

PENENTUAN LAJU KERUSAKAN MINYAK DAN BAWANG PUTIH
KERING DALAM OPERASI PENGGORENGAN HAMPA
(TINJAUAN ASPEK TEKNIS)

*Determination of Oil and Garlic Chips Deterioration Rate
during Vacuum Frying (Study on Engineering Aspect)*

Kurniawan Yuniarto^{1*}, Joko Sumarsono¹, Sri Maryati², dan Ahmad Alamsyah³

¹Program Studi Teknik Pertanian-Fakultas Pertanian-Universitas Mataram

²Jurusan Sosial Ekonomi-Fakultas Pertanian-Universitas Mataram

³Program Studi Teknologi Hasil Pertanian-Fakultas Pertanian-Universitas Mataram

Penulis Korespondensi: email foodengineering@yahoo.co.id

ABSTRACT

Garlic was fried continually with vacuum frying equipment using temperature 85°C and ratio of garlic to oil of 1/10 (w/v) for 15 hours. Frying time was 75 minutes for each with final yield of garlic chips was 0.35, final moisture content of 4.2%, and final oil content of 32.6%. Physical and chemical characteristics for oil and garlic chip deterioration based on alysin content showed that the alysin content of garlic chips was 1.99-2.65 times fresh garlic with decrease constant was 0.04 hour⁻¹. Free fatty acids formation was 0.0184% hour⁻¹ with free fatty acids range 0.029-0.058%. It was below standard value of free fatty acid i.e. 0.5%. Peroxide value formation was -0.11 meq kg⁻¹ hour⁻¹ with peroxide value ranged 9.5514-10.6642 meq kg⁻¹. It was also below standard value of 50 meq kg⁻¹. Carotene deterioration was 0.0184% hour⁻¹ with its content ranged 0.029-0.058%, that still below standard value 0.5%. Fatty acids formation was 0.0184 % hour⁻¹ with carotene range between 6.05-11.44% per 100 gram. Frying oil lightness value ranged 46.6-48.5, redness value ranged 16.7-18.8, and yellowness value ranged 20.0-24.6. Lightness decreased with decreasing rate constant of 0.036 hour⁻¹, redness 0.013 hour⁻¹, and yellowness 0.17 hour⁻¹. Garlic chip lightness value ranged 56.0-58.1, redness value ranged 20.9-27.5. and yellowness value ranged 29.9-32.1. Lightness of garlic chip decreased with rate constant of 0.017x² + 0.218x, redness of 0.023x² - 0.331x, yellowness of -0.083x² + 1.2x. Correlation between peroxide deterioration of oil to garlic chips was 0.65, correlation between free fatty acid deterioration of oil to garlic chip was -0.78, correlation between lightness of oil to garlic chip was -0.75, correlation between redness of oil to garlic chip was -0.89, and correlation between yellowness of oil to garlic chip was -0.68. This result showed that oil life cycle was 150 hours.

Keywords: vacuum frying, garlic chip, deterioration rate, carotene, alysin, correlation

PENDAHULUAN

Penggorengan merupakan salah satu proses olahan pangan yang populer. Ketika bahan pangan digoreng menggunakan minyak goreng panas, banyak reaksi kompleks terjadi di dalam minyak dan pada saat itu minyak akan mengalami kerusakan (Vijayan *et al.*, 1996). Penggorengan dapat didefinisikan seba-

gai proses pemasakan dan pengeringan produk dengan media panas berupa minyak sebagai media pindah panas. Penggorengan dari segi ilmiah sangat sulit karena terjadi perpindahan panas dan massa secara simultan (Pinthus *et al.*, 1997).

Selama penggorengan akan terjadi gelatinisasi pati, pelunakan jaringan dan sebagian enzim inaktif (Moreira, 1999).

Pada penggorengan sistem celup bahan dikelilingi oleh minyak goreng dengan urutan perilaku sebagai berikut: 1) air yang terletak di permukaan bahan akan membentuk uap; 2) suhu minyak turun; 3) panas yang diberikan menimbulkan reaksi dari komponen bahan dan minyak; 4) pengeringan di permukaan bahan dan penyerapan minyak diikuti pembentukan aroma dan tekstur (Rossell, 2001).

Kualitas produk yang digoreng sangat dipengaruhi oleh kualitas minyak yang digunakan dan jenis produk yang akan digoreng. Parameter yang diukur untuk mengontrol kualitas produk penggorengan adalah sifat-sifat alamiah yang menjadi ciri khas dari produk tersebut. Berbagai parameter yang diukur seperti kadar air, warna, kandungan minyak, aroma, tekstur, rendemen, nilai gizi dan umur simpan (Moreira *et al.*, 1999).

Selama penggorengan minyak dalam kondisi suhu tinggi, adanya udara dan air yang terkandung oleh bahan menyebabkan minyak mengalami kerusakan. Adanya interaksi antara produk dan minyak menyebabkan terjadinya reaksi yang sangat kompleks, akan terbentuk senyawa volatil maupun non volatil yang akan memberikan tanda bahwa minyak telah rusak (Moreira *et al.*, 1999).

Kerusakan minyak dalam penggorengan dibagi dalam 3 (tiga) kategori yaitu hidrolisis, pirolisis, dan oksidasi. Bentuk kerusakan fisik-kimia yang sering diamati adalah titik asap, kekentalan, warna, pembuihan, ketengikan, angka penyabunan, dan angka asam. Kerusakan minyak yang berlanjut dan melewati angka yang ditetapkan akan menyebabkan menurunnya efisiensi penggorengan dan kualitas produk akhir (Blumenthal and Stier, 1991).

Sistem penggorengan hampa dengan melakukan pengendalian tekanan di dalam ruang penggorengan memungkinkan pengendalian suhu penggorengan di bawah suhu pendidihan air dalam tekanan udara normal. Minyak goreng sebagai media pindah panas dapat diperlambat kerusakannya dan dapat dilakukan beru-

lang karena suhu operasi penggorengan rendah sebesar 85°C (Lastriyanto, 1998).

Penggunaan mesin penggoreng hampa sistem *water-jet* dalam pembuatan keripik pepaya dengan suhu penggorengan 85°C dapat mempertahankan nilai mutu fisik kimia bahan. Kandungan air dari keripik pepaya berkisar antara 3-5%, total karoten 1583 µg/100 g dari total karoten pepaya segar 2040 µg/100 g (Pandoyo, 2001). Pada penggorengan bawang pada suhu 90°C, kadar air bawang putih kering berkisar antara 3,5-5,3%, sedangkan untuk tingkat kecerahan di bawah skala L*, Hunter *coloreader* (Yuniarto, 2005).

Penentuan kondisi operasi optimum dalam penggorengan bawang putih menggunakan mesin penggoreng hampa akan sangat penting dalam upaya implementasi ketahanan pangan. Heldman and Lund (1992) menyatakan bahwa kinetika kimia mencakup tentang pemahaman akan laju reaksi kimia yang berkelanjutan dalam proses pengolahan pangan sebagai upaya untuk optimalisasi atau maksimalisasi kualitas pangan selama pengolahan pangan sampai penyimpanan. Pendekatan yang umumnya dilakukan untuk melaporkan laju reaksi adalah dengan mengukur konsentrasi reaktan atau produk sebagai fungsi waktu.

Penelitian ini dilakukan dengan penggorengan bawang putih secara hampa dengan variabel suhu, massa umpan, dan waktu penggorengan. Penentuan nilai laju kerusakan sifat fisik-kimia minyak goreng, bawang putih kering dan korelasi kerusakan minyak terhadap bawang putih kering ditentukan dengan pendekatan kinetis.

BAHAN DAN METODE

Pelaksanaan penelitian dimulai dari bulan Mei-Oktobre tahun 2009. Tempat pelaksanaan kegiatan penelitian adalah di Laboratorium Mekanisasi Pertanian, Program Studi Teknik Pertanian-Universitas Mataram, Laboratorium Pengo-

lahan Pangan, Jurusan Ilmu dan Teknologi Pangan – Universitas Brawijaya – Malang, Chemix Pratama Yogyakarta dan Laboratorium Terpadu Universitas Gadjah Mada.

Bahan dan Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian meliputi peralatan proses dan peralatan analisis. Peralatan proses meliputi *vacuum frying water jet system laboratory scale*, timbangan, *spinner*, *sealer*, dan perajang tipe horizontal. Peralatan untuk analisis meliputi *color reader* minolta CR10, spektrofotometer, micropipet, kuvet, stirrer, pendingin balik, labu soxlet, gelas piala, erlenmeyer, pipet volume, labu ukur, dan kolom kromatografi.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian terdiri atas bahan proses dan bahan analisis. Bahan proses meliputi bawang putih varietas lokal yang dibeli dari pasar Kebon Roe, minyak sawit dengan merk Filma, kemasan *hybrid* (aluminium foil dan plastik PP), gas elpiji. Bahan untuk analisis adalah petroleum eter, etanol absolut, feri tiosulfat, KOH, NaOH, HCl, indikator PP, natrium tiosianat, asam oksalat.

Pelaksanaan Penelitian

Variabel penelitian yang digunakan adalah suhu pengorengan 85°C, massa bawang putih minyak goreng (1:10). Bahan digoreng dengan *vacuum frying* secara kontinyu sebanyak 15 kali pengorengan. Pengambilan sampel dibagi menjadi 2 (dua) yaitu minyak goreng dan bawang putih. Sampel diambil pada pengorengan jam ke-1, ke-4, ke-9, ke-13 dan ke-15. Sampel yang diambil dianalisis kadar asam lemak bebas, angka peroksida, warna, kandungan lemak (khusus untuk bawang putih), asam-asam organik (alisin) yang dideteksi menggunakan *thin layer kromatografi*.

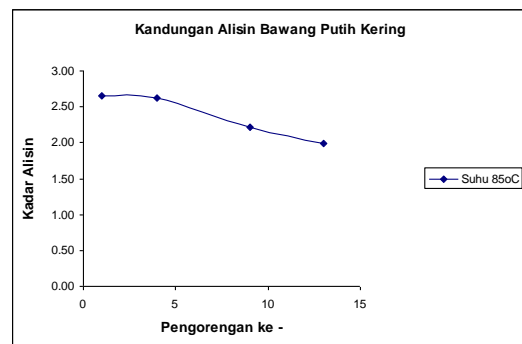
Analisis asam lemak bebas menggunakan titrasi standar AOAC (1985) dalam Sudarmadji (1996). Analisis angka peroksida menggunakan metode

spektrofotometri Osawa dan Namiki (1983) pada panjang gelombang 510 nm. Beta-karoten dianalisis menggunakan metode spektrofotometri pada panjang gelombang antara 430-480 nm. Warna dianalisis menggunakan *hunter-color reader* Minolta CR10. Indeks warna yang diukur adalah indeks kecerahan, kemerahan, dan kekuningan. Data yang diperoleh dianalisis dengan perhitungan menggunakan Microsoft Excel 2007 baik untuk grafik maupun hasil penghitungan nilai kinetika terhadap sifat fisik-kimia minyak goreng dan bawang putih kering.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Alisin

Alisin di dalam bawang putih memberikan citarasa panas karena adanya gugus disulfida. metode analisis alisin pada bawang putih kering dengan menggunakan metode *thin layer chromatography*. Hasil analisis alisin pada bawang putih kering diperbandingkan dengan kadar alisin bawang putih segar dalam bentuk indeks kelipatan, kandungan alisin bawang putih kering ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik kandungan alisin bawang putih kering

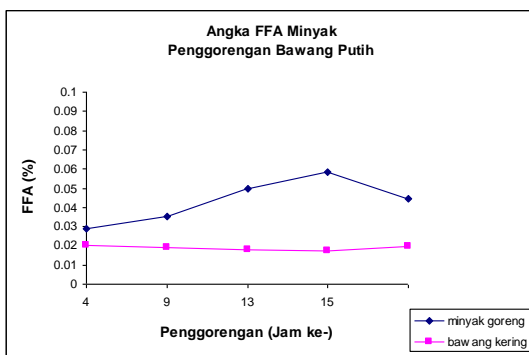
Kandungan alisin bawang putih kering berkisar antara 1,99-2,65 kali alisin bawang putih segar. Kandungan alisin pada bawang putih kering lebih tinggi dibandingkan dari bawang putih segar karena terjadinya pengkonsentrasian alisin dalam berat kering. Hasil pengujian kadar air dari bawang putih kering me-

memiliki rata-rata nilai kadar air akhir kurang dari 5%.

Penurunan alisin bawang putih kering dalam hubungannya dengan lama penggorengan mengikuti pola ordo nol. Hal ini menunjukkan bahwa kerusakan alisin bawang putih oleh panas minyak selama penggorengan linier terhadap waktu. Nilai laju kerusakan alisin selama penggorengan bawang putih kering dalam suhu 85°C, nisbah bawang putih terhadap volume minyak (1/10) sebesar 0,04 jam⁻¹.

Kadar Asam Lemak Bebas

Hasil analisis nilai asam lemak bebas minyak segar adalah 0.08 %, sedangkan perubahan asam lemak bebasa selama penggorengan baik untuk minyak goreng maupun bawang putih kering ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik asam lemak bebas minyak goreng dan bawang putih kering

Nilai asam lemak bebas yang dikandung bawang putih kering selama penggorengan memiliki nilai lebih rendah dibandingkan dengan asam lemak bebas minyak goreng. Hal ini disebabkan asam lemak bebas pada bawang putih kering lebih banyak terukur sebagai asam lemak bebas dari minyak yang diserap oleh bawang putih selama proses penggorengan berlangsung.

Selama penggorengan berlangsung akan terjadi migrasi air keluar dari bahan sehingga kantung-kantung pori bawang putih yang sebelumnya diisi oleh air akan kosong. Selanjutnya minyak akan mengisi kantung-kantung pori pada ba-

wang putih. Kadar minyak rata-rata yang dikandung oleh bawang putih kering berkisar antara 28–36% (Yuniarto, 2008).

Kadar asam lemak bebas minyak goreng yang digunakan sebagai media penggorengan bawang putih akan meningkat sejalan dengan waktu penggorengan. Hal ini erat kaitannya dengan hidrolisis minyak secara alamiah pada saat proses penggorengan berlangsung, dimana air dari bawang putih akan kontak dengan minyak dalam kondisi suhu 85°C.

Kontak secara alamiah dalam waktu yang cukup lama akan menyebabkan molekul trigliserida dari minyak goreng yang bersifat tidak jenuh akan terdekomposisi membentuk asam lemak bebas dan terakumulasi. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Yuniarto (2006), selama penggorengan akan terjadi peningkatan asam lemak bebas pada komoditas kentang yang digoreng secara vakum meskipun nilai asam lemak bebas memiliki tren meningkat secara siklik.

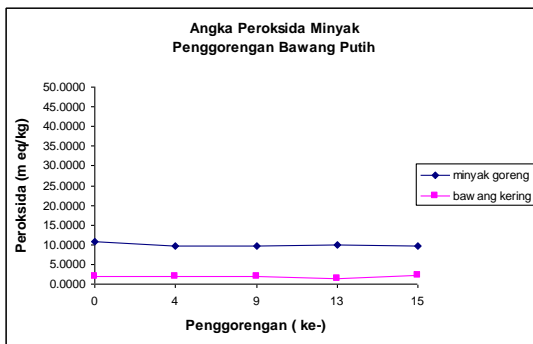
Pendekatan kerusakan minyak dalam parameter asam lemak bebas paling dekat secara kinetik menggunakan model matematis dengan berderajat nol karena pola siklik yang teratur dalam bentuk linier. Nilai asam lemak bebas tertinggi pada penggorengan bawang putih sebesar 0,058% yang terjadi pada penggorengan ke-13 atau sebanding dengan penggorengan menit ke-900. Nilai asam lemak bebas tertinggi yang dihasilkan selama penggorengan bawang putih menggunakan metode vakum masih di bawah standar ketetapan penggunaan minyak goreng secara berulang yaitu 0,5% (Yuniarto, 2004).

Konstanta laju pembentukan asam lemak bebas selama penggorengan bawang putih dengan menggunakan metode hampa adalah 0,0184 (% jam⁻¹) dengan konstanta 0,0281. Umur minyak dengan mengacu kandungan asam lemak bebas sebagai mutu kritis akan dicapai setelah penggorengan selama 150 jam. Korelasi pembentukan asam lemak bebas pada

minyak terhadap kadar asam lemak bebas bawang putih kering sebesar 0,78.

Angka Peroksida

Nilai peroksida minyak pada penggorengan jam ke -0 adalah 10,64 mek kg⁻¹ minyak, sedangkan untuk bawang putih 1,92 mek kg⁻¹ minyak. Perubahan angka peroksida selama penggorengan baik untuk minyak goreng maupun bawang putih kering ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik angka peroksida minyak goreng dan bawang putih kering

Pola perubahan nilai peroksida minyak dan bawang putih kering dalam proses penggorengan hampa memiliki tren sama, yaitu berbentuk siklik linier pada kisaran angka antara 9,55-10,64 mek kg⁻¹ untuk minyak goreng dan kisaran angka antara 1,44-2,28 mek kg⁻¹ minyak dalam bawang putih kering.

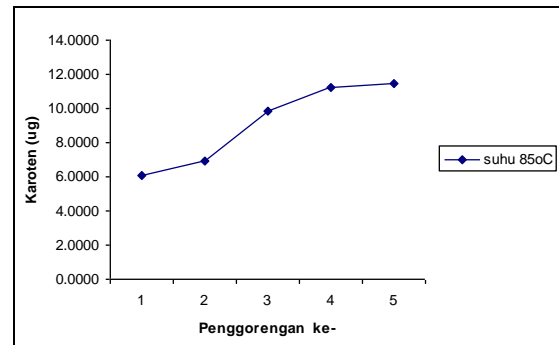
Penggorengan bawang putih kering dalam tekanan hampa pada angka 6 cmHg absolut menunjukkan bahwa di dalam ruang penggorengan tekanan parsial oksigen sebesar 0,017 atm, adalah 0,72 liter. Hal ini berbeda dengan penggorengan biasa secara atmosfer 17,8 liter. Akibatnya pembentukan peroksida dapat turun sebesar 24,7 kali. Hal ini yang menjadi dasar kestabilan minyak dari kerusakan oksidatif minyak selama penggorengan bawang putih dengan penggoreng hampa katalis oksigen menjadi sangat minim.

Secara perhitungan terhadap laju pembentukan didapatkan laju kinetika pembentukan peroksida sebesar -0,11

mek kg⁻¹ jam⁻¹ pada nilai konstanta 10,32, sedangkan untuk bawang putih sebesar 0,005 mek kg⁻¹jam⁻¹ pada nilai konstanta 1,89. Parameter peroksida minyak sulit terdeteksi nilai laju kinetik terhadap kerusakannya di dalam minyak, karena ketidakstabilan antara pembentukan dengan penguraian yang cenderung tidak berbeda nilainya. Hal ini juga terjadi pada proses pengukuran angka peroksida dalam minyak dalam penggorengan kentang secara hampa (Yuniarto, 2006).

Beta-karoten

Hasil analisis beta-karoten minyak goreng dalam penggorengan bawang putih secara hampa berkisar antara 6.05-11,44 µg/100g bawang putih kering. Nilai beta-karoten minyak dalam penggorengan bawang putih secara hampa ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik beta-karoten minyak goreng proses penggorengan hampa

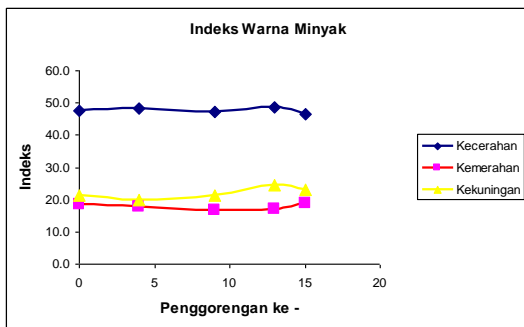
Komponen pigmen yang dikandung oleh bawang putih berupa beta-karoten dapat larut minyak karena beta-karoten identik dengan pro vitamin A yang memiliki sifat dapat larut di dalam pelarut berupa minyak. Hal ini yang menyebabkan semakin lama penggorengan akan terjadi pigmentasi di dalam minyak goreng yang ditunjukkan terjadinya peningkatan indeks kekuningan dari minyak dengan lama penggorengan yang semakin panjang. Hasil kajian Fadilah (2001) pada penggorengan hampa untuk bahan pepaya secara kontinyu menunjukkan peningkatan total karoten dan indeks

warna minyak terutama indeks kemerahan dan kekuningan karena adanya ekstraksi total karoten di dalam minyak secara kontinyu.

Meskipun karoten didalam minyak memiliki kerentanan rusak akibat oksidasi tetapi dengan pengkondisian hampa dan suhu kontak minyak dalam kisaran 85°C tidak menimbulkan autooksidasi karoten. Hasil penghitungan terhadap laju kinetika pembentukan karoten sebesar 1,21 µg/ 100g dengan konstanta 4,57.

Warna Minyak

Indeks warna minyak yang diukur adalah indeks kecerahan, kemerahan dan kekuningan. Nilai indeks kecerahan minyak goreng berkisar antara 46,6-48,5, kemerahan berkisar antara 16,7-18,8 dan kekuningan berkisar antara 20,0-24,6. Nilai indeks warna minyak goreng selama penggorengan dengan parameter kecerahan, kemerahan dan kekuningan ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik indeks warna minyak goreng selama proses penggorengan

Indeks kecerahan minyak goreng pada penggorengan bawang putih secara hampa memiliki pola siklik yang cenderung linier dengan perbedaan secara statistik tidak menunjukkan secara nyata dengan nilai keceahan minyak tertinggi 48,5 dan laju penyusutan kecerahan minyak goreng dalam penggorengan bawang putih sebesar 0,036 per jam.

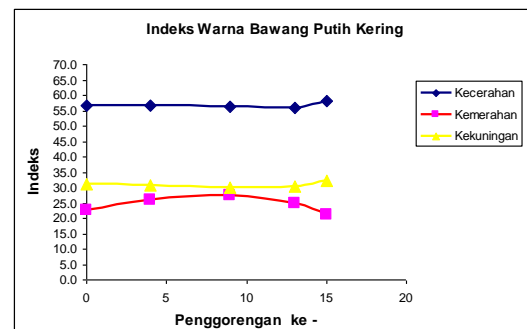
Indeks kemerahan minyak goreng pada penggoreng bawang putih secara hampa memiliki pola linier meskipun masih bersifat siklik. Nilai kemerahan

minyak tertinggi 18,8 dan laju penyusutan kemerahan minyak goreng dalam penggorengan bawang putih sebesar 0,013 per jam.

Indeks kekuningan minyak goreng pada penggoreng bawang putih secara hampa memiliki pola linier meskipun bersifat siklik dalam rentang yang lebih panjang. Nilai kemerahan minyak tertinggi 18,8 dan laju penyusutan kekuningan minyak goreng dalam penggorengan bawang putih sebesar 0,17 per jam. Laju pembentukan indeks warna kuning minyak goreng yang signifikan pada indeks kekuningan banyak dipengaruhi dari pigmen beta-karoten yang selama penggorengan akan terjadi ekstraksi pigmen oleh minyak.

Warna Bawang Putih

Nilai indeks kecerahan bawang putih kering berkisar antara 56.0 - 58.1, kemerahan berkisar antara 20.9 -27.5 dan kekuningan berkisar antara 29.9 - 32.1. Nilai indeks bawang putih kering selama penggorengan dengan parameter kecerahan, kemerahan dan kekuningan ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Grafik indeks warna bawang putih kering hasil penggorengan

Indeks kecerahan bawang putih kering lebih dominan dibandingkan dengan indeks kemerahan dan kekuningan. Hal ini menunjukkan bahwa bawang putih kering yang dihasilkan dari proses penggorengan hampa tidak mengalami perubahan warna dibandingkan bawang putih segar yaitu indeks kecerahan rata-rata 65.

Indeks warna kuning dan merah lebih rendah nilainya karena dominasi warna kuning dan merah dari bawang putih kering dihasilkan dari pancaran karoten yang secara alamiah dikandung oleh bawang putih. Selama penggorengan akan terjadi serapan karoten total (merah dan kuning) ke dalam minyak sehingga cenderung ada penurunan indeks merah dan kuning.

Indeks kecerahan, kemerahan dan kekuningan dari data yang diperoleh memiliki pola siklik terutama untuk indeks kemerahan yang lebih bersifat kuadrat. Nilai laju penyusutan indeks kecerahan bawang putih kering adalah $0,017x^2 + 0,218x$, indeks kemerahan $0,023x^2 - 0,331x$, indeks kekuningan $-0,083x^2 + 1,2x$.

Indeks kemerahan minyak goreng pada penggoreng bawang putih secara hampa memiliki pola linier meskipun masih bersifat siklik. Nilai kemerahan minyak tertinggi 18,8 dan laju penyusutan kemerahan minyak goreng dalam penggorengan bawang putih sebesar 0,013 per jam.

KESIMPULAN

Lama penggorengan bawang putih untuk nisbah 1 : 10 (kg/liter) selama 75 menit. Alisin bawang putih kering berkisar antara 1,99-2,65 kali bawang putih segar dengan laju susut alisin sebesar $0,04 \text{ jam}^{-1}$. Laju pembentukan asam lemak bebas sebesar $0,018\% \text{ jam}^{-1}$, dengan angka asam lemak bebas minyak goreng berkisar antar 0,029-0,058% masih jauh dibawah batas ambang kerusakan yaitu 0,5%.

Laju pembentukan angka peroksida sebesar $-0,11 \text{ mek kg}^{-1}\text{jam}^{-1}$ minyak, dengan angka peroksida minyak goreng berkisar antar 9,55-10,64 mek kg^{-1} minyak masih jauh dibawah batas ambang kerusakan yaitu 50 mek kg^{-1} minyak. Laju kinetika pembentukan karoten sebesar $1,21 \mu\text{g jam}^{-1}$ dengan kisaran beta karoten antara antara 6,05 - 11,44 $\mu\text{g}/100 \text{ g}$.

Nilai indeks kecerahan minyak goreng berkisar antara 46,6-48,5, kemerahan berkisar antara 16,7-18,8 dan kekuningan berkisar antara 20,0-24,6. Laju penyusutan kecerahan $0,036 \text{ jam}^{-1}$, kemerahan $0,013 \text{ jam}^{-1}$ dan kekuningan $0,17 \text{ jam}^{-1}$.

Nilai indeks kecerahan bawang putih kering berkisar antara 56,0-58,1, kemerahan berkisar antara 20,9-27,5 dan kekuningan berkisar antara 29,9-32,1. Nilai laju penyusutan indeks kecerahan bawang putih kering adalah $0,017x^2 + 0,218x$, indeks kemerahan $0,023x^2 - 0,331x$, indeks kekuningan $-0,083x^2 + 1,2x$.

Umur pakai minyak dengan berdasarkan kadar asam lemak bebas adalah 150 jam. Korelasi angka peroksida minyak terhadap peroksida bawang putih kering sebesar 0,65, angka asam lemak bebas minyak terhadap angka asam lemak bebas bawang putih kering sebesar -0,78, kecerahan minyak terhadap kecerahan bawang putih kering sebesar -0,75, kecerahan minyak terhadap kecerahan bawang putih kering sebesar -0,89, kecerahan minyak terhadap kecerahan bawang putih kering sebesar -0,68.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada DP2M Dikti Depdiknas atas dukungan dalam pembiayaan Penelitian Hibah Bersaing tahun 2009, teknisi, dan staf pengajar Jurusan Teknologi Pertanian, Universitas Mataram.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 1996. Bawang putih Dataran Rendah. Penebar Swadaya, Jakarta
- Blumenthal, M. M., and R.F. Stier. 1991. *Optimization of deep fat frying operations*. Trend in Food Sci. and Tech.
- Pinthus, E. J., R. P. Singh, M. Rubnov, and I. S. Saguy. 1997. *Effective water diffusivity in deep fat fried restructured potato product*.

- International Journal of Food Science and Technology 32: 235 – 240
- Lastriyanto, A. 1998. Sistem Penggorengan Hampa dengan *Water – Jet*. Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang
- Lastriyanto, A. 2006. Manual Mesin Penggoreng Vakum. Lastrindo Engineering Malang, Jawa Timur
- Mc Gill, E.A. 1980. The Chemistry of Frying. *Bakers Digest* 6(62): 38-42
- Moreira, R.G., X. Sun, and Y. Chen. 1997. *Factors affecting oil uptake in tortilla chips in deep fat frying*. *J Food Eng.* 31: 485 – 498
- Moreira, R.G., C.P.M. Elena, and M.A. Barrufet. 1999. *Deep-Fat Frying*. Aspen Publisher, Inc. Gaithersburg, Maryland
- Rossell, J. B. 2001. *Frying*. Woodhead Publishing Limited, Abington Hall, Abington, Cambridge, England
- Sudarmadi, S. 1996. *Analisis Bahan Makanan*. Liberty Press, Yogyakarta
- Wibowo, S. 2004. *Budidaya Bawang putih, Merah dan Bombay*. Penerbit Swadaya, Jakarta
- Yuniarto, K. 2004. *Penentuan Laju Kerusakan Mutu Minyak dalam Penggorengan Kentang dengan Penggoreng Hampa*. Thesis. Program Pascasarja, UGM, Yogyakarta
- 2005. *Perubahan Warna dan Aroma Bubuk Bawang Putih dalam Penggorengan Hampa*. Universitas Brawijaya, Malang
- 2006. *Kerusakan mutu minyak penggorengan hampa dalam pembuatan keripik kentang*. Prosiding PATPI 2006, UGM, Yogyakarta
- 2008. *Pemodelan Laju Susut Mutu Minyak Goreng dan Bawang Putih Kering dalam Operasi Penggorengan Hampa*. Laporan Akhir Hibah Bersaing DIKTI-UNRAM, Yogyakarta

