

Perubahan Kualitas Beras Selama Penyimpanan

Change of Rice Quality During Storage

Ratnawati^a, Mohamad Djaeni^a, dan Damin Hartono^b

^aJurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Soedarto, SH, Tembalang, Semarang 50275

^bPerum BULOG Divre Sulawesi Tengah
Jl. Dr. Moh. Yamin No. 30 Palu
Email : ratnawati_hartono@undip.ac.id

Diterima : 21 Juni 2013

Revisi : 24 September 2013

Disetujui : 30 September 2013

ABSTRAK

Penyimpanan merupakan tahap yang menentukan dalam menjamin ketersediaan beras berkualitas. Selama penyimpanan, beras mengalami penyusutan kualitas dan kuantitas yang disebabkan oleh perubahan fisik, kimia, dan biologi. Penelitian ini bertujuan untuk mengamati perubahan kualitas beras selama penyimpanan. Aspek yang diamati adalah kadar air, butir kepala, menir, patah, dan kuning, serta *water uptake* dan pertumbuhan kutu beras (*Sitophilus oryzae*). Dalam penelitian ini digunakan tiga jenis beras, yaitu yang mendekati SNI Mutu III (jenis A) dan IV (jenis B), serta yang tidak memenuhi standar SNI (jenis C). Beras ditempatkan dalam karung plastik berisi 15 kg dan disimpan pada keadaan ambient (temperatur 29–32°C dan kelembaban 65–95 persen). Kualitas beras diamati setiap 15 hari, sedangkan pertumbuhan kutu diamati setiap minggu. Hasil menunjukkan bahwa kadar air beras jenis A dan B, dengan nilai awal < 13,5 persen, mengalami kenaikan 0,03 persen/hari sampai mendekati 14,5 persen, sementara jenis C, dengan kadar air awal 15,5 persen, relatif konstan. Beras berkadar air > 14 persen mengalami degradasi akibat reaksi Maillard dan penjamuran yang mengakibatkan warna kuning, penurunan *water uptake*, serta meningkatnya butir patah dan menir. Selain itu, populasi kutu meningkat dengan kecepatan 3 ekor/100g beras/minggu. Kesimpulan dari penelitian ini adalah kadar air beras yang disimpan harus < 14 persen, dan kelembaban udara di unit penyimpan harus dijaga serendah mungkin (< 65 persen).
kata kunci: beras, kualitas, penyimpanan, *Sitophilus oryzae*

ABSTRACT

*Storage is a crucial stage in ensuring the availability of quality rice. During storage, rice quality and quantity decrease as a cause of changes in physical, chemical, and biological processes. This study is aimed to observe the changes of rice quality during storage. The quality components measured are moisture content, whole kernel, broken kernel, chips, yellow kernel, water uptake, and the growth of rice weevil (Sitophilus oryzae). Three types of rice are used, namely that meet SNI Quality III (type A) and IV (type B), and that does not meet SNI standard (type C). The rice is placed in plastic bags with 15 kg of rice in each bag and stored at ambient conditions (29–32°C and relative humidity of 65–95 percent). Quality of the rice is observed every 15 days, while the growth of weevil is observed every week. The results show that moisture content of rice types A and B, with initial value < 13.5 percent, increases with a rate of 0.03 percent/day, while type C, with initial moisture content of 15.5 percent, is relatively constant. The increase of moisture content causes the rice to be degraded due to the Maillard reaction and mould that yield yellowing, decrease of water uptake, and increase of broken kernel as well as chips. It is also observed that the number of weevil increases during storage with the growth rate of 3 weevils/100g of rice/week. The conclusion of this research is that the initial moisture content of rice to be stored should be < 14 percent, and the humidity of the air in storage room must be kept as low as possible (< 65 percent).
keywords: quality, rice, storage, Sitophilus oryzae*

I. PENDAHULUAN

Salah satu faktor penentu stabilitas nasional suatu negara, baik di bidang ekonomi, keamanan, politik, maupun sosial, adalah ketahanan pangan. Undang-undang No. 18 Tahun 2012 tentang Pangan, pasal 1 angka 4 menyatakan bahwa "Ketahanan Pangan adalah kondisi terpenuhinya Pangan bagi negara sampai dengan perseorangan, yang tercermin dari tersedianya Pangan yang cukup, baik jumlah maupun mutunya, aman, beragam, bergizi, merata, dan terjangkau serta tidak bertentangan dengan agama, keyakinan, dan budaya masyarakat, untuk dapat hidup sehat, aktif, dan produktif secara berkelanjutan".

Bagi Indonesia, beras merupakan komoditas pangan yang sangat strategis karena merupakan makanan pokok utama bagi sebagian besar penduduknya. Ketersediaan pangan yang cukup harus didukung oleh adanya surplus beras sebagai cadangan pangan. Pengelolaan cadangan beras ini diamanatkan oleh pemerintah kepada Perum BULOG.

Beras yang masuk ke Perum BULOG harus memenuhi standar yang telah ditetapkan oleh pemerintah melalui Instruksi Presiden Nomor 3 Tahun 2012. Kualitas yang ditetapkan oleh Inpres ini hampir sama dengan beras mutu III menurut standar yang ditetapkan oleh BSN melalui SNI 6128:2008, sebagaimana disajikan pada Tabel 1 di bawah ini.

Selama dalam penyimpanan, beras mengalami penyusutan, baik kualitas maupun kuantitas (Chrastil, 1990; Perdon dkk., 1997; Zhou dkk., 2003; Suroso dkk., 2005; Tulyathan dan Leeharatanaluk, 2007; Sirisoontaralak dan Noomhorm, 2007). Penyusutan ini disebabkan oleh proses yang sangat kompleks yang melibatkan perubahan fisik, kimia, dan biologi (Zhou dkk., 2003). Chrastil (1990) mengamati adanya perubahan sifat tepung beras akibat penyimpanan, seperti warna, retensi gas, dan ukuran partikel. Sementara itu Perdon dkk., (1997) mengamati pengaruh kadar air awal beras, temperatur dan lama penyimpanan terhadap amilograf beras. Zhou dkk., (2003) mengamati perubahan kandungan pati, protein, dan lemak dalam beras selama penyimpanan. Mereka menyimpulkan bahwa perubahan kandungan bahan-bahan tersebut yang mengakibatkan perubahan tekstur, rasa, dan aroma nasi yang dihasilkan. Sidik dan Halid (1983) mengatakan bahwa tingkat keawetan kualitas bahan pangan selama penyimpanan sangat dipengaruhi oleh kualitas awal bahan baku yang disimpan, sistem penyimpanan, serta adanya introduksi pengawet selama penyimpanan baik dengan penyemprotan insektisida, gas fosfin, maupun karbon dioksida. Pernyataan ini diperkuat oleh hasil penelitian Ranalli dkk., (2003), yaitu bahwa sistem aerasi dengan kelembaban udara tertentu juga berpengaruh positif terhadap kualitas beras selama penyimpanan. Sementara itu Tulyathan dan Leeharatanaluk (2007) mendapati adanya

Tabel 1. Kualitas Beras Menurut SNI dan Inpres No. 3/2012

No.	Komponen Mutu	Satuan	Mutu III SNI 6128:2008	Mutu IV SNI 6128:2008	Inpres No. 3/2012
1.	Derajat sosoh (min)	%	95	95	95
2.	Kadar air ^{*)} (maks)	%	14	14	14
3.	Butir kepala (min)	%	78	73	-
4.	Butir patah (maks)	%	20	25	20
5.	Butir menir (maks)	%	2	2	2
6.	Butir merah (maks)	%	2	3	-
7.	Butir kuning/rusak (maks)	%	2	3	-
8.	Butir mengapur (maks)	%	2	3	-
9.	Benda asing (maks)	%	0,02	0,05	-
10.	Butir gabah (maks)	Butir/100g beras	1	2	-

^{*)} basis basah

perubahan tekstur nasi dan sifat-sifat pasta tepung beras akibat penyimpanan. Hasil penelitian mereka juga menunjukkan bahwa aroma beras berkurang 75 persen setelah 2 bulan penyimpanan. Sirisoontaralak dan Noomhorm (2007) mengamati perubahan warna dan kualitas nasi dari beras akibat penyimpanan. Sedangkan Nurrahman (2005) menyatakan bahwa adanya aktifitas mikroorganisme menyebabkan beras mengalami susut bobot selama penyimpanan. Aktifitas organisme ini menyebabkan reaksi enzimatik berupa oksidasi karbohidrat, protein dan lemak yang menghasilkan karbondioksida, uap air, dan lemak. Reza (2004) menyarankan bahwa sistem penyimpanan dengan kelembaban tertentu harus dijaga sesuai dengan sensitifitas beras untuk menjaga kualitas selama penyimpanan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengamati perubahan kualitas beras selama penyimpanan. Komponen mutu yang diamati selama penelitian adalah kadar air, butir kepala, butir menir, butir patah, butir kuning, dan *water uptake* atau penyerapan air ketika beras direndam. Di samping itu, pertumbuhan kutu beras (*Sitophilus oryzae*) juga diamati. Informasi baru dalam penelitian ini terutama pada kecepatan perubahan kadar air dan degradasi fisik beras yang dapat digunakan untuk memprediksi masa penyimpanan beras.

II. METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Proses Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Diponegoro. Bahan yang dipakai dalam penelitian ini adalah beras dengan 3 (tiga) macam kualitas, yaitu beras yang mendekati kualitas SNI Mutu III (jenis A) dan IV (jenis B), serta beras yang tidak memenuhi standar mutu SNI (jenis C). Beras ditempatkan dalam karung plastik eks Perum BULOG dengan masing-masing karung diisi sebanyak 15 kg. Setiap jenis beras dikemas dalam 3 karung dan ditumpuk di atas rak kayu dan disimpan pada temperatur kamar (29 - 32°C) dengan kelembaban udara 65 – 95 persen.

Pengambilan sampel dilakukan setiap dua minggu sekali selama tiga bulan. Dari setiap jenis beras diambil sampel untuk diamati kadar air, butir kepala, butir menir, butir patah, butir

kuning, *water uptake* ketika beras direndam, dan jumlah hama. Pengamatan terhadap tiap sampel dilakukan tiga kali. Pengukuran derajat sosoh hanya dilakukan terhadap sampel awal secara visual dengan pertolongan kaca pembesar dan dibandingkan dengan contoh pembanding (SNI 6128:2008). Dalam hal ini yang dipakai sebagai pembanding adalah beras Ciherang hasil penggilingan dan penyosohan menggunakan mesin penggilingan padi skala lab dengan derajat sosoh 100 persen, 95 persen, dan 90 persen. Pengukuran kadar air, butir kepala, butir patah, butir menir, dan butir kuning dilakukan menurut metode standar SNI 6128:2008. Kadar air diukur dengan menggunakan *grain moisture tester* yang telah terlebih dahulu dikalibrasi. Butir kepala, butir patah, butir menir, dan butir kuning dilakukan dengan cara memisahkan masing-masing jenis butir dari sampel sebanyak 100 g. Sementara itu, *water uptake* diukur dengan cara merendam beras sebanyak 25 g dalam 100 g air selama 1 jam. Selanjutnya beras ditiriskan dan dikeringkan dengan menggunakan *paper towel*, kemudian ditimbang (Thakur dan Gupta, 2006). *Water uptake* dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$W = \frac{w_t - w_a}{w_o} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan :

W_{uptake} : *water uptake*
 w_t : berat air setelah perendaman
 w_o : berat air mula-mula

Pengamatan pertumbuhan *Sitophilus oryzae* hanya dilakukan terhadap beras yang mendekati kriteria Inpres No. 3/2012, yaitu jenis A. Disiapkan dua buah sampel masing-masing dengan berat 100 g dan disimpan di dalam gelas plastik dengan tutup yang diberi lubang-lubang kecil, cukup untuk jalan udara, tetapi tidak memungkinkan kutu untuk keluar atau masuk. Setiap minggu diamati jumlah kutu yang ada di dalam sampel.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Percobaan telah dilakukan, dengan hasil seperti dalam Tabel 2, serta Gambar 1 - 5. Tabel 2 berupa hasil analisis awal uji kualitas beras sebelum disimpan. Sementara itu, Gambar 1 - 5 merupakan response perubahan kualitas

Tabel 2. Hasil Analisis terhadap Kualitas Awal Tiga Jenis Beras yang Digunakan dalam Penelitian

No.	Komponen Mutu	Satuan	Jenis A	Jenis B	Jenis C
1.	Derajat sosoh	%	95	95	95
2.	Kadar air ^{*)}	%	13,20	13,00	15,50
3.	Butir kepala	%	77,20	74,62	57,47
4.	Butir patah	%	20,90	23,45	39,41
5.	Butir menir	%	1,90	1,93	3,12
6.	Butir merah	%	0,001	0,001	0,001
7.	Butir kuning/rusak	%	2,41	2,30	6,60
8.	Butir mengapur	%	2,90	3,00	7,40
9.	Benda asing	%	0,001	0,001	0,001
10.	Butir gabah	Butir/100g beras	1	1	4
11.	<i>Water uptake</i>	%	18,20	18,20	17,12

*)basis basah

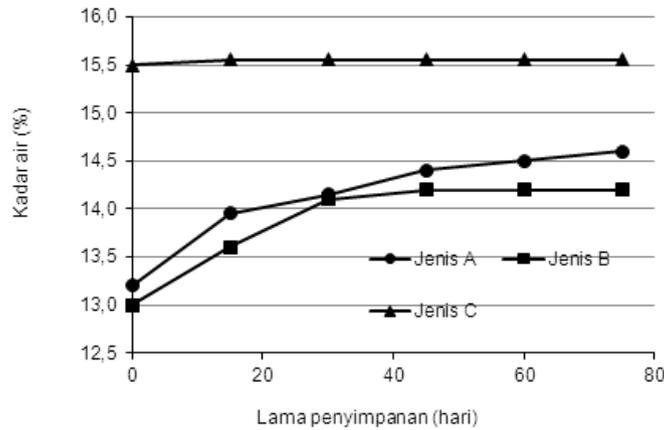
beras yang diamati selama penyimpanan, yaitu perubahan kadar air, butir patah, butir menir, butir kuning, *water up take*, dan pertumbuhan kutu. Perubahan kadar air ketiga jenis beras selama penyimpanan disajikan pada Gambar 1. Beras jenis A dan B dengan kadar air mula-mula 13,2 persen dan 13,0 persen (basis basah) mengalami kenaikan, masing-masing sebesar 1,4 persen dan 1,2 persen selama 75 hari penyimpanan, sementara beras jenis C dengan kadar air awal 15,5 persen relatif tidak mengalami perubahan.

Hal ini karena kondisi udara sekeliling yang lembab (rata-rata 65 - 95 persen) dengan temperatur 29 - 32°C. Pengukuran kadar air dilakukan pada siang hari dengan temperatur rata-rata 31°C dan kelembaban 75 – 85 persen. Pada kondisi ini EMC (*Equilibrium Moisture Content*) atau kadar air keseimbangan dari beras berkisar 15,5 persen - 18,8 persen untuk beras dari Amerika (Lu dan Siebenmorgen, 1992) atau 14,4 persen - 15,7 persen untuk beras dari Korea (Keum dan Kim, 2001). Oleh karena itu beras jenis C relatif tidak mengalami perubahan kadar air karena telah sama dengan kadar air keseimbangan. Sementara itu, beras jenis A dan B akan menyerap air dari udara karena kadar airnya masih di bawah kadar air keseimbangan. Kecepatan penyerapan kadar air rata-rata (r_a) dapat dihitung sebagai berikut :

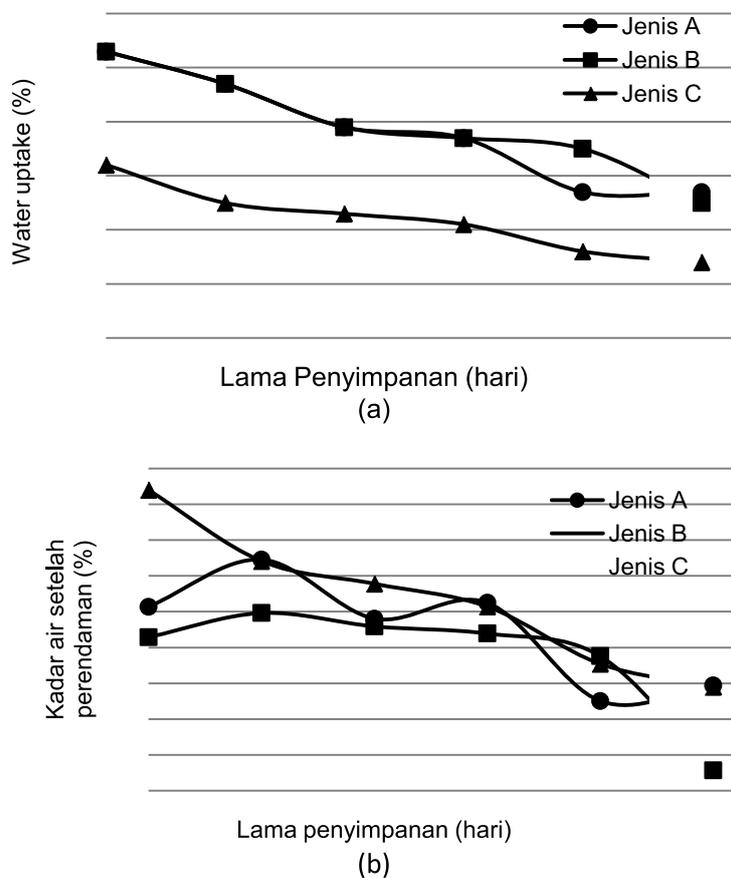
$$r_a = \frac{X_0 - X_e}{t_p} \quad (2)$$

Dalam hubungan ini r_a adalah kecepatan penyerapan air rata-rata (persen/hari), x_0 adalah persen kadar air awal, x_e adalah persen kadar air pada kondisi setimbang dengan kadar air di udara pada ruang penyimpanan, dan t_p adalah waktu penyimpanan (hari). Dengan menggunakan persamaan (2), maka kecepatan penyerapan air rata-rata beras jenis A terhitung sebesar 0,015 persen/hari, sedangkan beras B adalah 0,016 persen/hari. Adapun kadar air beras jenis C relatif konstan sehingga kecepatan penyerapan mendekati nol, karena harga x_0 sudah mendekati harga x_e .

Pengaruh lama penyimpanan terhadap *water uptake* dan kadar air setelah perendaman ditampilkan pada Gambar 2(a) dan 2(b). Pada Gambar 2(a) tersebut tampak bahwa *water uptake* untuk ketiga jenis beras berkurang dengan semakin lamanya waktu penyimpanan. Hal ini berkaitan dengan kenaikan kadar air beras selama dalam penyimpanan sebagaimana ditampilkan pada Gambar 1. Dengan semakin besarnya kadar air, maka kemampuan beras untuk menyerap air semakin berkurang, sebagaimana disajikan pada Gambar 2(a). Sementara itu, Gambar 2(b) menggambarkan kadar air dalam beras setelah proses perendaman dan tercapai keseimbangan. Pada gambar tersebut tampak bahwa kadar air keseimbangan setelah perendaman mengalami penurunan dengan semakin lamanya waktu penyimpanan. Hal ini karena pati dan protein di dalam



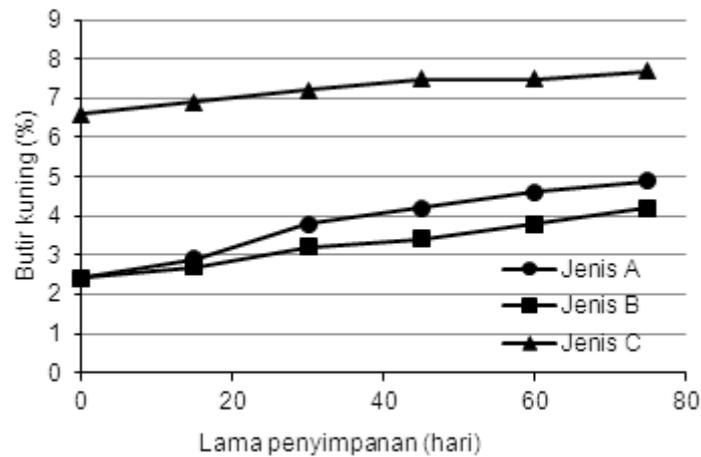
Gambar 1. Pengaruh Lama Penyimpanan terhadap Kadar Air dalam Beras



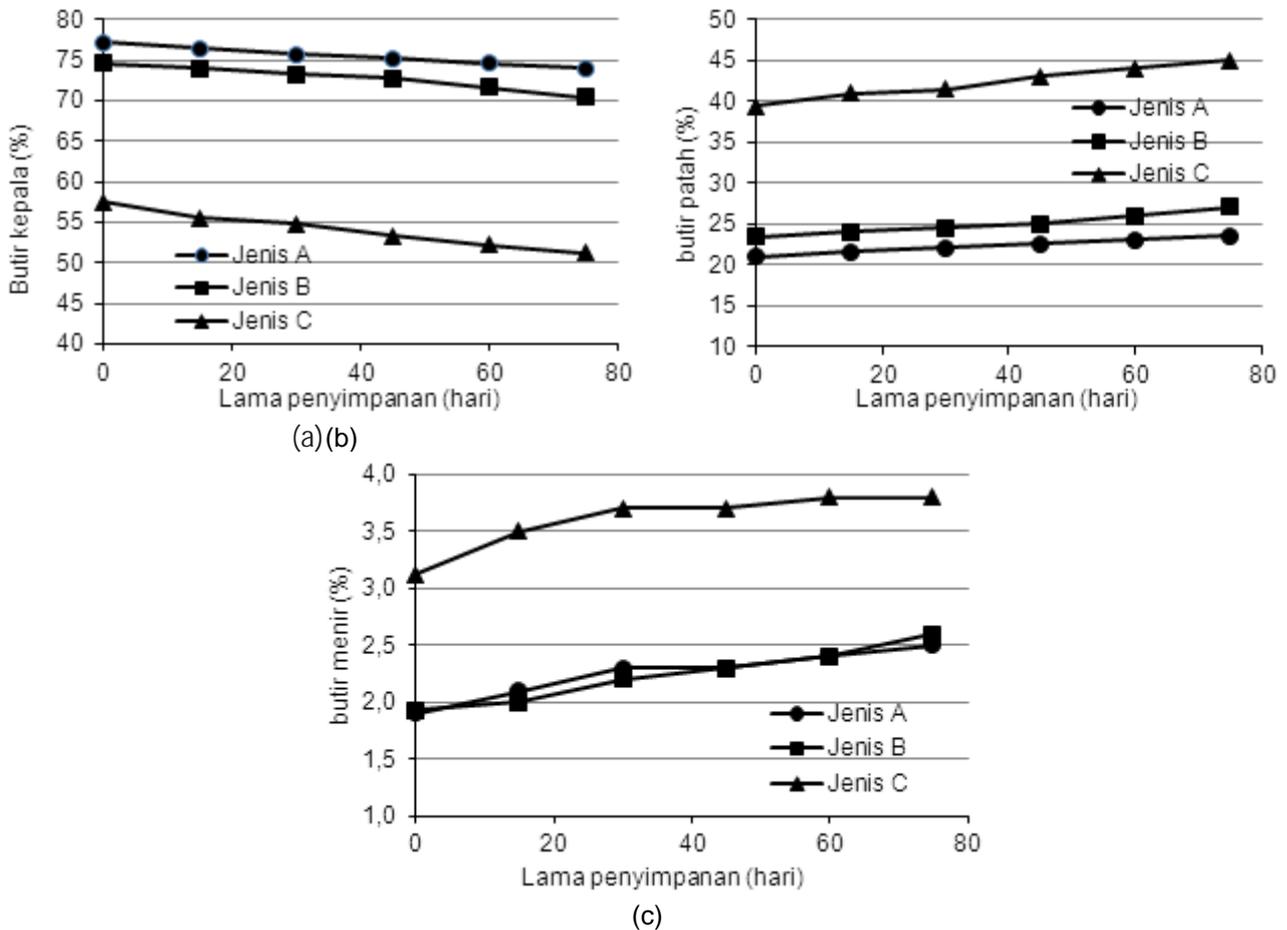
Gambar 2. Pengaruh Lama Penyimpanan terhadap Water Uptake(a) dan Kadar Air Keseimbangan Setelah Perendaman (b)

beras bereaksi membentuk *micelle* sehingga menghambat masuknya air ke dalam beras. Di samping itu, selama penyimpanan protein juga mengalami oksidasi membentuk ikatan disulfida yang menyebabkan berkurangnya senyawa sulfur volatil yang akan berakibat lebih lanjut dengan terhambatnya absorpsi air ke dalam beras (Ramesh dkk., 2000).

Hasil pengamatan terhadap butir kuning selama penyimpanan ditampilkan pada Gambar 3. Pada gambar tersebut tampak bahwa jumlah butir kuning untuk semua jenis beras akan bertambah seiring dengan lamanya waktu penyimpanan. Beras mengandung glukosa dan protein. Dalam penyimpanan pada temperatur 29 - 32°C dengan kelembaban 65 - 95 persen,



Gambar 3. Pengaruh Lama Penyimpanan terhadap Persentase Butir Kuning



Gambar 4. Pengaruh Lama Penyimpanan terhadap Persentase Butir Kepala (a), Butir Patah (b), dan Butir Menir (c)

gugus karbonil yang reaktif dari glukosa bereaksi dengan gugus amino yang bersifat nukleofilik dari asam amino menurut reaksi yang dikenal sebagai reaksi Maillard. Reaksi Maillard akan menghasilkan produk reaksi yang berwarna

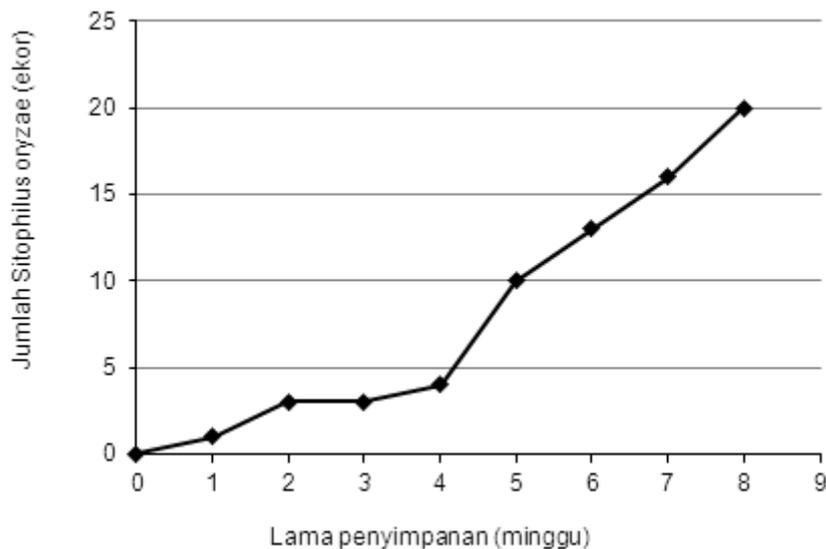
kuning hingga coklat. Hal ini dikonfirmasi oleh Sirisoontarak dan Noomhorm (2007) dan juga peneliti-peneliti lainnya.

Dalam penelitian ini juga diamati perubahan persentase butir kepala, patah, dan menir

dengan hasil yang ditampilkan pada Gambar 4(a)-(c). Pada Gambar 4(a) tampak bahwa persentase butir kepala untuk ketiga jenis beras mengalami penurunan selama penyimpanan. Sementara itu pada Gambar 4(b) dan 4(c) tampak bahwa persentase butir patah dan menir meningkat. Selama penelitian, yang berlangsung pada musim hujan, terjadi fluktuasi kelembaban udara yang cukup besar, yaitu antara 65 – 95 persen, dan juga fluktuasi

jenis A, B, dan C. Demikian pula dengan butir menir untuk beras jenis A, B, dan C mengalami kenaikan meskipun tidak signifikan, yaitu masing-masing sebesar 0,6 persen, 0,7 persen, dan 0,7 persen. Bertambahnya persentase butir patah dan butir menir ini juga berhubungan dengan keberadaan kutu beras sebagaimana akan dibahas berikut ini.

Pengaruh lama penyimpanan terhadap pertumbuhan *Sitophilus oryzae* disajikan pada



Gambar 5. Pengaruh Lama Penyimpanan Beras terhadap Pertumbuhan *Sitophilus oryzae*

temperatur antara 29 - 32°C. Jika kelembaban berada pada level tinggi, maka uap air akan terabsorpsi ke dalam beras, sementara apabila kelembaban turun, maka air akan terdesorpsi keluar dari beras. Koefisien ekspansi higroskopis beras pada saat absorpsi lebih besar daripada saat desorpsi. Perbedaan koefisien ekspansi inilah yang menyebabkan butir beras menjadi retak, apalagi proses absorpsi dan desorpsi ini berlangsung berulang-ulang (Bautista dkk., 2004; Muthukumarappan dkk., 1992). Meskipun proses keretakan ini berlangsung lambat, tetapi selama 75 hari, beras jenis A, B, dan C mengalami penurunan persentase butir kepala yang cukup signifikan, yaitu masing-masing sebesar 3,2 persen, 4,2 persen, dan 6,3 persen. Butir kepala akan pecah menjadi butir patah dan kemungkinan juga menjadi butir menir. Butir patah juga mengalami keretakan menjadi butir menir. Sebagai akibatnya selama penyimpanan 75 hari, persentase butir patah mengalami kenaikan sebesar 2,6 persen, 3,6 persen, dan 3,6 persen, untuk masing-masing

Gambar 5. *Sitophilus oryzae* merupakan hama yang paling merusak pada penyimpanan beras (Haryadi dan Fleurat-Lessard, 1994). Pada awalnya (minggu ke-nol) tidak tampak adanya kutu. Hal itu bukan berarti bahwa di dalam beras sampel tidak ada kutu, sebagaimana terbukti pada minggu pertama mulai teramati adanya kutu. Ini berarti bahwa di dalam butir beras telah ada larva kutu, yang kemudian bertambah besar dan keluar dari butir beras. Keluarnya kutu dari dalam beras ini akan menyebabkan beras menjadi berlubang dan mudah patah. Larva maupun kutu dewasa memakan butir beras yang tentu saja akan menyebabkan ukuran butiran beras menjadi berkurang. Dengan bertambahnya waktu, maka jumlah kutu semakin banyak. Hasil yang sama juga dilaporkan oleh Haryadi dan Fleurat-Lessard (1994). Pada Gambar 5 tampak bahwa pada minggu ke sepuluh jumlah kutu telah mencapai 20 ekor. Berdasarkan jumlah kutu awal dan akhir serta lamanya penyimpanan, maka dapat dikatakan bahwa pertumbuhan kutu rata-rata

adalah 3 ekor/100g beras/minggu.

IV. KESIMPULAN

Pengaruh penyimpanan terhadap kualitas tiga jenis beras, yaitu yang mendekati SNI Mutu III (jenis A), yang memenuhi SNI Mutu IV (jenis B), dan beras yang tidak memenuhi standar mutu SNI (jenis C), telah dilakukan pada temperatur 29 - 32°C dan kelembaban relatif penyimpanan 65 – 95 persen. Hasil menunjukkan bahwa ketiga jenis beras mengalami penurunan kualitas, baik dari sisi peningkatan jumlah butir patah, butir menir, maupun butir menguning, dengan kecepatan yang berbeda. Penurunan kualitas beras jenis A dan B dengan kadar air awal < 13,5 persen, lebih lambat daripada beras jenis C dengan kadar air awal 15,5 persen. Selama penyimpanan juga teramati semakin bertambahnya jumlah kutu dengan kecepatan pertumbuhan 3 ekor/100g beras/minggu.

Meskipun demikian, beras dengan kadar air rendah berpotensi untuk menyerap uap air dari udara dalam gudang/ruang penyimpan sampai kadar air maksimum dalam beras pada kondisi tersebut tercapai yaitu 15,5 persen. Kadar air yang tinggi (> 14 persen) menyebabkan beras mengalami degradasi yang dapat dilihat dari naiknya butir menguning, menurunnya *water uptake*, serta meningkatnya jumlah persentase butir patah dan menir.

Kesimpulan yang dapat ditarik dari proses adalah kadar air dalam beras yang disimpan harus < 14 persen, dan kelembaban udara di unit penyimpan harus dijaga tetap rendah (65 persen atau kurang). Kelembaban udara yang rendah akan mengurangi proses absorpsi uap air dari udara ke dalam beras. Selain itu, dengan kelembaban udara yang rendah dapat mengurangi aktifitas mikrobiologi dan jamur.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada B. H. Setyawan K, F. Doddy A., A. Berichman, dan M. Faisal A. yang telah membantu pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Bautista, R. C., T. J. Siebenmorgen, dan R. M. Burgos. 2004. Moisture Adsorption Effects on Rice Milling Quality of Current Cultivars. Dalam: R.J. Norman dan K.A.K. Moldenhauer (Eds.).

B. R. Wells Rice Research Studies 2004. AAES Research Series 529: 351-432.

Chrastil, J. 1990. Chemical and Physicochemical Changes of Rice During Storage at Different Temperatures. *Journal of Cereal Science*. Vol. 11(1). Jan.: 71-85.

Haryadi, Y. dan F. Fleurat-Lessard. 1994. Factors Affecting Survival and Development of *Sitophilus oryzae* (L.) in Rice Grain Pericarp Layers. Dalam: Highley, E., E.J. Wright, H. J. Banks, dan B. R. Champ (Eds.). *Stored Product Protection, Proceedings of the 6th International Working Conference on Stored-Product Protection*, 17-23 April 1994, Canberra, Australia. CAB International, Wallingford, United Kingdom : 525-527.

Keum, D. H. dan H. Kim. 2001. Adsorption Equilibrium Moisture Content of Rough Rice, Brown Rice, White Rice and Rice Hull. *Journal of Biosystems Engineering*, vol. 26(1): 57-66.

Lu, R. dan T. J. Siebenmorgen. 1992. Moisture Diffusivity of Long-Grain Rice Components. *Transactions of the ASAE*. Vol. 35(6): 1955-1961.

Muthukumarappan, K., V. K. Jindal, dan S. Gunasekaran. 1992. Volumetric Changes in Rice Kernels During Desorption and Adsorption. *Transactions of the ASABE*. 35(1): 235-241.

Nurrahman. 2005. Susut Bobot Beras Selama Penyimpanan Karena Respirasi. *Jurnal Litbang Universitas Muhammadiyah Semarang*, Vo. 2(5): 54-63 (<http://jurnal.unimus.ac.id>, diakses 31 Juli 2013)

Perdon, A. A., B. P. Marks, T. J. Siebenmorgen, dan N. B. Reid. 1997. Effects of Rough Rice Storage Conditions on the Amylograph and Cooking Properties of Medium-Grain Rice cv. Bengal. *Cereal Chemistry*. Vol. 74(6): 864-867.

Ramesh, M., K. R. Bhattacharya, dan J. R. Mitchell. 2000. Developments in Understanding the Basis of Cooked-Rice Texture. *Food Sci. Nutr*. Vol. 40(6): 449-460

Ranalli, R.P., Howell, Jr.T.A., Siebenmorgen, T.J. (2003). Effects of Controlled Ambient Aeration on Rice Quality During on-Farm Storage. *Cereal Chem*. Vol. 80(1): 9-12.

Reza, H.Ch. (2004). Penerapan Standar Pada Pengolahan dan Mutu Beras di Indonesia.

Prosiding Lokakarya Nasional: Upaya Peningkatan Nilai Tambah Pengolahan Padi. Jakarta, 20-21 Juli: 144 – 157. (<http://www.ipb.ac.id>, diakses 1 Agustus 2013)

- Sirisoontaralak, P dan A. Noomhorm. 2007. Changes in Physicochemical and Sensory-Properties of Irradiated Rice During Storage. *Journal of Stored Products Research*. Vol. 43: 282–289.
- Sidik, M dan H. Halid. 1983. Sistem Penyimpanan dan Perawatan Kualitas Bahan Pangan Di Badan Urusan Logistik. *Risalah Seminar Nasional Pengawetan Pangan Dengan Iradiasi*. Jakarta, 6-8 Juni: 81-87
- SNI 6128:2008. Beras. Badan Standarisasi Nasional.
- Suroso, S. S. Budijanto, dan Sutrisno. 2005. Perubahan Kualitas Fisik Beras Selama Penyimpanan. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Inovatif Pascapanen untuk Pengembangan Industri Berbasis Pertanian*. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian. Bogor.
- Thakur, A. K. dan A. K. Gupta. 2006. Water Absorption Characteristics of Paddy, Brown Rice and Husk During Soaking. *Journal of Food Engineering*. Vol. 75: 252–257.
- Tulyathan, V. dan B. Leecharatanaluk. 2007. Changes in Quality of Rice (*Oryza sativa L.*) CV. Khao Dawk Mali 105 During Storage. *Journal of Food Biochemistry*. Vol. 31: 415–425.
- Zhou, Z., K. Robards, S. Helliwell, dan C. Blanchard. 2002. Ageing of Stored Rice: Changes in Chemical and Physical Attributes. *Journal of Cereal Science*. Vol. 35(1). Jan: 65-78.

BIODATA PENULIS :

Ratnawati, dilahirkan di Wonosobo, tanggal 12 April 1960, menyelesaikan S1 Teknik Kimia UNDIP tahun 1985, menyelesaikan S2 Teknik Kimia ITB tahun 1994 dan menyelesaikan S3 Teknik Mesin ITB/Chemical Engineering UIC tahun 2004.

Mohamad Djaeni, dilahirkan di Kebumen tanggal 7 Pebruari 1971, menyelesaikan S1 Teknik Kimia UNDIP tahun 1995, S2 bidang Chemical Engineering UTM tahun 2000 dan S3 Chemical Engineering di Wageningen University tahun 2008.

Damin Hartono, dilahirkan di Pati tanggal 10 Oktober 1960, menyelesaikan S1 bidang Agronomi di Unswagati tahun 1998 dan S2 di bidang Magister Manajemen Agribisnis di Universitas Gadjah Mada tahun 2008.