

PERUBAHAN SIFAT FISIKO-KIMIA BIJI JAGUNG (*Zea mays* L.) PADA PENYIMPANAN DENGAN PERLAKUAN KARBONDIOKSIDA (CO₂)

Changes in Maize Grain (Zea mays L.) Physico-Chemical Properties Stored with CO₂ Treatment

Widaningrum, Miskiyah dan A. S. Somantri

Balai Besar Litbang Pascapanen Pertanian, Jl. Tentara Pelajar No. 12, Bogor 16114

ABSTRAK

Jagung merupakan salah satu komoditas pertanian yang memiliki nilai yang strategis, terutama sebagai pakan ternak. Untuk meningkatkan ketersediaan jagung dan menurunkan ketergantungannya terhadap impor, diperlukan upaya penanganan pascapanen yang baik sehingga susut bobot dapat diminimalisir. Tujuan penelitian ini yaitu mempelajari perubahan sifat fisikokimia yang terjadi pada biji jagung dengan perlakuan kondisi atmosfer termodifikasi setelah dipanen sampai penyimpanan. Perlakuan penyimpanan menggunakan CO₂ 0%, 40% dan 70% serta kontrol (terbuka, tanpa pemberian CO₂). Perlakuan dilakukan sebanyak tiga kali ulangan. Pengamatan dilakukan setiap dua minggu sekali. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian CO₂ pada tiga taraf konsentrasi (0%, 40%, dan 70%) dengan empat waktu penyimpanan (2, 4, 6, dan 8 minggu) mempengaruhi kadar air dan serat kasar biji jagung, tetapi tidak mempengaruhi kadar abu, lemak, protein, dan pati biji jagung. Namun, sebagai faktor tunggal, waktu penyimpanan mempengaruhi kadar abu, lemak, dan rusak fisik sedangkan konsentrasi CO₂ mempengaruhi kadar pati biji jagung. Perubahan kandungan protein pada biji jagung tidak dipengaruhi oleh pemberian CO₂ dan waktu penyimpanan, sebagaimana juga sebagai faktor tunggalnya. Pada penelitian ini, kadar air, abu, lemak, dan serat kasar biji jagung masih memenuhi persyaratan dalam SNI biji jagung untuk pakan ternak (SNI 01-4483-1998), tetapi kandungan proteinnya masih cukup rendah (dibawah 7,5%) dan belum memenuhi persyaratan standar. Kadar protein yang masih rendah ini diduga disebabkan oleh rendahnya kadar protein pada awal penyimpanan, yaitu 5,90%. Berdasarkan pada sifat fisik dan kimia biji jagung yang diperoleh pada penelitian ini, penyimpanan dengan CO₂ dapat direkomendasikan untuk diaplikasikan pada biji jagung selama penyimpanan karena mampu mempertahankan komposisi nutrisi biji jagung, bila dibandingkan dengan biji jagung yang tidak mendapat perlakuan pemberian CO₂.

Kata kunci: Penyimpanan dengan CO₂, sifat fisik-kimia, biji jagung

ABSTRACT

Maize represent one of agriculture commodities having strategic value, particularly as animal feed. To increase maize availability and reduce its import dependency, an effort must be done by providing good post harvest handling, thus losses can be minimized. The aim of this research was to study changes in physico-chemical properties of maize grain applied by modified atmosfer condition since harvested until storage. Storage treatment using CO₂ 0%, 40% and 70% each and control (opened, without CO₂). Treatment done in three replications. Analysis had been done every 2 weeks. Research result showed that treatment of CO₂ at three concentration level (0%, 40%, and 70%) and four storage time (2, 4, 6, and 8 weeks) significantly affected moisture content and crude fiber of maize grain, but did not significantly affected to ash, fat, protein, and starch content. Nonetheless, as individual factor, storage time significantly affected content of ash, fat, and physical damage mean while CO₂ concentration significantly affected starch content of maize grain. Protein composition changes on maize grain did not affected by treatment of CO₂ and storage time, as the same as its individual factor. In this research, content of moisture, ash, fat, and crude fiber of maize grain still fulfill the SNI for maize grain for animal feed (SNI 01-4483-1998), whereas the protein content still low (below 7.5%) and has not fulfilled the standard yet. This low protein content probably caused by its low content on initial storage time; 5.90%. Based on all chemical and physical characteristics of maize grain in this research, storage with CO₂ treatment can be recommended to be applied on maize grain storage because of its ability in maintaining nutrient composition, compared to those without CO₂ treatment.

Keywords: Storage with CO₂, chemical-physical characteristics, maize grain

PENDAHULUAN

Jagung adalah salah satu jenis tanaman pangan yang tersebar secara merata di seluruh dunia (Bradburn dkk., 1993). Di Indonesia, jagung merupakan salah satu komoditas utama kedua setelah beras. Disamping sebagai bahan pangan, jagung juga menjadi bahan baku pakan ternak, sehingga komoditas tersebut mempunyai nilai yang sangat strategis. Agar komoditas tersebut mampu bersaing dan memiliki keunggulan kompetitif, keberhasilan pengembangan jagung kini tidak hanya ditentukan oleh tingginya produktivitas saja namun juga melibatkan kualitas dari produk itu sendiri. Untuk mendapatkan mutu jagung yang baik, teknik pasca panennya pun harus lebih diperhatikan dan ditangani lebih baik.

Menurut Kristanto (2008), produksi jagung di Indonesia di satu sisi memiliki potensi pasar cukup baik namun pada kenyataannya banyak produk jagung di tingkat petani yang tidak terserap oleh industri yang disebabkan oleh beberapa hal seperti: kadar air tinggi, rusaknya butiran jagung, warna butir tidak seragam, adanya butiran yang pecah serta kotoran lain yang berimplikasi pada rendahnya mutu jagung yang dihasilkan. Umumnya produk hasil pertanian bersifat *bulky*, segar dan mudah rusak. Hasil pertanian setelah dipanen merupakan bahan biologis yang masih akan melangsungkan proses respirasi, dan apabila tidak dikendalikan, hasil respirasi dari bahan tersebut dapat menurunkan mutunya sendiri. Kerusakan hasil pertanian dapat disebabkan oleh dua faktor yaitu faktor dalam (*internal*) dan faktor luar (*eksternal*). Kerusakan tersebut mengakibatkan penurunan mutu baik secara kuantitatif maupun kualitatif yang berupa susut berat karena rusak, memar, cacat dan lain-lain. Kelemahan lain yang juga mempengaruhi fluktuasi dan kontinuitasnya adalah hasil pertanian biasanya musiman.

Penanganan jagung di tingkat petani sampai saat ini masih dilakukan secara manual dengan bantuan peralatan yang masih sangat sederhana. Pengeringannya dilakukan dengan cara penjemuran dan perontokannya dilakukan dengan menggunakan tangan. Kondisi penanganan seperti ini sangat rentan menyebabkan kerusakan pada biji jagung dan penurunan kandungan gizinya. Keadaan ini didukung oleh kondisi cuaca negara kita yang memiliki kelembaban relatif rata-rata cukup tinggi (sekitar 70-80 %), sehingga sangat menguntungkan bagi tumbuhnya jamur, terutama dari jenis *Aspergillus*, spp. Pada lingkungan penyimpanan biji-bijian, kondisi abiotik paling penting yang teridentifikasi dan mempengaruhi pertumbuhan serta produksi metabolit jamur (mikotoksin) adalah aktivitas air atau *aw* (*water activity*), suhu, dan komposisi gas (Guynot dkk., 2003; Magan dkk., 2004). Oleh sebab itu, kadar air dalam biji yang disimpan seharusnya berada di bawah kadar air yang diperlukan untuk pertumbuhan bakteri. Selain itu, kapang juga merupakan penyebab kerusakan yang besar dalam penyimpanan biji-bijian dan merupakan perusak

nomor dua sesudah serangga. Kapang yang sering terdapat pada biji yang disimpan biasanya dari spesies *Aspergillus* dan *Penicillium*. Masalah yang ditimbulkan oleh pertumbuhan mikroorganisme dalam biji yang disimpan termasuk: 1) Perubahan warna benih, 2) kematian benih biji, dengan demikian merusak kemampuan berkecambah, 3) perubahan warna dari biji seluruhnya, 4) bau dan cita-rasa yang buruk, 5) terjadinya metabolit beracun, khususnya kemungkinan terjadi pembentukan aflatoksin, dan 6) berkurangnya nilai gizi.

Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan ketersediaan jagung dan mengurangi ketergantungan terhadap jagung impor adalah melakukan penanganan pasca panen yang baik sehingga kehilangan hasil selama kegiatan pasca panen dapat ditekan. Kegiatan pasca panen jagung meliputi pemanenan, pengangkutan, pengeringan, perontokan dan penyimpanan (Purwadaria, 1987). Pada tahap penyimpanan, susut terbesar merupakan masalah yang paling serius dari kegiatan pasca panen jagung. Data dari BPS tahun 1995/1996 melaporkan bahwa tingkat susut jagung mencapai 17,02 %. Angka susut tersebut telah melampaui jumlah susut yang diperkenankan menurut FAO yaitu sebesar 2 %, bahkan angka tersebut akan semakin meningkat dengan semakin lamanya penyimpanan. Menurut Syarief dan Halid (1993), penyusutan jagung dapat terjadi akibat penanganan pasca panen yang tidak memadai, adanya gangguan biologis seperti proses respirasi yang tinggi, serangan serangga dan mikroorganisme, serta perubahan fisik seperti tekanan, getaran, temperatur, dan kelembaban relatif. Pencegahan kontaminasi oleh mikroorganisme selama penyimpanan bahan pangan merupakan salah satu upaya yang dapat dilakukan dalam rangka menekan tingkat penyusutan.

Menurut Syarief dan Halid (1993), pengendalian mutu merupakan usaha mempertahankan mutu selama proses produksi sampai produk berada di tangan konsumen pada batas yang dapat diterima dengan biaya seminimal mungkin. Pengendalian mutu jagung pada saat pasca panen dilakukan mulai pemanenan, pengeringan awal, pemipilan, pengeringan akhir, pengemasan dan penyimpanan. Pemanenan dilakukan pada saat jagung telah mencapai masak fisiologis yaitu berkisar 100 hari setelah tanam tergantung dari jenis varietas yang digunakan. Pada umur demikian biasanya daun jagung/kelobot telah kering dan berwarna kekuning-kuningan. Selanjutnya dipisahkan antara jagung yang layak jual dengan jagung yang busuk, muda dan berjamur untuk dilakukan proses pengeringan.

Kualitas biji-bijian dalam penyimpanan sangat ditentukan oleh aspek lingkungan penyimpanan. Aspek lingkungan ini meliputi faktor fisik terutama suhu dan kelembaban udara, faktor biotik terutama oleh hama, cendawan dan bakteri, serta faktor sosial seperti kebiasaan dan cara penyimpanan yang

digunakan. Organisme kapang akan banyak menimbulkan kerusakan pada kelembaban relatif (RH) penyimpanan 62-100 % dan kerusakan kimia akan terjadi pada RH 50-75 %, masing-masing pada suhu penyimpanan 22-30 °C. Suhu dan kelembaban relatif (RH) di masing-masing daerah juga dapat menggambarkan indeks kerusakan (*Deterioration Index* atau DI), yaitu potensi kerusakan yang mungkin terjadi dalam penyimpanan biji-bijian yang disebabkan oleh perbedaan lingkungan penyimpanan (Syarief dan Halid, 1993).

Penelitian penyimpanan terkendali pada biji-bijian sebelumnya telah dilakukan oleh Dharmaputra dkk. (1992) untuk melihat pengaruh perlakuan konsentrasi CO₂ terhadap pertumbuhan miselia dan produksi aflatoxin dari *Aspergillus flavus*. Hasilnya menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi CO₂ yang diberikan maka pertumbuhan miselia *Aspergillus flavus* akan semakin menurun. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui perubahan sifat fisikokimia jagung sebagai bahan baku pakan selama penyimpanan dengan perlakuan atmosfer termodifikasi (penambahan CO₂). Informasi yang diperoleh digunakan untuk menentukan apakah terjadi penurunan atau peningkatan kandungan kimia seperti protein, lemak, dan lain-lain serta perubahan sifat fisik yang terjadi sehingga dapat diantisipasi bagaimana perlakuan sebaiknya yang dapat diterapkan pada penyimpanan jagung terutama sebagai bahan baku pakan.

METODE PENELITIAN

Bahan

Bahan penelitian yang digunakan adalah jagung jenis P11 dalam bentuk tongkol basah yang diperoleh dari petani di Sukabumi, Jawa Barat. Bahan penunjang lain adalah toples, karung plastik, *Cosmotector*, *Sealer*, plastik, media, *Thin Layer Chromatography* (TLC), tabung, dan lain-lain peralatan untuk analisis.

Metode

Jagung dipanen dan dikupas kelobotnya, kemudian tongkol jagung dipanaskan di bawah sinar matahari sampai kadar air 18-20 %. Selanjutnya dilakukan pemipilan dan pengeringan lanjutan dengan menggunakan oven sampai kadar air 9-13 %. Perlakuan penyimpanan dilakukan dengan cara menimbang jagung masing-masing sebanyak 2 kg, kemudian dimasukkan ke dalam toples kaca yang berfungsi sebagai *respiration chamber*. Toples ditutup rapat dengan dilapisi *seal* pada celah bagian tutupnya untuk mencegah kebocoran. Kemudian gas CO₂ dimasukkan ke dalam toples sesuai perlakuan yang diterapkan yaitu 40 % dan 70 % serta kontrol terbuka (tanpa dimasukkan dalam toples dan tanpa pemberian gas CO₂). Untuk mengukur konsentrasi gas yang dimasukkan

dalam toples, dibuat lubang pada bagian tutup toples yang dihubungkan dengan selang plastik. Kemudian selang plastik dihubungkan pada alat pengukur konsentrasi CO₂ (*Cosmotector*) dan tabung pengisian CO₂. Perlakuan lain yaitu pemberian gas CO₂ 0 %, dilakukan dengan cara menutup toples berisi biji jagung namun tanpa diberi selang plastik yang dihubungkan ke *Cosmotector* (dengan kata lain dilakukan dalam kondisi kedap). Pengamatan dilakukan setiap 2 minggu sekali, yaitu pada minggu ke- 2; 4; 6 dan 8. Parameter yang diamati meliputi sifat fisik dan kimia jagung yaitu kerusakan fisik, kadar air, abu, protein, lemak, serat kasar dan kadar pati. Perlakuan dilakukan sebanyak tiga kali ulangan.

Kerusakan Fisik

Kerusakan fisik diukur dengan memisahkan biji-bijian yang rusak (yang ditandai dengan berlubangnya biji atau biji telah pecah-pecah) atau terinfeksi jamur (yang ditandai dengan timbulnya bintik-bintik hitam pada pangkal biji jagung) kemudian ditimbang berapa banyak biji yang telah rusak tersebut per satuan sampel yang diukur (%).

Kadar Air, Abu, Protein, Lemak, Serat Kasar

Pengukuran kadar air dilakukan dengan metode distilasi, sedangkan untuk kadar protein, lemak, serat kasar dan pati menggunakan metode seperti yang terdapat dalam SNI 2891-1992.

Analisis Data

Rancangan penelitian yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap. Data hasil penelitian dianalisis menggunakan program SPSS 15.0 dengan GLM (*General Linear Model*) untuk data sifat fisik dan kimia.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sifat Kimia Biji Jagung yang Disimpan Dengan Perlakuan CO₂

Kadar Air. Setelah dilakukan analisis statistik, penyimpanan jagung dengan atmosfer termodifikasi CO₂ memberikan hasil bahwa perlakuan penyimpanan CO₂ pada tiga taraf konsentrasi (0, 40 dan 70 %) dengan empat taraf lama penyimpanan (2, 4, 6, dan 8 minggu) mempengaruhi kadar air biji jagung (Tabel 1). Dari Gambar 1 di bawah ini terlihat bahwa kadar air untuk semua perlakuan memiliki kecenderungan yang sama. Pada penyimpanan empat minggu pertama kadar air mengalami penurunan dari kadar air pada awal penyimpanan (10,99%), tetapi setelah itu kembali naik namun masih dalam batas yang aman untuk penyimpanan. Penyimpanan dengan CO₂ lebih stabil dalam mempertahankan kadar air meskipun terlihat tidak berbeda nyata untuk masing-masing

kadar CO₂ selama penyimpanan. Sedangkan kadar air pada jagung kontrol terbuka (tanpa pemberian CO₂ dan tanpa di-

simpan dalam toples) ada kecenderungan untuk meningkat kembali.

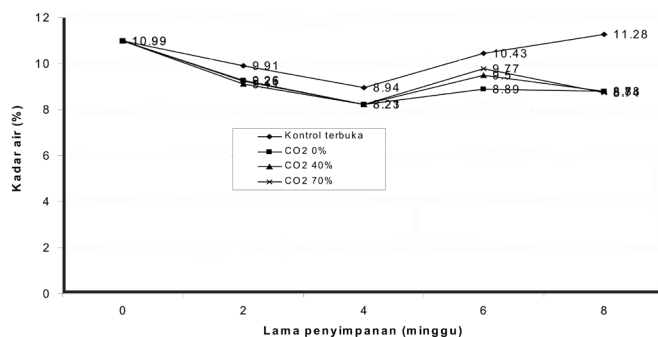
Tabel 1. Rata-rata nilai tengah (analisis statistik) kadar air dan serat kasar biji jagung dengan perlakuan CO₂ selama 8 minggu penyimpanan

Perlakuan		Rata-rata nilai tengah komposisi biji jagung dengan perlakuan CO ₂ selama 8 minggu penyimpanan	
Penyimpanan	Konsentrasi CO ₂	Kadar Air (%)	Serat Kasar (%)
2 minggu	0%	9,26 ^{cd}	2,95 ^{bcd}
	40%	9,11 ^{bcd}	3,23 ^{cd}
	70%	9,25 ^{cd}	3,14 ^{bcd}
4 minggu	0%	8,23 ^a	2,00 ^a
	40%	8,23 ^a	3,22 ^{cd}
	70%	8,21 ^a	2,90 ^{bcd}
6 minggu	0%	8,89 ^b	3,47 ^d
	40%	9,50 ^{de}	2,38 ^{ab}
	70%	9,77 ^e	3,33 ^d
8 minggu	0%	8,78 ^b	2,36 ^{ab}
	40%	8,80 ^b	2,44 ^{abc}
	70%	8,74 ^b	2,67 ^{abcd}

Keterangan :

Angka yang diikuti oleh huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan adanya pengaruh nyata dari interaksi antar perlakuan pada taraf 5% uji Duncan

Biasanya biji jagung dikeringkan dalam silo pada kadar air 14 %. Pengeringan yang tidak efisien dapat menyebabkan terbentuknya sejumlah kantung pada biji-bijian yang masih basah dan menyebabkan kadar air menjadi semakin tinggi (Magan dan Aldred, 2007). Pada penelitian ini, kadar air biji jagung yang diberi perlakuan CO₂ pada konsentrasi 0 %, 40 % dan 70 % selama 8 minggu masih menunjukkan angka di bawah 12% (Gambar 1), dan masih berada dalam batas aman serta memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI) mutu jagung untuk bahan baku pakan yaitu SNI 01-4483-1998 (maksimal kadar air 14 %, Tabel 2).



Gambar 1. Kadar air biji jagung pada penyimpanan dengan perlakuan CO₂ selama 8 (delapan) minggu penyimpanan

Tabel 2. Mutu jagung untuk bahan baku pakan

No.	Parameter uji	Persyaratan mutu
1.	Air	Maks. 14%
2.	Abu	Maks. 2%
3.	Lemak	Min. 3,0%
4.	Protein	Min. 7,5%
5.	Serat kasar	Maks. 3,0%
6.	Mikotoksin	Maks. 50 ppb
7.	Aflatoksin	Maks. 5,0 ppb
8.	Okrotoksin	Maks. 5,0%
9.	Butir pecah	Maks. 5,0%
10.	Warna lain	Maks. 2%
	Benda asing	Maks. 2%
	Kepadatan	Min. 700 kg/cm ³

Sumber: SNI 01-4483-1998

Kadar Abu. Analisis statistik menunjukkan bahwa perlakuan penyimpanan CO₂ pada tiga taraf konsentrasi (0, 40 dan 70 %) dengan empat taraf lama penyimpanan (2, 4, 6 dan 8 minggu) tidak mempengaruhi kadar abu biji jagung, namun secara faktor tunggal, lama penyimpanan berpengaruh (Tabel 3). Kadar abu menunjukkan nilai yang relatif stabil selama

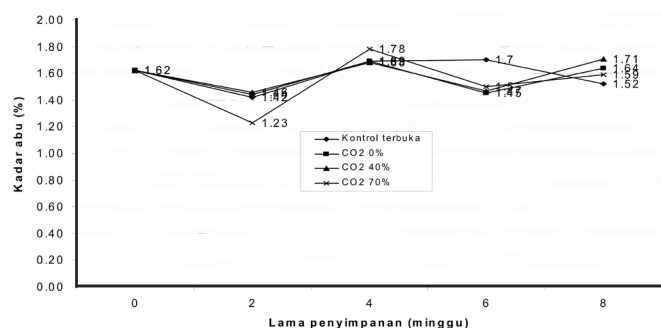
penyimpanan dengan CO₂ (Gambar 2). Pada awal penyimpanan, nilai kadar abu adalah 1,62 %, kemudian menurun pada minggu kedua menjadi 1,42 %; 1,44 %; 1,46 % dan 1,23 %; pada masing-masing perlakuan dengan penyimpanan kontrol terbuka, CO₂ 0 %, CO₂ 40% dan CO₂ 70 %. Nilai kadar abu meningkat pada minggu ke-4 penyimpanan dan kemudian menurun lagi pada minggu ke-6 dan kembali sedikit naik pada penyimpanan minggu ke-8. Kadar abu terbukti stabil dengan

penyimpanan CO₂. Nilai kadar abu ini masih memenuhi SNI jagung untuk bahan baku pakan (SNI 01-4483-1998) yaitu kadar abu maksimal 2 %. Kadar abu ini menunjukkan besarnya kandungan mineral dalam jagung yang disimpan karena mineral merupakan zat inorganik dalam makanan yang tidak terbakar selama proses pembakaran. Menurut Huelsen (1954) dalam Haddiana (2004), mineral yang terdapat dalam jagung manis terutama adalah kalsium, fosfor, dan zat besi.

Tabel 3. Rata-rata nilai tengah (analisis statistik) kadar abu, lemak, protein, pati dan rusak fisik biji jagung dengan perlakuan CO₂ selama 8 minggu penyimpanan

Perlakuan	Rata-rata nilai tengah komposisi biji jagung dengan perlakuan CO ₂ selama 8 minggu penyimpanan					
	Konsentrasi CO ₂	Abu	Lemak	Protein	Pati	Rusak Fisik
	0%	1,55 ^a	6,44 ^a	7,23 ^a	45,91 ^a	3,75 ^a
	40%	1,58 ^a	6,42 ^a	6,72 ^a	40,06 ^b	3,90 ^a
	70%	1,52 ^a	6,31 ^a	6,88 ^a	44,27 ^a	4,49 ^a
Penyimpanan	2 minggu	1,37 ^a	5,73 ^a	6,68 ^a	45,14 ^a	4,29 ^{ab}
	4 minggu	1,72 ^c	6,07 ^{ab}	7,20 ^a	41,52 ^a	2,56 ^a
	6 minggu	1,47 ^{ab}	6,90 ^b	6,60 ^a	45,61 ^a	5,54 ^b
	8 minggu	1,65 ^{bc}	6,85 ^b	7,30 ^a	41,39 ^a	3,79 ^{ab}

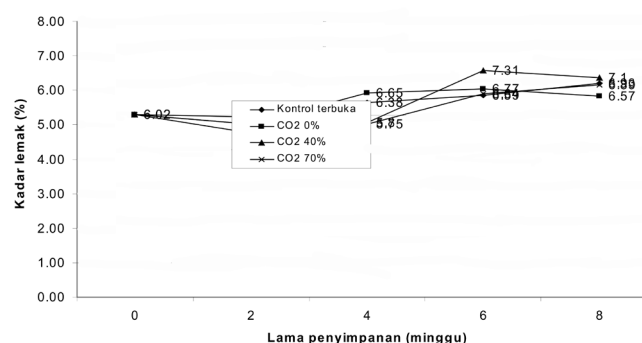
Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan adanya pengaruh secara tunggal (tanpa interaksi) dari perlakuan tersebut pada taraf 5% uji Duncan



Gambar 2. Kadar abu biji jagung pada penyimpanan dengan perlakuan CO₂ selama 8 (delapan) minggu penyimpanan

Kadar Lemak. Analisis statistik menunjukkan bahwa perlakuan penyimpanan CO₂ pada tiga taraf konsentrasi (0, 40 dan 70 %) dengan empat taraf lama penyimpanan (2, 4, 6 dan 8 minggu) tidak mempengaruhi kadar lemak biji jagung, namun secara faktor tunggal, lama penyimpanan mempengaruhi kadar lemak biji jagung (Tabel 3). Pada awal penyimpanan, kadar lemak biji jagung adalah 6,02% kemudian menurun pada minggu ke-2 menjadi 5,74 %; 5,76 %, 5,49 % dan 5,95 % masing-masing pada penyimpanan dengan kontrol terbuka,

CO₂ 0 %, CO₂ 40 %, dan CO₂ 70 % dan selanjutnya terus meningkat kembali sampai stabil pada minggu ke-8 (Gambar 5). Kadar lemak ini masih memenuhi persyaratan dalam SNI jagung untuk bahan baku pakan (SNI 01-4483-1198), yaitu kadar lemak minimal 3,0 %.



Gambar 3. Kadar lemak biji jagung pada penyimpanan dengan perlakuan CO₂ selama 8 (delapan) minggu penyimpanan

Perubahan biokimia yang paling penting selama penyimpanan adalah respirasi. Biji-bijian adalah organisme yang hidup, oleh karenanya biji akan tetap bernafas setelah

dipanen. Proses ini akan mengakibatkan metabolisme karbohidrat dan lemak yang menghasilkan karbondioksida, air dan panas. Suhu yang lebih tinggi (sampai pada suhu hilangnya aktivitas enzim) cenderung mempercepat pernafasan, demikian pula dengan kadar air yang tinggi mempunyai akibat yang sama. Air dan panas yang ditimbulkan oleh pernafasan akan memudahkan tumbuhnya mikroorganisme dan hama disamping meningkatkan kecepatan pernafasan (Winarno, 1997). Penyimpanan dengan CO₂ sampai 70 % terbukti menyebabkan perubahan kadar lemak menjadi lebih stabil.

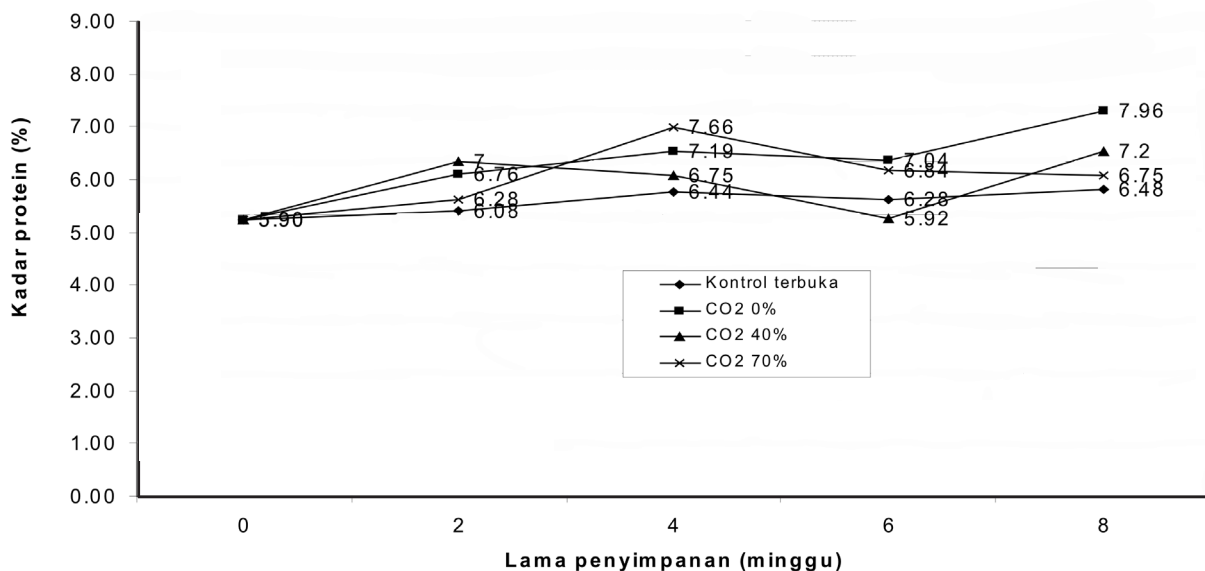
Menurut Huelsen (1954) dalam Haddiana (2004), lemak tidak begitu berpengaruh selama proses pematangan jagung manis, sehingga dengan bertambahnya umur panen tidak banyak mengalami perubahan. Adanya perbedaan masing-masing komponen antara hasil pengamatan dan referensi tersebut disebabkan oleh umur, kondisi pertumbuhan dan tempat tumbuhnya. Selama penyimpanan kadar lemak mengalami reaksi oksidasi, hal ini menyebabkan bau tengik pada produk yang disimpan. Dilaporkan bahwa jagung manis jarang menghasilkan bau tengik, karena kandungan lemak jagung manis hanya sedikit yaitu sekitar 2,60 %.

Kadar Protein. Analisis statistik menunjukkan bahwa perlakuan penyimpanan CO₂ pada tiga taraf konsentrasi (0, 40 dan 70 %) dengan empat taraf lama penyimpanan (2, 4, 6 dan 8 minggu) tidak mempengaruhi kadar protein biji jagung, begitu pula dengan faktor tunggalnya (taraf konsentrasi CO₂ dan penyimpanan) (Tabel 3). Kadar protein pada biji jagung yang disimpan dengan CO₂ berfluktuasi pada minggu ke-2

sampai minggu ke-8 (Gambar 4), namun nilainya relatif stabil, akan tetapi masih sedikit lebih rendah daripada kadar protein yang dipersyaratkan SNI jagung untuk bahan baku pakan (SNI 01-4483-1998), yang mempersyaratkan kadar protein minimal 7,5 %.

Menurut Takahashi dan Kiyosha (1928), pada komoditas jiwawut, dengan menggunakan metode kimia dapat dilihat bahwa sejumlah besar perubahan kimia terjadi dalam protein jiwawut selama masa penyimpanan. Pemecahan protein terjadi karena adanya hidrolisa oleh enzim proteolitik menjadi polipeptida, yang kemudian menghasilkan asam amino. Tetapi proses ini berjalan lambat selama proses pematangan buah atau biji-bijian (Fennema, 1985).

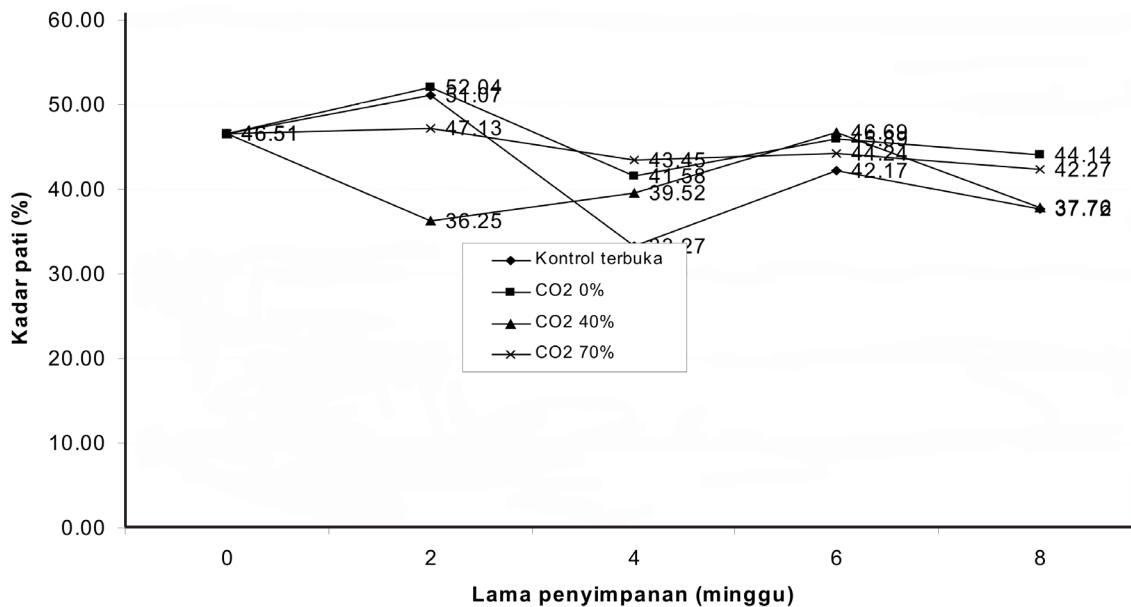
Pada awal penyimpanan, kadar protein biji jagung adalah 5,90 % dan meningkat pada minggu ke-2 menjadi 6,08 %; 6,76 %; 7 % dan 6,28 % pada penyimpanan dengan perlakuan kontrol terbuka, CO₂ 0 %, CO₂ 40 %, dan CO₂ 70 %. Walaupun ada beberapa fluktuasi, namun kadarnya relatif stabil sampai 8 minggu penyimpanan. Menurut Winarno (1997), selama penyimpanan tepung-tepungan, nitrogen total sebagian besar tidak mengalami perubahan, akan tetapi nitrogen dari protein sedikit menurun. Perlakuan penyimpanan biji jagung dengan perlakuan CO₂ dapat mempertahankan kandungan protein sehingga tetap stabil dan bahkan cenderung meningkat pada penyimpanan sampai minggu ke-8. Nilainya yang sedikit lebih rendah di bawah SNI jagung untuk bahan baku pakan (SNI 01-4483-1998) yaitu minimal 7,5 % lebih disebabkan karena kandungan protein dalam bahan awalnya juga relatif lebih rendah (5,90 %).



Gambar 4. Kadar protein biji jagung pada penyimpanan dengan perlakuan CO₂ selama 8 (delapan) minggu penyimpanan

Kadar Pati. Kadar pati pada biji jagung yang disimpan dengan CO₂ meningkat pada minggu ke-2 dari kadar pati pada bahan awalnya (46,51 %) untuk ketiga perlakuan kecuali pada CO₂ 40 % (kadaranya turun menjadi 36,25 %). Kadar pati pada keempat konsentrasi CO₂ sangat fluktuatif, ada yang menurun pada minggu ke-2 dan ke-4 (seperti pada biji jagung yang disimpan dengan perlakuan kontrol terbuka, CO₂ 0 % dan 70 %, tetapi ada juga yang meningkat seperti pada perlakuan CO₂ 40

%), tetapi rata-rata meningkat kembali pada minggu ke-6 dan terus turun lagi pada minggu ke-8 (Gambar 5). Analisis statistik menunjukkan bahwa perlakuan penyimpanan CO₂ pada tiga taraf konsentrasi (0, 40 dan 70 %) dengan empat taraf lama penyimpanan (2, 4, 6, dan 8 minggu) tidak mempengaruhi kadar pati biji jagung, tetapi secara faktor tunggal, taraf konsentrasi CO₂ berpengaruh nyata (Tabel 3). Kandungan pati pada biji jagung yang disimpan dengan perlakuan CO₂ nilainya relatif stabil.



Gambar 5. Kadar pati biji jagung pada penyimpanan dengan perlakuan CO₂ selama 8 (delapan) minggu penyimpanan

Menurut Bidwell (1979) dan Duffus (1980) dalam Purnomo (1988), selama penyimpanan biji-bijian terjadi polimerisasi gula-gula sederhana menjadi pati. Jagung muda terutama jagung manis mengandung enzim-enzim pensintesa pati, misalnya enzim fosforilase, enzim-D, enzim-Q dan *UDPG-starch transglucosylase* (Krogmann, 1979). Enzim tersebut mempunyai fungsi yang berlainan dalam proses perubahan gula menjadi pati. Selanjutnya ia menyatakan bahwa perubahan gula menjadi pati makin cepat dengan meningkatnya aktivitas enzim fosforilase.

Karena terjadi penurunan kadar gula dan peningkatan kadar pati, kemungkinan jumlah gula yang hilang akan digantikan oleh terbentuknya pati selama penyimpanan, namun ternyata bahwa penurunan kadar gula tidak sebanding dengan peningkatan kadar pati. Menurut Fennema (1985), penurunan kadar gula selama penyimpanan tidak sama dengan jumlah pati yang terbentuk. Hal ini disebabkan adanya hubungan yang kompleks antara perubahan kadar gula dan kadar pati di dalam biji-bijian. Perubahan yang terjadi tergantung dari pe-

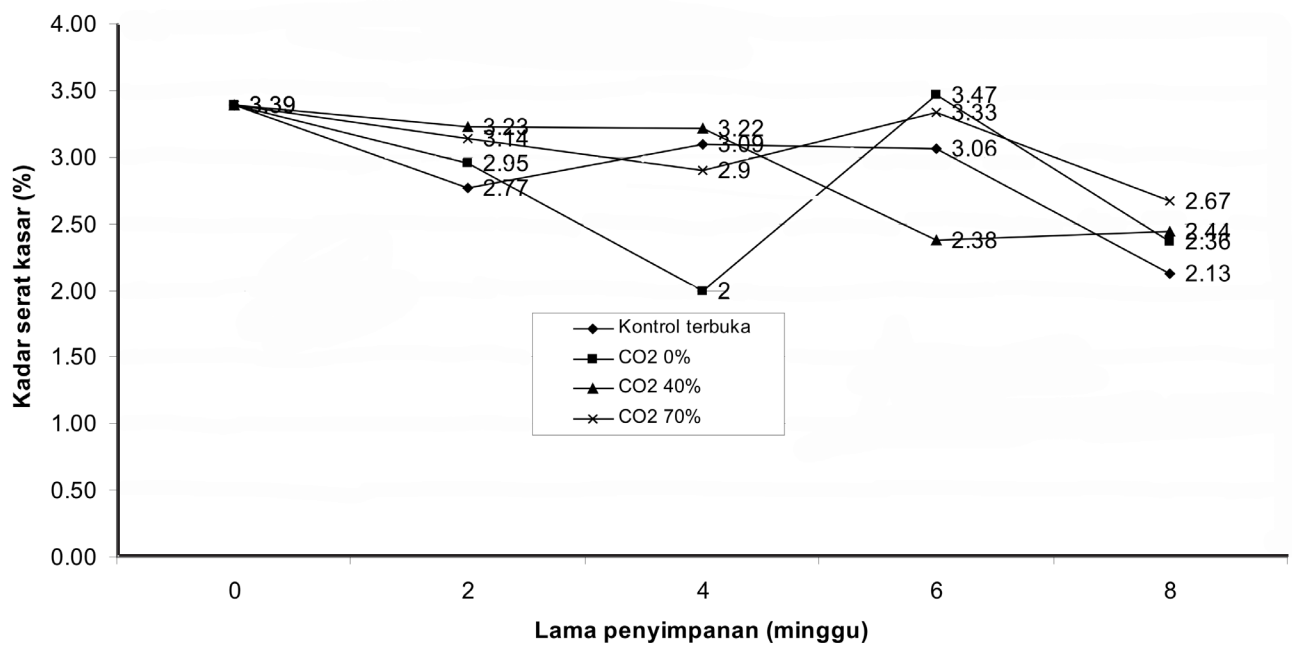
ranan masing-masing komponen dalam proses metabolisme biji-bijian.

Kandungan utama jagung adalah karbohidrat atau pati (60 %). Dalam penelitian ini, walaupun menunjukkan fluktuasi, namun kadar pati pada biji jagung relatif stabil selama penyimpanan. Menurut Winarno (1997), penyimpanan jagung mengurangi kadar pati (berkurang sampai 45% pada jagung segar). Penurunan pati ini terjadi karena selama penyimpanan biji-bijian, terjadi perubahan-perubahan sebagai berikut: 1) Hidrolisis pati karena kegiatan enzim amilase, 2) kurangnya gula karena pernafasan, 3) terbentuknya bau asam dan bau apek dari karbohidrat karena kegiatan mikroorganisme, 4) reaksi kecoklatan bukan karena enzim (*non-enzymatic browning*).

Kadar Serat Kasar. Analisis statistik menunjukkan bahwa perlakuan penyimpanan CO₂ pada tiga taraf konsentrasi (0, 40 dan 70 %) dengan empat taraf lama penyimpanan (2, 4, 6, dan 8 minggu) mempengaruhi kadar serat kasar biji

jagung (Tabel 2). Kadar serat kasar pada biji jagung yang disimpan tanpa CO₂ sangat fluktuatif (3,39 % pada bahan awal, kemudian menurun di minggu ke-2 menjadi 2,77 %; 2,95 %; 3,23 % dan 3,14 % masing-masing pada penyimpanan kontrol terbuka, CO₂ 0 %, CO₂ 40 %, dan CO₂ 70 %). Pada minggu ke-4, kadar serat kasar yang disimpan pada kontrol terbuka meningkat menjadi 3,09 % sedangkan yang lainnya memperlihatkan *trend* yang menurun, yaitu kadar serat pada konsentrasi CO₂ 40 % (dari 3,23 % menjadi 3,22 %), kadar serat pada konsentrasi 70 % (3,14 % menjadi 2,0 %), dan terutama sekali kadar serat pada konsentrasi CO₂ 0 % yang menurun

tajam dari 2,95 % menjadi 2,0 % (Gambar 6). Walaupun demikian, kadar serat kasar ini kemudian relatif stabil di minggu ke-4 dan terus stabil pada minggu ke-6 sampai minggu ke-8. Kadar serat pada konsentrasi CO₂ 0% yang menurun cukup tajam pada minggu ke-4 menjadi 2 % meningkat kembali pada minggu ke-6 menjadi 3,47 % dan terus turun lagi menjadi 2,36 % pada minggu ke-8. Adapun biji jagung yang disimpan dengan perlakuan CO₂ 40 % dan 70 % relatif stabil selama penyimpanan (Gambar 6). Kadar serat kasar ini masih memenuhi syarat kadar serat kasar pada jagung untuk bahan baku pakan (SNI 01-4483-1998) yaitu maksimal 3%.

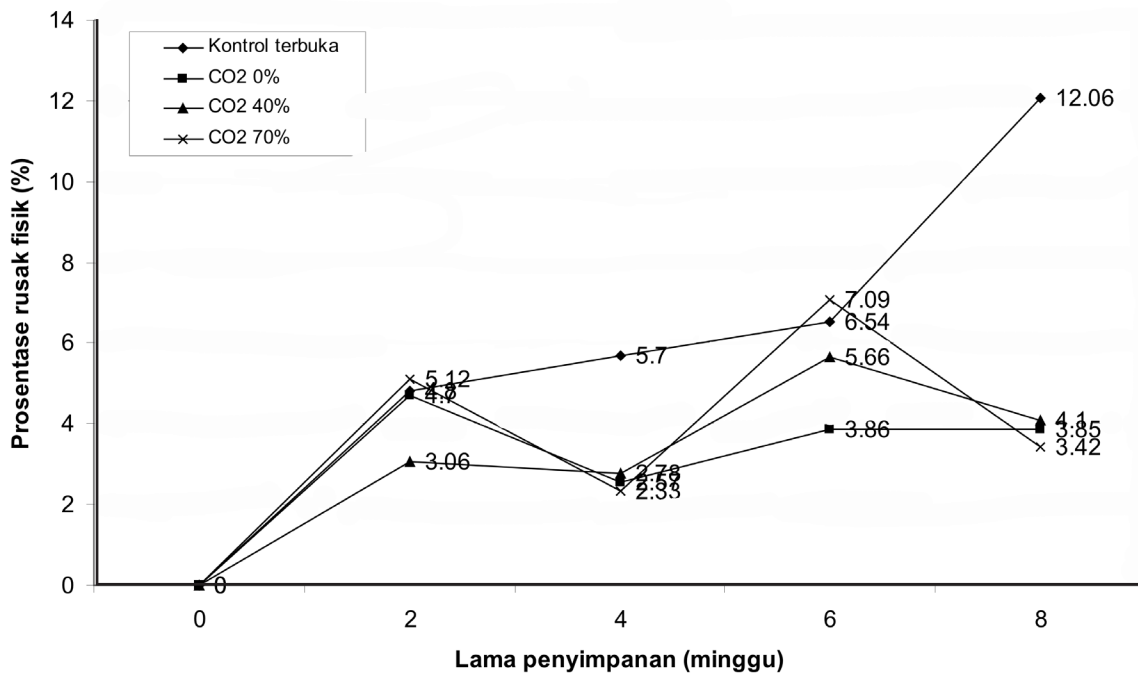


Gambar 6. Kadar serat kasar biji jagung pada penyimpanan dengan perlakuan CO₂ selama 8 (delapan) minggu penyimpanan

Sifat Fisik Biji Jagung yang Disimpan dengan Perlakuan CO₂

Prosentase Rusak Fisik. Perlakuan penyimpanan CO₂ pada tiga taraf konsentrasi (0, 40 dan 70 %) dengan empat taraf lama penyimpanan (2, 4, 6, dan 8 minggu) tidak mempengaruhi kadar prosentase rusak fisik biji jagung, tetapi secara faktor tunggalnya, empat taraf lama penyimpanan berpengaruh (Tabel 3). Kadar rusak fisik pada biji jagung yang disimpan dengan CO₂ meningkat pada minggu ke-2 dari kadar prosentase rusak fisik pada bahan awalnya (0 %), tetapi kemudian menurun lagi sedikit pada minggu ke-4 dan terus meningkat pada minggu ke-6 dan terus menurun pada minggu ke-8, kecuali pada biji jagung yang disimpan pada kontrol

terbuka, yang prosentase rusak fisiknya terus meningkat dan melonjak tajam menjadi 12,06 % pada penyimpanan minggu ke-8 (Gambar 7). Menurut SNI 01-4483-1998, kadar rusak fisik pada biji jagung untuk bahan baku pakan tidak boleh melebihi 5 %. Lonjakan rusak fisik yang melampaui 5 % (pada penyimpanan dengan CO₂ 40 %) bahkan hingga 7,09 % (pada penyimpanan dengan CO₂ 70 %) diakibatkan oleh meningkatnya kembali kadar air pada minggu ke-6 tersebut (Gambar 1). Kadar air yang tinggi menjadi penyebab tumbuhnya jamur atau cendawan yang menggunakan nutrisi pada biji jagung sehingga menjadi penyebab tingginya kerusakan pada biji jagung yang dapat terlihat. Pada minggu ke-8, rusak fisik kembali menurun untuk semua perlakuan. Penyimpanan biji jagung dengan CO₂ 70 % memiliki prosentase rusak fisik



Gambar 7. Kadar rusak fisik biji jagung pada penyimpanan modifikasi atmosfer C_2 selama 8 (delapan) minggu penyimpanan

yang paling sedikit (3,06 %). Menurut SNI 01-4867-3-1998 (SNI Mutu Jagung), biji jagung dalam penelitian ini masih termasuk dalam Mutu II (butir rusak maksimum 4 %).

Pada kontrol terbuka (disimpan tanpa wadah dan tidak diberikan CO_2), terlihat bahwa kerusakan fisik pada biji jagung terjadi lebih cepat atau meningkat selama penyimpanan, dari 4,80 % pada penyimpanan minggu ke-2 sampai 12,06 % pada penyimpanan minggu ke-8 (Gambar 8). Demikian juga kadar airnya meningkat cukup tinggi hingga mencapai 11,28 % pada penyimpanan minggu ke-8. Hal ini dapat dipahami karena kondisi udara luar cukup lembab/panas yang dapat menyebabkan jamur atau cendawan perusak biji-bijian lainnya tumbuh subur sehingga menyebabkan kerusakan fisik pada biji jagung menjadi lebih cepat terjadi.

Pada penelitian ini, kadar abu, lemak dan serat kasar masih memenuhi standar, sedangkan kadar protein masih rendah (dibawah 7,5 %) dan belum memenuhi SNI jagung untuk bahan baku pakan. Kadar protein yang rendah disebabkan kadarnya pada bahan awal juga cukup rendah (5,90 %). Hal yang sama terjadi pada kadar pati, kecenderungannya terus menurun dari 51,07 % pada minggu ke-2 menjadi 37,72 % pada minggu ke-8. Menurut Giorni dkk. (2008), kontrol atmosfer yang dikombinasikan dengan perlakuan aw tertentu menunjukkan bahwa perlakuan 25 % CO_2 cukup efisien untuk mengurangi perkembangan *A. Flavus* namun setidaknya-tidaknya paling kurang 50 % CO_2 dibutuhkan untuk mendapatkan pen-

gurangan yang signifikan pada sintesis aflatoksin. Dari semua parameter sifat kimia dan prosentase rusak fisik pada biji jagung yang disimpan dengan perlakuan CO_2 40 %, CO_2 70 % dan tanpa CO_2 , dapat direkomendasikan bahwa penyimpanan jagung dengan perlakuan CO_2 dapat dilakukan karena lebih dapat mempertahankan komposisi gizi yang terkandung pada biji jagung dibanding pada biji jagung yang tidak mendapatkan perlakuan CO_2 .

KESIMPULAN

Penyimpanan jagung dengan perlakuan CO_2 pada kisaran 40-70 % telah memberikan harapan dalam memperpanjang daya simpan jagung, karena terbukti dapat menjaga kadar air dan mempertahankan kandungan nutrisi (lemak, protein, dan pati). Penggunaan cara penyimpanan dengan modifikasi atmosfer ini memungkinkan petani atau distributor melakukan perencanaan distribusi yang lebih luas jangkauannya. Sistem penyimpanan dengan cara ini dapat pula diterapkan pada penyimpanan jagung dalam silo. Penanganan dan pengeringan yang baik akan memberikan daya simpan yang baik bagi jagung tersebut. Disamping itu sistem penjadwalan dalam sistem penanaman, penanganan, penyimpanan dan distribusi menjadi penting artinya dalam rangka pemenuhan kebutuhan jagung sepanjang tahun baik untuk pangan maupun pakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous. (1998). SNI 01-4867-3-1998. Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- Anonymous. (2007). Kebutuhan Inovasi Teknologi Pasca Panen Hasil Pertanian Tahun 2010-2014. Direktorat Jenderal Pengolahan dan Pemasaran Hasil Pertanian Jakarta 2008. Makalah disampaikan pada Raker BB Pascapanen tanggal 11-13 Agustus 2008 di Bogor.
- Anonymous. (2008a). Prospek dan Arah Pengembangan Abribisnis: Dukungan Aspek Teknologi Pascapanen. <http://www.litbang.deptan.go.id/special/komoditas/b1pascapanen>. Diakses tanggal 24 November 2008.
- Anonymous. (2008b). TTG Pengolahan Pangan. <http://www.iptek.net.id/ind/warintek/?mnu=6&ttg=6&doc=6a6>. [24 November 2008].
- Bradburn, N., Blunden, G., Coker, R.D. dan Jewers, K. (1993). Aflatoxin contamination of maize. *Tropical Science* **33**: 418-428.
- Dharmaputra, O.S., Tjitrosomo, H.S.S., Wardani, T.S. dan Halid, H. (1992). The Effect of Carbondioxide on Some Biological Aspect of *Aspergillus flavus*. Proceeding of the 13th ASEAN Seminar on Grain Postharvest Tehnology, Bandar Seri Begawan, Brunei Darussalam.
- Giorni, P., Battilani, P., Petri, A. dan Magan, N. (2007). Effect of a_w and CO_2 level on *Aspergillus flavus* growth and aflatoxin production in high moisture maize post-harvest. *International Journal of Food Microbiology* **122**: 109-113.
- Guynot, M.E., Marin, S., Sanchis, V., Ramos, A.J. (2003). Modified atmosfer packaging for prevention of mold spoilage of bakery products with different pH and water activity levels. *Journal of Food Protection* **66**: 1864-1872.
- Haddiana, A. (2004). Kajian Penyimpanan Rajangan Jagung Semi (*Baby Corn*) dengan Atmosfer Termodifikasi. Skripsi. Jurusan Mekanisasi Pertanian. Institut Pertanian Bogor.
- Kristanto, A. (2008). Teknologi Pascapanen untuk Peningkatan Mutu Jagung. www.google.co.id. [21 November 2008].
- Magan, N. dan Aldred, D. (2007). Post-harvest control strategies: minimizing mycotoxins in the food chain. *International Journal of Food Microbiology* **119**: 131-139.
- Purnomo, H. (1988). *Mempelajari Pengaruh Umur Panen dan Cara Kemas terhadap Sifat Fisiko Kimia Jagung Manis (Zea mays saccharata) Selama Penyimpanan*. Skripsi. Jurusan Mekanisasi Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Purwadaria, H.K. (1987). *Teknologi Penanganan Pascapanen Jagung*. Deptan – FAO. UNDP. Development and Utilization of Postharvest Tools and Equipment.
- Syarief, R. dan Halid, H. (1993). Teknologi Penyimpanan Pangan. ARCAN, Jakarta.
- Takahashi, E. dan Kiyosha, S. (1928). The change of barley proteins. 1 – The change of proteins on storage. *Buletin of Agricultural Chemistry Society of Japan* **4**: 55-56.
- Winarno, F.G. (1997). *Kimia Pangan dan Gizi*. Penerbit PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.