

PENGARUH SUHU PERENDAMAN TERHADAP KOEFISIEN DIFUSI DAN SIFAT FISIK KACANG MERAH (*Phaseolus vulgaris* L.)

[PHYSIOLOGY CHARACTERISTICS OF MANGOSTEEN (*Garcinia Mangostana* L.) AT MODIFIED ATMOSPHERE CONDITION]

Oleh :

Nanik Agustina¹, Sri Waluyo², Warji³, Tamrin⁴

¹ Mahasiswa S1 Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung

^{2,3,4} Staf Pengajar Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung

✉ komunikasi penulis, email : Nanikagustina1628@yahoo.com

Naskah ini diterima pada 1 Maret 2013; revisi pada 24 April 2013;
disetujui untuk dipublikasikan pada 3 Mei 2013

ABSTRACT

The entry of water into seed until reached saturation point on the soaking process at room temperature, in common, may take more than one day. Mean while, longer soaking time can cause microbial contamination and may influence product quality in term of color, taste, and smell. Soaking in warmer liquid method is a common method used for shortening the soaking time. The objective of this research was to determine the effect of soaking temperature on the coefficient of diffusion and on the physical properties of Kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.). The research was conducted at 5 different soaking temperatures: 28 °C (control), 35 °C, 40 °C, 45 °C, and 50 °C, with 3 replications for each treatment. The parameters measured were dimensions of specimen, weight of specimen during soaking. The diffusivity of water were than derived from water content data. The results showed that the higher the soaking temperature, the faster the change of dimensions, weight, and water content. The coefficient of water diffusion of kidney bean at soaking temperatures: 28 °C, 35 °C, 40 °C, 45 °C, and 50 °C, was $12,91 \times 10^{-11} \text{ m}^2/\text{s}$; $6,42 \times 10^{-11} \text{ m}^2/\text{s}$; $25,64 \times 10^{-11} \text{ m}^2/\text{s}$; $60,20 \times 10^{-11} \text{ m}^2/\text{s}$ and $48,24 \times 10^{-11} \text{ m}^2/\text{s}$, respectively. It showed that the higher temperature, the faster the water diffusion rate and it follows exponential equation $D = 0,7272e^{0,087 T}$ with the coefficient of determination, $R^2 = 0,643$.

Keywords: *Kidney bean, soaking temperature, coefficient of water diffusion, physical properties*

ABSTRAK

Masuknya air ke dalam biji-bijian hingga mencapai titik jenuh pada proses perendaman dengan suhu lingkungan membutuhkan waktu lebih dari satu hari. Perendaman yang terlalu lama dapat menimbulkan kontaminasi mikroba sehingga berpengaruh terhadap kualitas produk, misalnya warna, rasa, dan bau. Metode perendaman dengan air hangat merupakan metode umum yang digunakan untuk mempersingkat waktu perendaman. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh suhu perendaman terhadap koefisien difusi air dan sifat fisik kacang merah (*Phaseolus vulgaris* L.). Penelitian ini dirancang pada 5 perlakuan suhu: 28 °C (kontrol), 35 °C, 40 °C, 45 °C, dan 50 °C dengan 3 ulangan untuk masing-masing perlakuan. Parameter yang diukur adalah perubahan dimensi dan perubahan bobot bahan selama perendaman. Data perubahan kadar air bahan digunakan untuk mencari koefisien difusi air kacang merah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu perendaman, semakin cepat peningkatan dimensi, berat, dan kadar airnya hingga akhirnya mencapai titik jenuh. Koefisien difusi air kacang merah pada perendaman air bersuhu 28 °C, 35 °C, 40 °C, 45 °C, dan 50 °C, berturut-turut adalah $12,91 \times 10^{-11} \text{ m}^2/\text{s}$; $6,42 \times 10^{-11} \text{ m}^2/\text{s}$; $25,64 \times 10^{-11} \text{ m}^2/\text{s}$; $60,20 \times 10^{-11} \text{ m}^2/\text{s}$ dan $48,24 \times 10^{-11} \text{ m}^2/\text{s}$. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu perendaman, maka semakin cepat laju difusinya mengikuti persamaan eksponensial $D = 0,7272e^{0,087 T}$ dengan koefisien determinasi, $R^2 = 0,643$.

Kata Kunci: *Kacang merah, perendaman, suhu, koefisien difusi, sifat fisik*

I. PENDAHULUAN

Kacang merah atau kacang jogo (kacang buncis tipe tegak) termasuk famili Leguminosa genus Phaseolus, dan spesies Vulgaris (Rachmawan, 2001). Kacang merah merupakan tanaman semak yang tegak dan ada yang merambat. Tinggi tanaman kacang merah sekitar 3,5 – 4,5 meter, warna biji bertotol-totol merah tua dan buahnya berbentuk polong memanjang, sedikit lebih panjang dibandingkan buncis. Jumlah biji kacang merah sekitar 2-3 biji dalam satu polongnya (Zebua, 2009).

Kacang merah kering merupakan sumber protein nabati, karbohidrat kompleks, serat, vitamin B, tiamin, kalsium, fosfor, dan zat besi. Kacang merah memiliki kandungan lemak dan natrium yang sangat rendah, mengandung sedikit lemak jenuh, serta bebas kolesterol. Khasiat kacang merah tersebut dapat diperoleh secara sempurna dengan cara pengolahan terlebih dahulu, yaitu dengan perebusan dan perendaman. Perebusan dan perendaman tersebut perlu dilakukan untuk menghilangkan kemampuan kacang merah memproduksi gas dalam usus yang dapat menyebabkan perut kembung (Anonim, 2010).

Masuknya air ke dalam biji-bijian hingga mencapai titik jenuh pada proses perendaman membutuhkan waktu yang cukup lama (Engels dkk., 1986 dalam Kashaninejad dkk, 2009). Perendaman biji-bijian pada suhu ruang dengan waktu yang lama dapat beresiko besar terkontaminasi mikroba dan dapat berpengaruh terhadap kualitas produk, misalnya warna, rasa, dan bau (Bello dkk., 2004). Metode umum yang digunakan untuk mempersingkat waktu perendaman yaitu metode perendaman dengan air hangat. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh suhu perendaman terhadap koefisien difusi air dan sifat fisik kacang merah.

II. BAHAN DAN METODE

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *water bath* (Tipe Digiterm 200 merek P selecta), timbangan analitik OHAUS (*Triple beam balance* 2610 g 5 lb 2oz), timbangan digital OHAUS (*Adventurer cap* 2010 g), *stopwatch*, oven listrik (Venticell), thermometer, cawan, *digital caliper*, gelas ukur, dan kertas tisu. Bahan yang digunakan dalam pengujian adalah biji kacang merah varietas lokal yang dibeli dari pasar tradisional di Bandar Lampung.

Sebelum dilakukan perendaman, kacang merah disortir untuk memperoleh sampel yang seragam, bebas kotoran dan kerusakan. Sebanyak 500 g kacang merah diambil untuk setiap perlakuan. Sebelum direndam, sebanyak 10 biji kacang merah diambil secara acak untuk menentukan kadar air awalnya dengan menggunakan metode gravimetri. Kadar air bahan dihitung dengan persamaan:

$$M_{(\%bb)} = \frac{W_0 - W_1}{W_0} \times 100 \% \dots \dots (1)$$

dan

$$M_{(\%bk)} = \frac{W_0 - W_1}{W_1} \times 100 \% \dots \dots (2)$$

dengan :

$M_{(\%bk)}$: kadar air basis kering (%)

$M_{(\%bb)}$: kadar air basis basah (%)

W_0 : berat awal kacang merah (g)

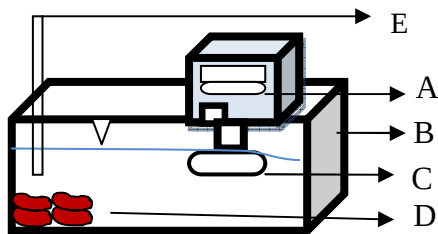
W_1 : berat kacang merah setelah dikeringkan (g)

Semua perlakuan di atas dilakukan tiga kali ulangan. Sisa sampel selanjutnya direndam dalam *water bath* yang suhunya diatur sesuai dengan desain rancangan. Desain rancangan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Variasi suhu dan waktu perendaman

Perlakuan	Suhu (°C)	Waktu (menit)	Interval waktu pengamatan (menit)
P ₁ (kontrol)	28	600	30
P ₂	35	500	25
P ₃	40	400	20
P ₄	45	300	15
P ₅	50	200	10

Setiap interval waktu pengamatan, sebanyak 10 biji kacang merah diambil dan diukur dimensi dan beratnya, setelah itu kacang merah tidak dikembalikan lagi ke dalam air perendaman. Semua perlakuan tersebut dilakukan tiga kali ulangan dan nilai reratanya digunakan sebagai data analisis. Posisi perendaman kacang merah dalam water bath dapat dilihat pada Gambar 1.



Keterangan :

A : Panel pengatur suhu

B : Tangki air

C : Heater dengan thermostat

D : Kacang merah

E : Thermometer

Gambar 1. Perendaman biji kacang merah di dalam water bath

Perubahan kadar air kacang merah dari hasil pengamatan selanjutnya digunakan untuk mendapatkan nilai koefisien pembasahan (k) dan kadar air setimbang (M_s) dengan cara metode kuadrat terkecil. Setelah mendapatkan nilai koefisien pembasahan dan kadar air setimbang, maka dapat digunakan untuk menghitung koefisien difusi (D) dengan menggunakan persamaan (3) berikut :

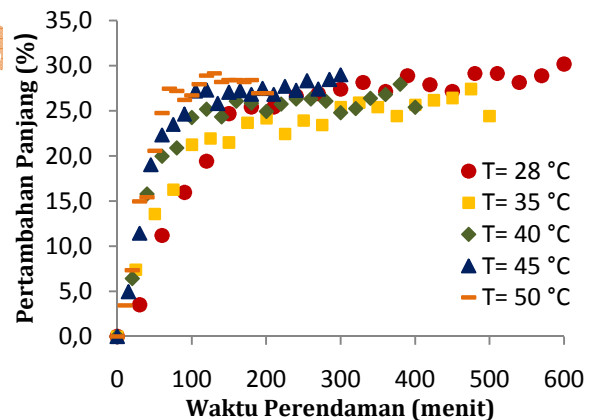
$$D = \frac{k^2 r^2}{4} \dots \dots (3)$$

Dimana r adalah jari-jari biji dan k adalah koefisien pembasahan.

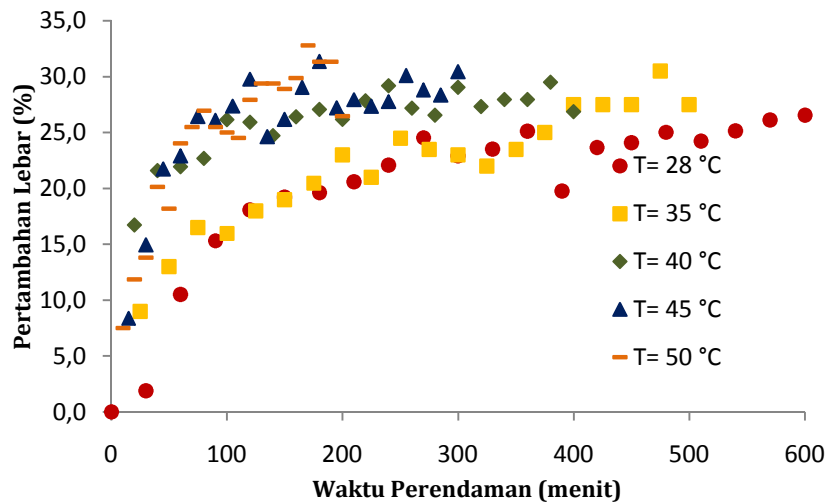
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pengaruh Suhu Perendaman Terhadap Perubahan Dimensi Kacang Merah

Data menunjukkan bahwa perendaman kacang merah mengakibatkan dimensi kacang merah (panjang, tinggi, dan lebar) menjadi lebih besar dan akhirnya mencapai dimensi maksimum. Perubahan dimensi tersebut dikarenakan masuknya air ke dalam kacang merah melalui proses difusi. Sebagaimana diketahui, kacang-kacangan mengandung banyak granula pati yang tersusun dari amilosa (berpilin) dan amilopektin (bercabang) (Harper, 1990 dalam Putra, 2008). Masuknya air ke dalam kacang merah dapat merusak kristalinitas amilosa dan merusak helix sehingga granula membengkak, sedangkan suhu yang panas dapat menyebabkan pembengkakan yang tinggi dan proses reaksi yang lebih cepat. Perubahan dimensi kacang merah selama perendaman pada berbagai suhu dapat dilihat pada Gambar 2, 3, dan 4.



Gambar 2. Grafik pertambahan panjang kacang merah selama perendaman pada suhu yang berbeda.

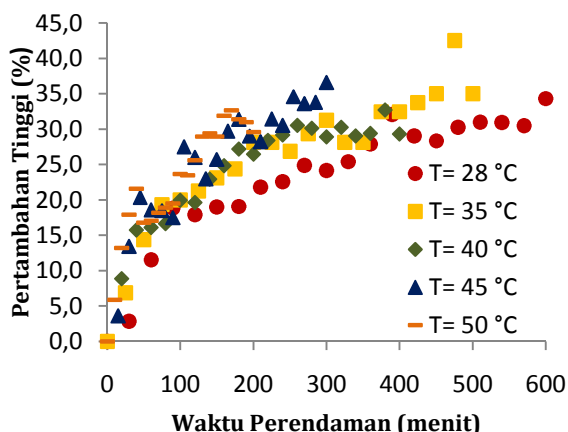


Gambar 3. Grafik pertambahan lebar kacang merah selama perendaman pada suhu yang berbeda.

Sebagaimana ditunjukkan Gambar 2, 3, dan 4, perubahan dimensi kacang merah pada menit-menit awal perendaman dengan suhu 28°C belum begitu terlihat, sedangkan di titik awal perendaman dengan suhu 35°C, 40°C, 45°C dan 50°C peningkatan dimensi tampak berubah signifikan. Hal tersebut dikarenakan saat menit ke-30 pada perendaman bersuhu 28°C bagian biji kacang merah belum sepenuhnya mengalami pengerutan kulit yang merupakan penghalang utama masuknya air ke dalam beberapa bagian sisi biji kacang merah.

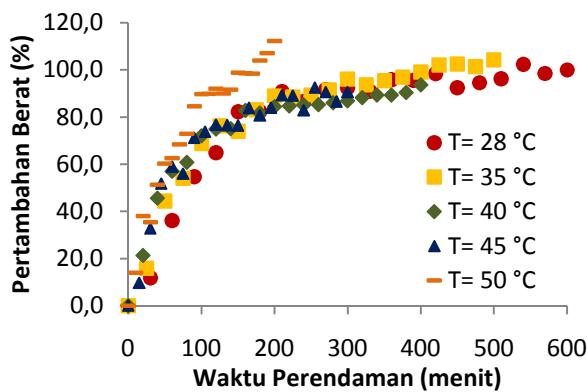
Semakin lama perendaman, perubahan dimensi kacang merah melambat hingga akhirnya tidak berubah lagi (jenuh atau mencapai kesetimbangan). Hal tersebut dipahami karena waktu perendaman yang semakin lama akan memberikan kesempatan yang lebih lama bagi air untuk masuk ke dalam seluruh bagian kacang merah hingga mencapai ukuran maksimumnya (Gambar 2, 3, dan 4).

3.2. Pengaruh Suhu Perendaman Terhadap Perubahan Berat Kacang Merah



Gambar 4. Grafik pertambahan tinggi kacang merah selama perendaman pada suhu yang berbeda.

Berdasarkan hasil pengamatan, selama proses perendaman menunjukkan bahwa berat bahan mengalami perubahan selama perendaman seiring dengan lama waktu perendaman yang digunakan. Perubahan berat kacang merah selama perendaman terhadap suhu yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 5. Gambar 5 menunjukkan bahwa berat kacang merah berubah dari waktu ke waktu. Berat kacang merah untuk semua suhu perendaman pada penelitian ini cenderung meningkat. Perubahan berat kacang merah tersebut terlihat signifikan pada awal pengamatan hingga menit ke 200.



Gambar 5. Grafik pengaruh suhu selama perendaman berat kacang merah

Suhu berpengaruh terhadap perubahan berat kacang merah, semakin tinggi suhu perendaman maka semakin cepat perubahan berat kacang merah. Namun demikian, pada semua suhu perendaman perubahan berat tersebut akan mengalami tingkat jenuh, dimana berat kacang merah tidak lagi berubah signifikan. Berat kacang merah setelah 200 menit perendaman sudah mulai mencapai titik kesetimbang.

Perubahan berat kacang merah diduga karena adanya air yang masuk ke dalam bahan. Masuknya air ke dalam bahan semakin tinggi dengan meningkatnya suhu, mengikuti persamaan Arrhenius. Selain suhu, masuknya air ke dalam bahan juga dikarenakan adanya perbedaan kadar air antara bahan dan air perendam. Perbedaan ini merupakan daya dorong (*driving force*) aliran air masuk ke dalam bahan. Semakin besar perbedaan, maka semakin besar pula daya dorong air masuk ke dalam bahan, mengikuti hukum Kesetimbangan massa. Massa akan berdifusi dari konsentrasi tinggi ke konsentrasi rendah hingga tercapai kesetimbangan (Gambar 5). Gambar 5 menunjukkan kondisi setimbang berat dicapai pada menit ke 200.

3.3. Pengaruh Suhu Perendaman Terhadap Perubahan Kadar Air dan Koefisien Difusi Kacang Merah

Peningkatan kadar air kacang merah digunakan untuk menghitung nilai koefisien difusi air. Pengaruh suhu terhadap koefisien difusi air kacang merah ditunjukkan pada Gambar 6. Gambar 6 menjelaskan bahwa adanya pengaruh suhu perendaman terhadap koefisien difusi air ke dalam kacang merah. Hubungan suhu terhadap nilai difusivitas dihitung berdasarkan persamaan Arrhenius sebagai berikut:

$$D = A e^{(-E/RT)} \dots\dots\dots (4)$$

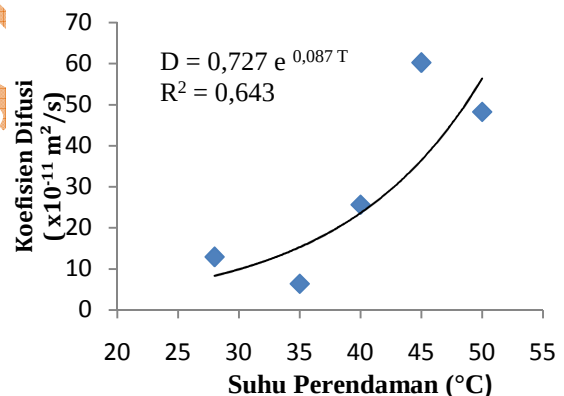
Dimana :

A = tetapan laju difusi

E = energi aktivasi dari transfer massa

R = konstanta gas ideal dan

T = suhu mutlak



Gambar 6. Grafik nilai koefisien difusi air perendaman kacang merah pada suhu yang berbeda

Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu perendaman, maka semakin cepat laju difusinya mengikuti persamaan eksponensial $D = 0,7272 e^{0,087T}$ dengan koefisien determinasi, $R^2 = 0,643$. Sesuai dengan hukum Arrhenius yang menyatakan bahwa laju reaksi sebanding dengan suhu reaksi (Levenspiel, 1999), dimana suhu reaksi semakin tinggi maka konstanta laju reaksi semakin besar, sehingga laju difusi air ke dalam bahan semakin besar.

Tabel 2. Nilai koefisien difusi air di dalam biji kacang merah pada suhu yang berbeda

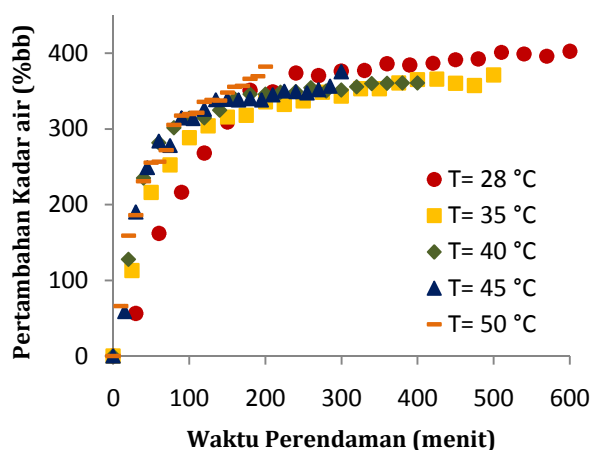
Suhu perendaman (°C)	Konstanta pembasahan (k) (1/s)	Nilai koefisien difusi ($\times 10^{-11} \text{ m}^2/\text{s}$)
28	0,00733	12,91
35	0,00517	6,42
40	0,01033	25,64
45	0,01583	60,20
50	0,01417	48,24

Tabel 2 menunjukkan peningkatan koefisien difusi air perendaman kacang merah. Peningkatan koefisien difusi air yang cukup signifikan adalah pada perendaman dengan suhu 40 °C, yaitu meningkat dari $12,91 \times 10^{-11} \text{ m}^2/\text{s}$ menjadi $25,64 \times 10^{-11} \text{ m}^2/\text{s}$. Kenaikan koefisien difusi air yang lebih besar terjadi pada perendaman kacang merah dengan suhu 45 °C dan 50 °C yaitu dari $12,91 \times 10^{-11} \text{ m}^2/\text{s}$ hingga $60,20 \times 10^{-11} \text{ m}^2/\text{s}$ dan $48,24 \times 10^{-11} \text{ m}^2/\text{s}$. Nilai koefisien difusi kacang merah dalam penelitian ini lebih rendah dibandingkan dengan nilai koefisien difusi kacang kedelai pada suhu ruang. Deshpande dkk., (1994) dalam Seyhan-Gurtas dkk., (2001) melaporkan bahwa nilai koefisien difusi kacang kedelai pada suhu ruang adalah $215 \times 10^{-11} \text{ m}^2/\text{s}$, sedangkan pada penelitian ini nilai koefisien difusi kacang merah pada suhu ruang adalah $12,91 \times 10^{-11} \text{ m}^2/\text{s}$. Nilai koefisien difusi yang berbeda dipengaruhi oleh permeabilitas kulit dan kandungan kimia dari masing-masing jenis kacang tersebut.

Menurut Pranoto dkk. (1990) dalam Anita (2009), sebagian besar biji famili *Leguminosae* atau polongan merupakan biji berkulit keras yang impermeabel terhadap air. Lipid, tanin, atau pektat yang terkandung dalam kulit biji dapat memperlambat penyerapan air. Penyerapan air dapat ditingkatkan dengan cara merendam biji dalam air panas untuk menghilangkan senyawa-senyawa penghambat masuknya air ke dalam biji. Umumnya biji berkarbohidrat tinggi kemampuan menyerap airnya lebih rendah dibandingkan biji yang berprotein tinggi.

Hasil penelitian ini sesuai dengan Kashaninejad dkk. (2009) tentang pemodelan rendaman gandum, dimana tingkat penyerapan air lebih tinggi pada suhu yang lebih tinggi. Penerapan suhu yang lebih tinggi dengan demikian memiliki potensi untuk mempersingkat waktu perendaman yang diperlukan untuk mencapai kadar air tertentu.

Faktor yang mempengaruhi nilai difusivitas diantaranya adalah suhu dan kadar air bahan (Mujumdar, 2004 dalam Marlinda, 2012). Semakin tinggi difusivitas air maka semakin mudah melewati air (masuk/keluar). Difusivitas air yang tinggi pada proses perendaman kacang merah mengakibatkan kadar air kacang merah akan semakin tinggi, sehingga dapat berpengaruh pada pertambahan berat dan dimensi. Peningkatan kadar air kacang merah selama perendaman dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Pengaruh suhu selama perendaman terhadap kadar air kacang merah

Meskipun kadar air meningkat terus dari waktu ke waktu, data hasil pengamatan menunjukkan beberapa fenomena yang menarik. Selama ± 120 menit pertama, kandungan air meningkat tajam. Antara 120 menit hingga ± 240 menit, tingkat kenaikan kadar air kurang lebih seragam, tergantung pada suhu perendaman. Perendaman lebih dari 240 menit, tingkat kenaikan menurun dan kadar air akhirnya mencapai konstan.

Cepatnya air terserap dalam biji kacang merah pada awal perendaman dikarenakan konsentrasi air di dalam kacang merah masih rendah dibandingkan konsentrasi air perendam, sehingga daya dorong air perendaman masuk ke dalam kacang merah lebih cepat. Laju air terserap masuk ke dalam kacang merah yang semakin lama semakin rendah, dikarenakan konsentrasi di dalam kacang merah semakin lama semakin besar, yaitu kadar air pada waktu t (Mt) semakin lama semakin besar dan semakin mendekati kadar air kesetimbangan (M_s) sehingga laju penyerapan menjadi semakin lambat.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1. Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah :

1. Suhu mempengaruhi koefisien difusi massa air ke dalam kacang merah. Semakin tinggi suhu perendaman, maka semakin cepat laju difusinya mengikuti persamaan eksponensial $D = 0,7272e^{0,087 T}$ dengan koefisien determinasi, $R^2 = 0,643$.
2. Terjadi perubahan fisik pada kacang merah selama perendaman, yaitu dimensi kacang merah yang membesar hingga mencapai dimensi maksimum. Suhu air perendaman kacang merah yang semakin tinggi mengakibatkan perubahan dimensinya semakin cepat.

4.2. Saran

Saran dari penelitian ini adalah perlu diadakannya penelitian lanjutan untuk mengetahui sifat mekanik, seperti kekerasan yang terjadi pada kacang merah selama perendaman dengan suhu yang berbeda. Dengan demikian akan diketahui lama waktu optimum untuk perendaman yang diperlukan untuk melunakkan kacang merah pada suhu tertentu untuk tujuan tertentu.

DAFTAR PUSTAKA

- Anita, S. 2009. Studi Sifat Fisiko-Kimia, Sifat Fungsional Karbohidrat, dan Aktivitas Antioksidan Tepung Kecambah Kacang Komak (*lablab purpureus* (L.) Sweet). (Skripsi). Institut Pertanian Bogor. Bogor. <http://repository.ipb.ac.id/bitstream/handle/123456789/20444/F09san.pdf>. Diakses pada tanggal 28 Februari 2013.
- Anonim. 2010. Kesehatan. http://ademuachi.student.umm.ac.id/download-as-pdf/umm_blog_article_11.pdf. Diakses pada tanggal 24 juli 2012.
- Bello, M., M.P. Tolaba, dan C. Suarez. 2004. Factors affecting water uptake of rice grain during soaking. *Lebensmittel-Wissenschaft und -Technologie* 37, 811–816.
- Holman, J.P. 1997. *Perpindahan Kalor*. Erlangga. Jakarta. 617 hlm.
- Kashaninejad. M, A.A., Dehghani, M., dan Kashiri. 2009. Modeling of wheat soaking using two artificial neural networks (MLP and RBF). *Journal of Food Engineering* 91: 602–607.
- Levenspiel, O. 1999. *Chemical Reaction Engineering*. 3rd ed. John Wiley and Sons. New York.
- Marlinda, R. 2012. Pengaruh Perlakuan Ultrasonik Terhadap Laju Difusivitas Air dan Kerenyahan Pisang Kepok (*Musa paradisiaca* F.). (Skripsi). Universitas Lampung. Bandar Lampung. 65 hlm.
- Putra, S. N. 2008. Optimalisasi Formula dan Proses Pembuatan Mi Jagung dengan Metode Kalendering. (Skripsi). Institut Pertanian Bogor. Bogor. <http://repository.ipb.ac.id/bitstream/handle/123456789/13787/F08snp.pdf?sequence=2>. Diakses pada tanggal 18 Desember 2012.

Rachmawan, O. 2001. *Komoditas Pertanian Sebagai Sumber Gizi*. Modul dasar bidang keahlian. Departemen Pendidikan Nasional, Proyek Pengembangan Sistem dan standar Pengelolaan SMK, Direktorat Pendidikan Menengah Kejuruan. Jakarta.

http://mirror.kioss.undip.ac.id/pustaka-bebas/pendidikan/materi-kejuruan/pertanian/pengendalian-mutu/komoditas_pertanian_sebagai_sumber_gizi.pdf. Diakses pada tanggal 13 Februari 2013.

Seyhan-Gurtas, F., M. Mehmet dan E. O. Evranuz. 2001. Water diffusion coefficients of selected legumes grown in turkey as affected by temperature and variety. *Turk J Agric For* 25 (2001) 297-304.

Zebua, A.M. 2009. *Pemanfaatan Nata Pati Kacang Merah (Vigna sinensis) Hasil Isolasi Sebagai Matriks Teofilin*. Skripsi, Program Sarjana Farmasi, Fakultas Farmasi, Universitas Sumatera Utara. Medan.

<http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/14436/1/09E00751.pdf>. Diakses pada tanggal 13 Februari 2013