisik dan Mekanik Biji Kakao

Tujuan penelitian tahap ini adalah 1) mencari kadar air biji kakao hasil fermentasi 2) mencari suhu dan RH optimum pengeringan dan 3) mencari hubungan perubahan warna biji kakao dengan kadar air selama proses pengeringan. Pada tahap ini akan dilakukan kajian terhadap sifat fisik dan mekanik biji kakao hasil pengeringan (yang meliputi bentuk, ukuran, berat, *sphericity*, kadar air, warna, *angle of repose*, *angle of friction*, kekerasan). Penelitian tahap ini akan dilakukan di Laboratorium Teknologi Pasca Panen. Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Andalas

2. Pengembangan Mutu Kakao Dengan Teknik Image Processing

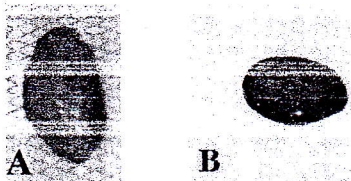
Tujuan penelitian pada tahap ini yaitu menentukan hubungan antara nilai indeks mutu biji kakao seperti berat, kekerasan, dan kadar air dengan karakteristik fisik buah seperti ukuran, warna dan tekstur yang diperoleh dari image processing. Sejumlah sampel biji kakao hasil pengeringan dipelajari penampakkannya dengan bantuan image processing (non-destruktif), lalu dihubungkan dengan hasil pengukuran langsung (destruktif). Hasil analisis image processing kemudian digunakan untuk menentukan mutu biji kakao.

Setiap kriteria mutu melalui penampakan menggunakan image processing kemudian diperiksa korelasinya dengan pengukuran langsung. Kriteria-kriteria mutu yang didapatkan dengan image processing yang mempunyai korelasi tinggi akan dipakai untuk menentukan tingkat mutu biji kakao.

HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Kajian Sifat Fisik dan Mekanik Biji Kakao.

Kajian sifat fisik biji kakao merupakan landasan utama dalam penentuan rancangan dari alat pengering, karena ada perbedaan yang sangat signifikan antara biji kakao sebelum proses pengeringan dengan biji kakao setelah proses pengeringan seperti Gambar 2.



Gambar 2. Biji kakao sebelum dikeringkan (A) sesudah dikeringkan (B).

Pada tahap awal penelitian ini terlebih dahulu dilakukan kajian tentang sifat fisik dan mekanik biji kakao, hasil kajian ini merupakan acuan dari perancangan sistem konveyor/alat pengering. Data yang diperoleh dari kajian sifat fisik ini adalah sebagai berikut:

5.1.1 Ukuran dan Bentuk

Distribusi ukuran dan bentuk biji kakao, berdasarkan dimensi mayor (panjang), sekitar 79 % dari biji kakao berukuran sedang (antara 20 – 25 mm), 12 % berukuran kecil (<20 mm) dan 9% berukuran besar (>25 mm). Ukuran rata-rata untuk dimensi mayor, intermediate dan minor berturut-turut adalah 22.38 ± 1.92 mm, 13.18 ± 1.24 mm dan 7.14 ± 1.21 mm dengan koefisien variasinya 8.55 %, 9.41 % dan 16.92. Seperti yang dilaporkan oleh Oje dan Ugbor (1991), bahwa biji dengan dimensi mayor terbesar belum tentu mempunyai dimensi intermediate dan minor yang besar juga. Ini kemungkinan disebabkan oleh bentuk dan ukuran biji. Ukuran biji kakao dinyatakan dalam diameter ekivalennya. Semakin besar ukuran biji, maka diameter ekivalennya akan meningkat. Nilai diameter ekivalen biji kakao berkisar 11.56 – 16.12 mm dengan nilai rata-rata 13.50 ± 0.93 mm. Distribusi frekuensi untuk ketiga dimensi aksial dan diameter ekivalen biji kakao adalah normal.

Nilai sphericity dari biji kakao berkisar 0.47 – 0.67 dengan nilai rata-rata 0.57 ± 0.04 . Terlihat bahwa nilai sphericity meningkat dengan menurunnya ukuran biji dimana nilai sphericity tertinggi terdapat pada kelompok ukuran kecil (0.60 ± 0.03). Hal serupa dinyatakan oleh Asoegwu, *et al* (2006) bahwa nilai sphericity akan meningkat dengan menurunnya ukuran biji. Distribusi frekuensi untuk sphericity biji adalah normal. Nilai sphericity yang rendah (0.57 ± 0.04) dengan dimensi minor sekitar 27% dari dimensi mayor memperlihatkan bentuk biji kakao yang tidak bulat akan tetapi berbentuk elip dan flat. Bentuk yang elip dan flat akan membantu biji-bijian meluncur sehingga merupakan suatu sifat yang dibutuhkan dalam disain konveyor, pada kemiringan berapa biji kakao tidak meluncur.

5.1.2 Volume (V) dan luas permukaan (S)

Distribusi volume dan luas permukaan biji kakao dapat dilihat pada Tabel 3 berikut. Volume biji kakao berkisar dari 437.30 – 1356.46 mm³ dengan volume rata-rata 707.98 ± 168.63 mm³ dan luas permukaan biji kakao berkisar dari 321.99 – 638.28 mm² dengan luas rata-rata 434.74 ± 63.48 mm². Volume dan luas permukaan biji kakao sangat dipengaruhi oleh ukuran atau dimensi aksial biji kakao. Luas permukaan ini bermanfaat dalam perhitungan laju pemanasan, pengeringan dan didalam disain penukar panas. Berdasarkan ukuran rata-rata volume dan luas permukaan biji kakao maka dapat dikatakan bahwa semakin besar kelompok ukuran biji kakao, maka semakin besar pula volume dan luas permukaan biji kakao. Sementara itu, bila didasarkan pada kelompok ukuran biji, maka ukuran sedang mempunyai volume dan luas permukaan yang besar. Faktor inilah kemungkinan yang menyebabkan distribusi frekuensi volume dan luas permukaan biji kakao menjadi tidak normal.

5.1.3 True , Bulk Density dan Porositas

True density, bulk density dan porositas biji-bijian berguna dalam penyimpanan, transportasi dan sistem pemisahan (Kachru, Gupta dan Alam, 1994; Oh, Jo dan Rhim, 2001; Ureña , Galván dan Teixeira, 2002). True density biji kakao berkisar dari 0.982 – 1.033 gr/cm³ dengan nilai rata-rata 1.0014 ± 0.01 gr/cm³. Nilai ini lebih kecil dibandingkan dengan nilai true density biji kacang (1.102 gr/cm³) dan biji bunga matahari (1.023 gr/cm³) (Nelson, 2002). Sementara itu bulk density biji kakao berkisar dari 0.410 – 0.427 gr/cm³ dengan nilai rata-rata 0.420 ± 0.01 gr/cm³. Rata-rata porositas biji kakao 56.25 %. Nilai ini mendekati nilai porositas biji yang berbentuk flat (Joshi et al, 1993). Porositas tergantung pada bentuk, dimensi dan kekasaran permukaan biji-bijian (Chakraverty dan Singh, 2001).

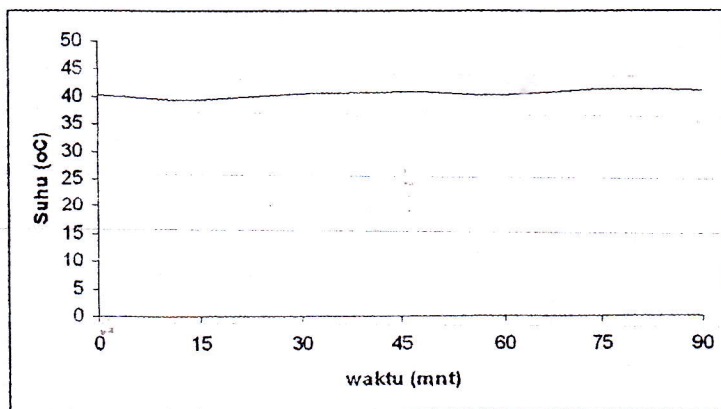
5.1.4 Angle of friction dan Angle of repose

Rata-rata nilai *angle of friction* dari biji kakao pada permukaan gesek stainless steel ($23.33 \pm 0.58^\circ$), plat besi ($24.67 \pm 0.58^\circ$) dan triplex ($29.33 \pm 0.58^\circ$). Angle of friction dari stainless steel lebih rendah dibandingkan dengan yang lain, hal ini disebabkan karena kehalusan dan kekasaran permukaan gesek yang mempengaruhi bahan meluncur di atasnya. Koefisien *friction* antara biji-bijian adalah sama dengan sudut tangent dari gesekan internal bahan. Koefisien *friction* tergantung pada bentuk biji, karakteristik permukaan dan kandungan air (Chakraverty dan Singh, 2001). Rata-rata angle of repose biji kakao adalah 35° , nilai ini lebih tinggi dari angle of repose biji coriander ($24.91^\circ - 30.70^\circ$). Sifat *angle of repose* dan *angle of friction* dari biji-bijian memegang peranan yang penting dalam disain *hopper*, saluran untuk meluncurkan barang-barang kebawah, pengeringan, kotak penyimpanan dan beberapa peralatan untuk aliran biji-bijian.

5.2 Sistem Kontrol Suhu

Pengontrol suhu yang digunakan dalam penelitian ini adalah termostat. Dari gambar 3 terlihat bahwa suhu ruang pengering relatif konstan pada suhu 40-43 °C, terdinya range suhu diatas suhu set point (40 °C) penyebabnya udara dalam ruang pengering semakin lama suhunya semakin seragam

sehingga menyebabkan suhu terendahnya berada pada 40 °C sedangkan udara dalam ruang pengering terus dipanaskan oleh elemen.

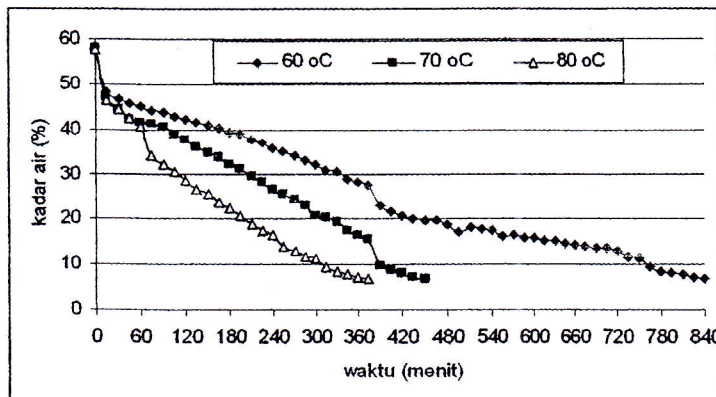


Gambar 3. Data suhu ruang pengeringan dengan kontrol suhu 40 °C

5.3 Karakteristik Pengeringan Biji Kakao

Sistem alat pengering menggunakan elemen pemanas sebagai sumber panas udara pengering. Alat pengering ini dilengkapi dengan kontrol suhu.

Pengujian sistem pengeringan biji kakao adalah dengan memberi perlakuan suhu pada saat pengeringan yaitu suhu 80 oC; 70 oC dan 60oC sebelumnya diberi perlakuan awal terlebih dahulu, dimana semua sampel dikeringkan dikeringkan dahulu menggunakan suhu 90 oC selama 15 menit. Perlakuan awal ini diberikan dengan asumsi air bebas biji kakao akan keluar lebih cepat dengan menggunakan suhu tinggi.



Gambar 4. Penurunan kadar air biji kakao pengeringan pada suhu 60oC; 70oC dan 80 oC

Hasil pengujian proses pengeringan biji kakao dengan menggunakan suhu pengeringan sebesar 60 oC dapat dilihat pada Gambar 4. Dari gambar terlihat bahwa pengeringan biji kakao dengan menggunakan alat pengering pada suhu 60 oC untuk menurunkan kadar air sampai 6,9% dibutuhkan waktu selama 14 jam 45 menit. Ini lebih cepat bila dibandingkan dengan pengeringan secara konvensional menggunakan sinar matahari yang memerlukan waktu 3 – 4 hari. Hal ini disebabkan karena suhu yang diterima biji kakao konstan sehingga aliran air dari dalam bahan kontinyu sehingga menyebabkan air lebih cepat keluar.

Dari gambar 4 terlihat bahwa waktu yang dibutuhkan untuk mengeringkan biji kakao sampai kadar air 6,9% adalah 8 jam 15 menit dengan suhu pengeringan sebesar 70 oC. Awal pengeringan penurunan kadar air lebih cepat. Hal ini disebabkan karena pada proses awal pengeringan air yang

diupkan adalah air bebas. Menurut Hall (1980) laju pengeringan konstan terjadi pada lapisan permukaan biji-bijian yaitu pada lapisan air bebas.

Dari gambar 4 terlihat untuk menurunkan kadar air biji kakao sampai 6,9% memerlukan waktu 7 jam 5 menit dengan menggunakan suhu 80 oC. Karena man tingi suhu maka proses penguapan air akan lebih cepat. Menurut Brooker dan Bakker-Arkema (1973) beberapa parameter yang mempengaruhi lama waktu yang dibutuhkan pada proses pengeringan antara lain adalah suhu udara pengering.

5.4 Penentuan Kadar Air Dengan Teknik Pengolahan Citra Digital

Penentuan kadar air dalam proses pengeringan adalah hal yang sangat penting. Indikator yang dipakai dalam menentukan perubahan kadar air secara visual salah satunya adalah dari perubahan warna. Pada penelitian ini dilihat hubungan antara penurunan kadar air dengan perubahan warna, perubahan warna akan didapat dari teknik pengolahan citra digital. Program pengolahan citra dibangun untuk dapat melakukan pengambilan citra dan menyimpan dalam format .tif. Pengolahan citra meliputi perhitungan RGB, dan HSI.

Pengukuran Intensitas Warna

Intensitas warna diukur dengan menggunakan model warna RGB (*Red, Green, Blue*). komponen warna RGB didapat langsung dari pembacaan citra warna.

Model warna RGB dapat juga dinyatakan dalam bentuk indeks warna RGB yang diperoleh melalui normalisasi setiap komponen warna dengan rumus sebagai berikut (Ahmad, 2005):

$$\text{Indeks warna merah (r)} = R/(R+G+B)$$

$$\text{Indeks warna hijau (g)} = G/(R+G+B)$$

$$\text{Indeks warna biru (b)} = B/(R+G+B)$$

Model warna RGB dapat ditransformasikan ke model warna HSI (Hue, Saturation, Intensity) dengan persamaan sebagai berikut (Ahmad, 2005):

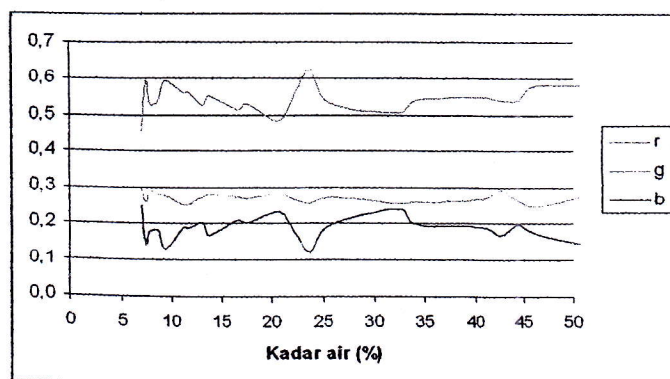
$$I = (R+G+B)/3$$

$$\text{Cos H} = [2R-G-B]/2 [(R-G)^2 + (R-B)(G-B)]^{0.5}$$

$$S = 1 - [3 \cdot \min(R,G,B)/(R+G+B)]$$

Hasil pengamatan hubungan antara kadar air dengan perubahan warna berdasarkan nilai indeks warna merah (r), nilai indeks warna hijau (g) dan nilai indeks warna biru (g) dapat dilihat seperti gambar 5.

Dari gambar 5 terlihat bahwa nilai indeks warna merah (r) lebih tinggi dari nilai indeks warna hijau dan warna biru. Hal ini disebabkan warna dari biji kakao secara visual terlihat berwarna merah kecoklatan. Menurut Mohsenin (1984) warna coklat adalah perpaduan dominan warna merah dan kuning. Dari tabel 4 juga terlihat bahwa nilai indeks warna hijau juga mempunyai nilai yang lebih besar dari indeks warna biru.



Gambar 4. Hubungan kadar air dengan nilai indeks warna

Hasil pengamatan hubungan antara kadar air dengan nilai hue (H), saturasi (S) dan intensitas (I) dapat dilihat seperti Tabel 5. corak (hue =H) biji kakao tidak terlihat perbedaan yang signifikan pada perbedaan kadar air. Hal ini mungkin disebabkan oleh warna biji kakao walaupun sudah dikeringkan masih tetap terang dan cerah.

Nilai saturasi biji kakao makin berkurang dengan turunnya nilai kadar air. Hal ini disebabkan oleh dengan berkurangnya kadar air biji kakao maka warnanya akan semakin jenuh atau lebih coklat dibandingkan biji kakao berkadar air tinggi. Mohsenin (1984) kuantitatif saturasi adalah jarak representatif titik obyek ke warna putih. Jadi semakin jenuh warna (semakin dekat ketitik putih) maka saturasinya semakin tinggi

Intensitas biji kakao lebih besar pada biji yang mempunyai kadar air yang tinggi, ini disebabkan pada kadar air tinggi warna permukaan biji kakao masih relatif seragam sedangkan setelah dilakukan proses pengeringan terjadi perbedaan warna di permukaan biji. Menurut Ahmad (2005) nilai intensitas dari suatu citra adalah penjumlahan nilai RGB dibagi tiga.

Tabel 1. Hubungan penurunan kadar air dengan HSI

KA (%)	H	S	I
57,7	27,751	0,6925	71,5304
46,4	20,675	0,4918	57,3123
44,4	43,255	0,4313	44,6035
40,6	25,454	0,4369	53,9022
34,1	30,545	0,4054	44,9714
32,2	11,641	0,3238	39,0288
25,6	12,924	0,4139	57,6690
22,3	17,952	0,4761	44,8850
17,6	21,825	0,3929	51,7321
16,6	22,403	0,3699	47,3527
13,8	19,701	0,4999	45,2115
11,3	17,681	0,4372	53,1016
9,3	20,147	0,6121	45,4107
8,5	22,196	0,4696	50,1306
7,7	17,829	0,4594	54,6050
7,3	23,313	0,5664	35,6147
6,9	18,095	0,2568	69,2678

KESIMPULAN

Kesimpulan

1. Dimensi mayor, intermediate dan minor dari biji kakao rata-ratanya adalah 22.38 mm, 13.18 mm dan 7.14 mm. Sphericity biji kakao kecil dari 1, sehingga biji kakao sulit untuk menggelinding. True densitas biji kakao adalah 1.0014 gr/cm³. Bulk densitas, porositas, volume, luas permukaan berturut-turut sebagai berikut 0.42 gr/cm³, 56.26%, 707.98 mm³, dan 434.74 mm².
2. Awal pengeringan biji kakao harus dengan suhu 90 °C selama 15 menit dilanjutkan dengan suhu 70 °C.
3. Kisaran suhu ruang pengering relatif seragam dengan suhu 40 – 43 oC, pada set point 40 oC
4. indek warna merah (r) lebih tinggi dari nilai indek warna hijau dan warna biru, dan Nilai saturasi biji kakao makin berkurang dengan turunnya nilai kadar air.

Saran

1. Pengerangan biji kakao dapat dilakukan dengan memberi perlakuan suhu yang berbeda dimana pada awal penengring suhu 90°C selama 15 menit dan dilanjutkan dengan suhu 70°C sampai kadar air 7 %.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada Departemen Pendidikan Nasional Lembaga Penelitian Univ. Andalas Padang, Dekan Fakultas Teknologi Pertanian, Ketua Jurusan/Program Studi Teknik Pertanian atas segala fasilitas dan pendanaan yang telah diberikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, U. 2005. Pengolahan Citra Digital dan Teknik Pemrogramannya. Penerbit Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Chakraverty, Amalendu dan Singh, R.Paul. 2001. Postharvest Techology : cereal, pulses, fruits and vegetables. Science Publishers, Inc.,Enfield,NH,USA.
- Deshpande, S.O., S. Bal., and T.P. Ojha, 1993. Physical properties of soybean. *Journal of Agricultural Engineering Research*: 56: 89 – 98.
- Dutta, S.K., V.K Nema, and R.K Bhardwaji,. 1988. Physical properties of grain. *Journal of Agricultural Engineering Research*: 39: 2159 – 268.
- Gupta, R. K. and S.K. Das.1997. Physical properties of sunflower seeds. *Journal of Agricultural Engineering Research*. 56 (2): 89–98.
- Hall, C.W. 1980. *Drying Farm Crops. Agriculture Process Engineering*. Jhon Willey and Sonns Inc. New York. 334 hal.
- Jain, R., R. Kasturi and B.G. Schunck. 1995. Machine Vision. McGraw-Hill Book, Inc. New York, USA.
- Mohsenin, N.N., 1984. *Electromagnetic Radiation Properties of Foods and Agricultural Products*. Gordon and Breach Science Publishers, London
- Mohsenin, N.N. 1986. *Physical Properties of Plant and Animal Materials. 2nd Edition*. Gordon and Breach Science Publishers. New York.N.Y.
- Nelson, S. O. 2002. Dimensional and density data for seeds of cereal grain and other crops. *Trans. American Society of Agricultural Engineers*. 45 (1): 165 – 170.
- Oh, I. H., S. H. Jo and K. S. Rhim. 2001. A new method for determining apparent density and void fraction in a tobacco column, *Trans. American Society of Agricultural Engineers*. 44 (3): 651 - 654
- Oje,K.and E.C.Ugbor. 1991. Some Physical Properties of oilbean seed. *Journal of Agricultural Engineering Research*: 50:305-313.
- Ratnasingsih dan Ginting, Erliana. 2006. Beberapa Sifat Fisik Biji 17 Genotipe Kacang Hijau (*Vigna Radiata*). Prosiding Seminar Nasional Mekanisasi Pertanian. Bogor 20-30 November 2006.
- Singh,K.K.,and Goswami,T.K.(1996). Physical Properties of cumin seed. *Journal of Agricultural Engineering Research*.64, 93-98.
- Stout, B.A. 1989. "Hand Book of Energy for Word Agr". Elsevier Applied Science. London & New York.
- Suthar, S.H. and S.K. Das. 1996. Some physical properties of Karingda (*Citrullus lanatus* Thumb Mansf) seeds. *Journal of Agricultural Engineering Research*: 65:15 – 22.
- Ureña, M. O., M. G. Galván and A. A. Teixeira. 2002. Measurement of aggregate true particle density to estimate grain mixture composition. *Trans. American Society of Agricultural Engineers*. 45 (5): 1925 – 1928.