

Perubahan Mutu Beras Analog Jagung Selama Penyimpanan dan Penentuan Umur Simpannya dengan Metode Arrhenius

Quality Changes of Corn-rice Analog during Storage and its Shelf-Life Determination Using Arrhenius Model

Feri Kusnandar^{1,2)*}, Mutia Khonza¹⁾, Slamet Budijanto^{1,2)}

¹⁾Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Bogor

²⁾South East Asian Food and Agricultural Science and Technology Center, Institut Pertanian Bogor, Bogor

Abstract. Corn is a carbohydrate that can be processed into corn-rice analog. The product has acceptable physical and sensory qualities. However, its quality changes during storage and shelf-life has not been reported. The objective of this research was to evaluate quality changes of corn-rice analog during storage and to predict its self-life using accelerated shelf-life testing (ASLT) applying Arrhenius model. Corn-rice analog was stored at 35, 45, and 55°C, and periodically analyzed for 35 days. The analyses included the changes of thio barbituric acid (TBA) number, colour, and sensory quality (rancid odor and color intensity). The TBA number did not inconsistently change during storage. The significant quality changes was due to colour changes (L, a, and b values) of corn-rice analog and rancid odor and color by panelist for corn rice analog before and after cooking. The b value parameter was the most critical quality parameter. Based on its b value, the rice analog had shelf-life of 3 month 17 days at room temperature (25°C).

Keywords: analog rice, Arrhenius model, colour, shelf-life

Abstrak. Jagung merupakan sumber karbohidrat yang dapat diolah menjadi beras analog jagung (BAJ). BAJ yang dikembangkan memiliki mutu fisik dan sensori yang dapat diterima. Namun demikian, perubahan mutu dan masa simpan dari produk BAJ ini belum dilaporkan. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi perubahan mutu BAJ selama penyimpanan dan menduga umur simpannya dengan menggunakan metode *accelerated shelf-life testing* (ASLT) dengan model Arrhenius. Produk BAJ disimpan pada suhu 35, 45, dan 55°C dan dianalisis secara berkala selama 35 hari. Analisis mencakup analisis kimia (uji bilangan TBA), analisis fisik (warna) dan mutu sensori (intensitas ketengikan dan warna). Perubahan mutu BAJ yang nyata selama penyimpanan adalah perubahan nilai L, a, b, intensitas aroma tengik dan warna beras oleh panelis untuk BAJ sebelum dan setelah dimasak. Parameter nilai b merupakan parameter mutu yang paling cepat mengalami perubahan selama penyimpanan. Berdasarkan parameter nilai tersebut, umur masa simpan produk BAJ ruang adalah 3 bulan 17 hari pada suhu ruang.

Kata Kunci: beras analog jagung, model Arrhenius, umur simpan, warna

Aplikasi Praktis: Penelitian ini memberikan informasi tentang mutu beras analog dari jagung, dan perubahannya selama penyimpanan, serta umur simpannya berdasarkan pada parameter mutu kritis. Informasi ini berguna bagi pelaku usaha atau calon investor yang akan mengembangkan beras analog dari jagung.

PENDAHULUAN

Jagung merupakan salah satu komoditas pertanian yang penting. BPS (2016) menyatakan produksi jagung nasional pada tahun 2015 adalah 19.61 juta ton, yang mengalami peningkatan sebesar 3.17% atau lebih tinggi 0.61 juta ton dibanding produksi pada tahun 2014. Pada tahun 2016, Kementerian Pertanian memproyeksikan produksi jagung naik menjadi 24 juta ton atau diharapkan meningkat sebesar 8.8%. Jagung dimanfaatkan untuk konsumsi pangan dan non-pangan. Jagung mengandung 61-78% karbohidrat, 12% protein, dan 5.7% lemak (White dan Johnson 2003). Kandungan karbohidrat,

protein dan lemak cukup tinggi pada jagung hampir mendekati nilai gizi beras, sehingga salah satu pemanfaatan jagung untuk mensubstitusi beras dengan mengolahnya menjadi beras analog jagung (BAJ).

Beras analog adalah produk olahan yang dapat dibuat dari seluruhnya tepung non-beras berbentuk seperti butiran beras. Beras analog jagung diproduksi dengan lima tahap yaitu persiapan bahan, pencampuran bahan kering lalu ditambahkan air, pengkondisian, ekstrusi suhu 85-90°C, dan pengeringan dengan oven suhu 60°C selama 3 jam (Budijanto dan Yuliyanti 2012). Beras analog mengandung karbohidrat dan protein tinggi, sehingga kandungan nutrisinya hampir menyamai beras sosoh.

Beras analog mengalami perubahan mutu selama penyimpanan yang disebabkan oleh faktor eksternal/ lingkungan (seperti suhu, kelembapan, oksigen, dsb) dan faktor internal (komponen penyusun bahan pangan, pH, dan aktivitas air). Kedua faktor tersebut berpengaruh terhadap umur simpan beras analog. Umur simpan merupakan selang waktu antara saat produk telah diproduksi hingga saat konsumsi dalam kondisi yang memuaskan pada sifat-sifat penampakan, rasa, aroma, tekstur, dan nilai gizi (IFT 1974). Budijanto *et al.* (2010) menyatakan umur simpan merupakan parameter yang penting untuk mengetahui ketahanan produk selama proses penyimpanan dan merupakan bagian dari konsep pemasaran produk, serta berkaitan erat dengan jenis kemasan yang digunakan. Dalam hal ini pemerintah mewajibkan produsen untuk mencantumkan tanggal kadaluwarsa pada kemasan produk yang dikaji dalam Undang-undang Nomor 18 Tahun 2012 tentang Pangan dan Peraturan Pemerintah Nomor 69 Tahun 1999 tentang Label dan Iklan Pangan. Pencantuman waktu kadaluwarsa memberikan informasi kepada konsumen tentang batas waktu konsumsi suatu makanan. Hal ini juga dapat memberikan informasi kepada distributor atau penjual agar dapat mengatur stok barang, dan dapat membantu dalam pengawasan mutu produk bagi pihak produsen. Pencantuman informasi umur simpan menjadi sangat penting terkait mutu produk pangan tersebut, dan untuk menghindari masyarakat dari mengonsumsi produk yang tidak layak dikonsumsi.

Beras analog sudah diproduksi pada skala industri, namun belum diketahui umur simpannya. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian untuk menentukan umur simpan BAJ tersebut. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menentukan umur simpan adalah dengan metode *Accelerated Shelf-life Testing* (ASLT) pendekatan model Arrhenius. Model ini sesuai untuk produk pangan yang mengalami kerusakan akibat reaksi kimia, seperti ketengikan atau perubahan warna. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi perubahan mutu BAJ selama penyimpanan dan menentukan umur simpan BAJ dengan menggunakan metode ASLT model Arrhenius.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah beras analog berbahan dasar tepung jagung, serta bahan kimia yang digunakan untuk analisa. Beras analog jagung diperoleh dari PT FITS Mandiri, Bogor. Bahan penelitian yang dibutuhkan dalam penelitian meliputi HCl, pereaksi TBA, dan akuades. Pengemas yang digunakan adalah plastik nilon pouch.

Alat ekstruder yang digunakan untuk produksi beras analog adalah ekstruder tipe DG75-II *Twin Screw Extruder* dengan installed power 121 kw, kapasitas 200-250 kg/h. Mesin pengering yang digunakan adalah oven tipe RQ(Y) KX *Multi-Layer Oven Gas (Oil) Fired*. Alat

lainnya adalah mesin *sealer* untuk mengemas beras analog. Peralatan analisis yang digunakan meliputi inkubator suhu 35, 45, dan 55°C, timbangan analitik, oven, penjepit, spektrofotometer, destilator, waring blander, *water bath*, Chromameter Minolta CR 300, alat gelas, dan peralatan lainnya.

Tahap penelitian

Penelitian dilakukan dalam tiga tahap, yaitu (1) proses produksi dan karakterisasi mutu awal produk BAJ, (2) evaluasi laju perubahan mutu BAJ pada suhu penyimpanan pada suhu 35, 45, dan 55°C, (3) penentuan batas kritis dan pendugaan umur simpan pada beberapa kondisi suhu penyimpanan.

Proses produksi BAJ

Komposisi BAJ adalah tepung jagung, tepung sagu, air, Glyceryl Mono Stearate (GMS), dan jelly powder dengan perbandingan tertentu. Proses produksi mencakup tahapan penimbangan, pencampuran, ekstrusi, pengeringan, dan pengemasan. Berbeda dari yang dilaporkan oleh Budi *et al.* (2013), proses yang dilakukan tidak menggunakan tahapan pre-kondisi. Penimbangan bahan baku dilakukan sesuai dengan formulasi yang telah ditentukan. Tahap pencampuran dilakukan menggunakan mixer dengan kapasitas 50 l yang bertujuan untuk mencampurkan beberapa bahan hingga homogen. Bahan kering dicampurkan terlebih dahulu, kemudian dicampurkan dengan air hingga menjadi adonan.

Tahapan selanjutnya adalah ekstrusi menggunakan ekstruder pada suhu 80°C. Adonan hasil proses pencampuran dimasukan ke dalam hopper lalu dialirkan oleh *double screw* yang menekan dan membawa adonan menuju die dan keluar berbentuk seperti butiran beras. Beras analog selanjutnya dikeringkan dalam oven pada suhu 110°C yang bertujuan untuk mengurangi kadar air dalam beras upaya memperpanjang umur simpan. Tahap terakhir pada produksi beras analog jagung adalah pengemasan menggunakan plastik nilon pouch kemudian disaling menggunakan *sealer*. Produk BAJ yang dihasilkan dianalisis warnanya dengan menggunakan Chromameter (nilai L, a, dan b), dan analisis proksimat (kadar air, kadar abu, lemak total, protein, karbohidrat total, dan serat pangan).

Pengamatan perubahan mutu selama penyimpanan

Pengamatan ini dilakukan dengan menyimpan produk di dalam inkubator pada tiga suhu penyimpanan, yaitu 35, 45, dan 55°C. Pengambilan sampel dilakukan pada hari ke-0, 7, 14, 21, 28, dan 35. Pengambilan sampel diperpanjang sampai sampel benar-benar tidak dapat diterima oleh panelis (terutama pada suhu 35 dan 45°C). Rentang pengambilan sampel untuk suhu 55°C lebih pendek, yaitu pada hari ke-0, 3, 7, 10, 14, 17, 21, 24, 28, dan 35 hari. Sampel diambil pada periode yang ditentukan untuk dianalisis, yang mencakup uji bilangan TBA, analisis fisik secara objektif (warna), dan uji organoleptik (intensitas ketengikan dan warna). Uji organoleptik dilakukan pada sampel BAJ sebelum

dimasak (dalam bentuk beras) dan setelah dimasak (dalam bentuk nasi).

Laju perubahan mutu selama penyimpanan

Data perubahan mutu selama penyimpanan pada suhu yang berbeda tersebut diplotkan untuk mengetahui laju perubahan mutunya, dan dapat ditentukan konstanta laju reaksinya (k), dan ditentukan apakah mengikuti pola ordo nol atau satu (persamaan 1 dan 2). Ordo reaksi ditentukan berdasarkan pada nilai R2 yang tertinggi. Nilai k pada masing-masing suhu penyimpanan dari parameter mutu yang mengalami perubahan yang signifikan selama penyimpanan selanjutnya diolah dengan menggunakan persamaan Arrhenius (persamaan 3), sehingga diperoleh model persamaan yang dapat digunakan untuk menentukan nilai k pada suhu penyimpanan yang diinginkan.

Ordo nol : $Q_t = Q_o - kt \dots\dots\dots(1)$

Ordo satu : $\ln(Q_t) = \ln(Q_o) - kt \dots\dots\dots(2)$

Persamaan Arrhenius : $k = k_o \times e^{(-\frac{E_a}{RT})} \dots\dots\dots(3)$

dimana, Q_o = Batas awal dari parameter mutu; Q_t = batas akhir dari parameter mutu; k = konstanta laju reaksi perubahan mutu; k_o = konstanta (tidak tergantung suhu); E_a = energi aktivasi ; T = suhu mutlak ($^{\circ}C + 273$); R = konstanta gas (1.986 kal/mol $^{\circ}K$); t = umur simpan.

Penentuan batas mutu kritis

Batas mutu kritis (Q_t) untuk parameter objektif (bilangan TBA dan warna) ditentukan berdasarkan korelasi dengan batas penerimaan mutu organoleptik (pada saat produk mulai ditolak oleh panelis), yaitu bilangan TBA dengan intensitas ketengikan dan warna (L, a, dan b) dengan nilai warna oleh panelis.

Penentuan umur simpan

Umur simpan ditentukan dengan memasukkan nilai konstanta laju reaksi (k) pada suhu penyimpanan dari persamaan Arrhenius yang diperoleh. Umur simpan BAJ didasarkan parameter mutu kritis yang memiliki nilai koefisien korelasi (R^2) tertinggi atau mendekati satu, dan memberikan perkiraan umur simpan yang paling pendek. Umur simpan pada suhu penyimpanan normal (25 $^{\circ}C$) berdasarkan model persamaan ordo 0 atau 1.

Analisis proksimat

Analisis proksimat (kadar air, kadar abu, kadar protein, kadar lemak) mengacu pada AOAC (1995). Analisis serat pangan mengacu pada AACC (2009). Kadar karbohidrat total dihitung berdasarkan metode *by difference*.

Analisis bilangan TBA (Apriyantono et al. 1989)

Sebanyak 10 g secara teliti, dan dimasukkan ke waring blender kemudian ditambahkan 50 mL akuades dan dihancurkan selama 2 menit. Sampel dipindahkan secara kuantitatif ke dalam labu destilasi sambil dicuci dengan 47.5 mL akuades, kemudian ditambahkan kurang lebih 2.5 mL HCl 4M sampai pH mencapai 1.5 dan labu

destilasi dipasangkan pada alat destilasi. Destilasi dijalankan dengan pemanasan tinggi sehingga diperoleh 50 mL destilat selama 10 menit pemanasan. Destilat yang diperoleh diaduk hingga merata, lalu dipipet ke dalam tabung reaksi bertutup sebanyak 5 mL destilat. Kemudian ditambahkan 5 mL pereaksi TBA, ditutup, dicampurkan hingga merata lalu dipanaskan selama 35 menit dalam air mendidih. Selanjutnya dibuat larutan blanko dengan menggunakan 5 mL akuades dan 5 mL pereaksi, dan dilakukan seperti penetapan sampel. Tabung reaksi didinginkan dengan air pendingin selama kurang lebih 10 menit kemudian diukur absorbansinya (A) pada panjang gelombang 528 nm dengan larutan blanko sebagai titik nol. Bilangan TBA (dalam mg malonaldehid per kg sampel) dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

Bilangan TBA = $7.8 \times A_{528}$

Analisis warna

Analisis warna menggunakan Chromameter Minolta CR 300. Sampel BAJ diletakan pada beaker glass sampai seluruh dasar beaker gelas tertutupi oleh bahan. Analisis warna kemudian dilakukan dengan menggunakan Chromameter Minolta CR 300. Uji warna BAJ dilakukan dengan sistem warna Hunter L, a, dan b. Chromameter terlebih dahulu dikalibrasi dengan standar warna putih yang terdapat pada alat tersebut. Hasil analisis yang diperoleh berupa nilai L (*Lightning*), a, dan b. Pengukuran total derajat warna menggunakan basis warna putih sebagai standar.

Uji organoleptik

Uji organoleptik mencakup uji intensitas ketengikan dan warna. Uji intensitas ketengikan dilakukan dengan metode uji rating intensitas oleh panelis semi terlatih (20 orang). Sampel yang disajikan berupa sampel mentah dan matang. Sampel mentah (5 g) disajikan secara langsung dalam wadah yang telah diberi 3 digit kode acak dan diurutkan dari sampel kontrol hingga sampel yang paling tengik. Sampel matang dimasak terlebih dahulu menggunakan rice cooker dengan perbandingan air dan beras 1:1. Air dipanaskan terlebih dahulu hingga mendidih, kemudian beras dimasukkan dan dimasak. Sampel matang (5 g) disajikan dengan cara yang sama dengan sampel mentah. Skala penilaian yang digunakan adalah 1-9 yang menunjukkan intensitas paling rendah hingga paling kuat. Pengujian dilakukan pada sampel BAJ dengan perbedaan waktu simpan (produk fresh, agak tengik, dan sudah tengik), sehingga didapatkan rating tingkat ketengikan produk pada berbagai waktu simpan.

Uji organoleptik pada atribut warna dilakukan dengan metode uji pembeda segitiga (*triangle test*) dengan 20 orang panelis terlatih. Uji pembedaan segitiga untuk mendeteksi perbedaan yang kecil. Dalam uji segitiga disajikan 3 contoh sekaligus dan tidak dikenal adanya contoh pembanding atau contoh baku. Penyajian contoh sedapat mungkin harus dibuat seragam agar tidak terdapat kesalahan atau bias karena pengaruh penyajian contoh.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perubahan mutu selama penyimpanan

Beras analog jagung (BAJ) yang diproses berbentuk butiran menyerupai bulir beras sebagai hasil pencetakan dari ekstruder. Hasil analisis bilangan TBA menunjukkan nilai 0.2184 ± 0.019 mg malonaldehida/kg sampel. Bulir BAJ berwarna kuning cerah khas dari tepung jagung, dengan aroma normal (tidak berbau tengik). Pengukuran menggunakan Chromameter menunjukkan nilai L, a, dan b sebesar 59.892 ± 0.320 , 5.349 ± 0.184 , dan 29.153 ± 0.243 . Nilai-nilai tersebut merupakan batas awal (Qo) dari parameter mutu BAJ di awal penyimpanan. Hasil analisis proksimat (basis basah) menunjukkan BAJ mengandung air (12.04%), abu (0.54%), lemak total (4.22%), protein (5.78%), karbohidrat total (77.42%), dan serat pangan (10.34%). Hasil ini menunjukkan komponen terbesar BAJ adalah karbohidrat yang dapat dicerna (67.08%).

BAJ mengalami perubahan mutu selama penyimpanan dikarenakan interaksi komponen kimia di dalamnya dengan lingkungan (suhu, cahaya, kelembapan udara). Kandungan lemak tinggi menyebabkan BAJ berpotensi mengalami reaksi oksidasi yang memicu aroma tengik. Warna kuning BAJ disebabkan oleh beta karoten juga berpotensi mengalami perubahan selama penyimpanan. Metode yang cocok mengevaluasi penurunan mutu dan penentuan umur simpan BAJ adalah metode ASLT model Arrhenius karena kerusakan dapat dipercepat dengan menyimpan beras pada suhu ekstrem (Syarief *et al.* 1989). Penyimpanan dengan metode ASLT diterapkan dengan menyimpan produk pada tiga suhu yang lebih tinggi dari suhu normal, diamati dan diukur perubahan mutunya (Arpah dan Rahayu 2003). Pemilihan suhu di atas suhu penyimpanan normal bertujuan untuk mempercepat terjadinya kerusakan pada bahan pangan, sehingga dapat ditentukan konstanta laju reaksinya, yang kemudian diekstrapolasi untuk ditentukan konstanta laju reaksi pada suhu penyimpanan normal.

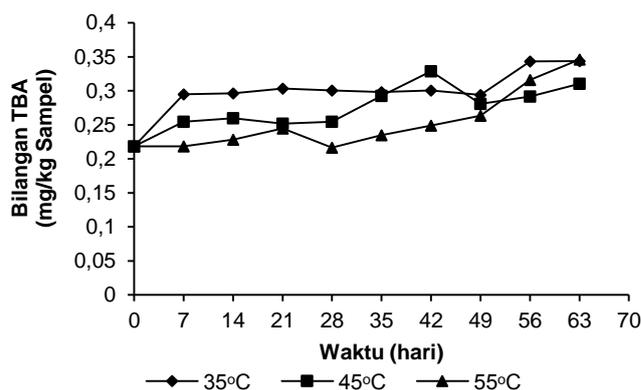
Perubahan derajat ketengikan

Selama penyimpanan BAJ mengalami perubahan mutu akibat reaksi yang terjadi. BAJ dengan kandungan lemak tinggi berpotensi mengalami reaksi oksidasi yang disebabkan terjadinya pengikatan oksigen pada ikatan rangkap asam lemak tak jenuh yang membentuk peroksida dan hidroperoksida yang labil. Peroksida dan hidroperoksida ini berisomer dengan air kemudian memecah lemak menjadi asam lemak dan gliserol, disertai terbentuknya gugus aldehid, keton, dan hidrokarbon lain. Reaksi oksidasi dipengaruhi beberapa faktor seperti suhu, udara, katalisator, enzim, dan adanya logam (Mahatta 1975). Pada umumnya semakin banyak jumlah ikatan rangkap pada rantai molekulnya, asam lemak semakin reaktif terhadap oksigen (Ketaren 1986). Suarni dan Widowati (2011) menunjukkan bahwa asam lemak dominan pada jagung adalah asam linoleat (43-48%) yang termasuk kedalam golongan lemak tak jenuh. Oleh karena itu BAJ berpotensi mengalami reaksi oksidasi. Reaksi pada minyak dan lemak paling utama adalah reaksi autooksidasi dari radikal asam lemak tak

jenuh yang terdapat dalam minyak dan lemak, sehingga menimbulkan rasa dan bau tengik (Ketaren 1986).

Derajat ketengikan dilakukan dengan menganalisis bilangan TBA dan penilaian organoleptik. Analisis TBA didasarkan terbentuknya warna merah sebagai hasil reaksi kondensasi antara dua molekul TBA dengan satu molekul malonaldehida. Senyawa malonaldehid dihasilkan oleh pembentukan diperoksida pada gugus pentadiena yang disusul pemutusan rantai molekul atau oksidase lebih lanjut dari enol yang dihasilkan dari penguraian monohidro peroksida (Ketaren 2005). Secara keseluruhan nilai bilangan TBA mengalami peningkatan seiring bertambahnya waktu (Gambar 1). Menurut Hermanto *et al.* 2010, semakin tinggi suhu maka minyak atau lemak akan semakin cepat mengalami kerusakan (teroksidasi) menghasilkan senyawa radikal bebas dan menyebabkan semakin tingginya nilai bilangan TBA. Namun bilangan TBA dalam penelitian ini pada perlakuan suhu 35°C lebih tinggi dibandingkan suhu 45 dan 55°C.

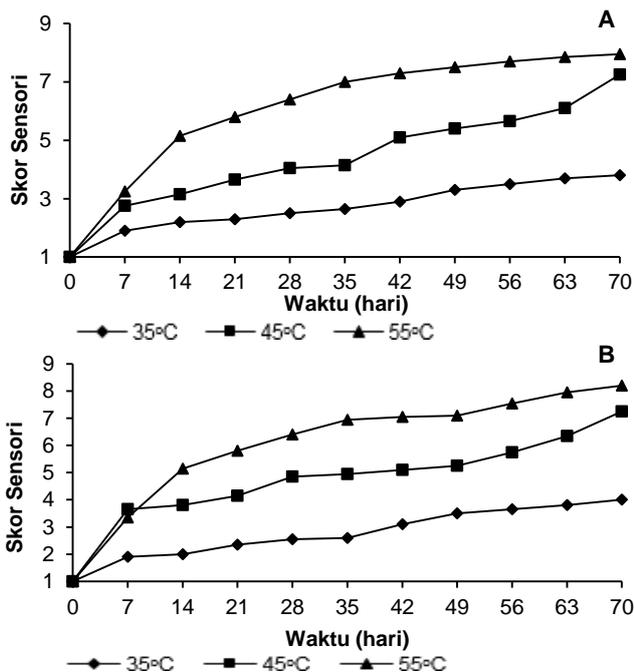
Hal ini menunjukkan bahwa nilai TBA BAJ kurang sensitif terhadap peningkatan suhu. Selama sepuluh minggu pengamatan, nilai bilangan TBA yang dihasilkan mengalami fluktuatif pada beberapa titik. Menurut Sans dan Chozas (1998) selain aldehid zat lain seperti keton, ketosteroid, ester, gula, imida, dan amida (urea), asam amino, protein teroksidasi, piridin, dan pirimidin dapat bereaksi dengan TBA. Zat tersebut dinamakan TBARS (zat yang dapat bereaksi dengan TBA). Beras analog jagung memiliki kadar protein 5.78% dan karbohidrat 77.42%, sehingga berpotensi mengganggu proses terikatnya malonaldehid oleh pereaksi TBA. Hal ini yang mungkin penyebab mengapa nilai TBA selama penyimpanan befluktuasi.



Gambar 1. Perubahan nilai bilangan TBA BAJ selama penyimpanan

Walaupun nilai bilangan TBA tidak berubah secara konsisten, penilaian derajat ketengikan oleh panelis menunjukkan perubahan yang signifikan. Penetapan batas kritis penerimaan BAJ dengan atribut ketengikan berdasarkan uji rating intensitas. Seluruh panelis tidak menerima profil sensori sampel pada skala penilaian 3 (agak lemah). Dengan demikian, skala 3 dipilih sebagai batas kritis atribut aroma tengik. Gambar 2A menunjukkan bahwa semakin lama penyimpanan dan tinggi suhu penyimpanan maka nilai derajat ketengikan

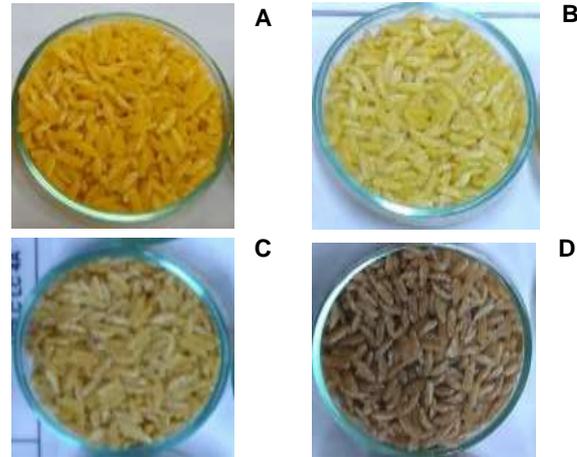
pada semua perlakuan meningkat. Pada perlakuan suhu 35°C, skala 3 dicapai hari ke-42. Berbeda dengan perlakuan suhu 45 dan 55°C yang mencapai skala 3 masing-masing pada hari ke-14 dan hari ke-7. Hal ini menunjukkan bahwa suhu berpengaruh meningkatnya aroma tengik. Pada semua perlakuan suhu, semakin lama waktu penyimpanan maka skala rata-rata aroma tengik terus meningkat. Peningkatan paling signifikan terjadi pada perlakuan suhu 55°C. Gambar 2B menunjukkan derajat ketengikan nasi BAJ semakin lama semakin meningkat. Hal ini menunjukkan ketengikan nasi BAJ semakin lama penyimpanan semakin terdeteksi panelis. Perlakuan suhu 35°C, skala 3 dicapai pada hari ke-42. Perlakuan suhu 45 dan 55°C mencapai skala 3 pada hari ke-7. Hal ini menunjukkan suhu berpengaruh terhadap meningkatnya aroma tengik. Meskipun laju peningkatan suhu 35°C lebih lambat, namun secara keseluruhan perlakuan suhu memiliki trend grafik meningkat. Tetapi peningkatan yang paling signifikan terjadi pada perlakuan suhu 55°C. Pencapaian skala 3 pada perlakuan nasi analog lebih cepat dibandingkan perlakuan BAJ. Hal ini karena saat pembuatan nasi memerlukan air dan panas sehingga lebih banyak lemak yang terhidrolisis dan menghasilkan komponen volatil, serta penyajian sampel masih hangat membuat aroma nasi analog lebih mudah terdeteksi dibanding aroma BAJ. Hidrolisis ester oleh lipase dan kelembapan dapat menyebabkan ketengikan karena menghasilkan aldehyd, keton, dan asam lemak bebas dengan berat molekul yang rendah (Aurand *et al.* 1987).



Gambar 2. Hasil uji rating intensitas parameter ketengikan beras analog jagung selama penyimpanan: (A) sebelum dimasak; (B) Setelah dimasak menjadi nasi

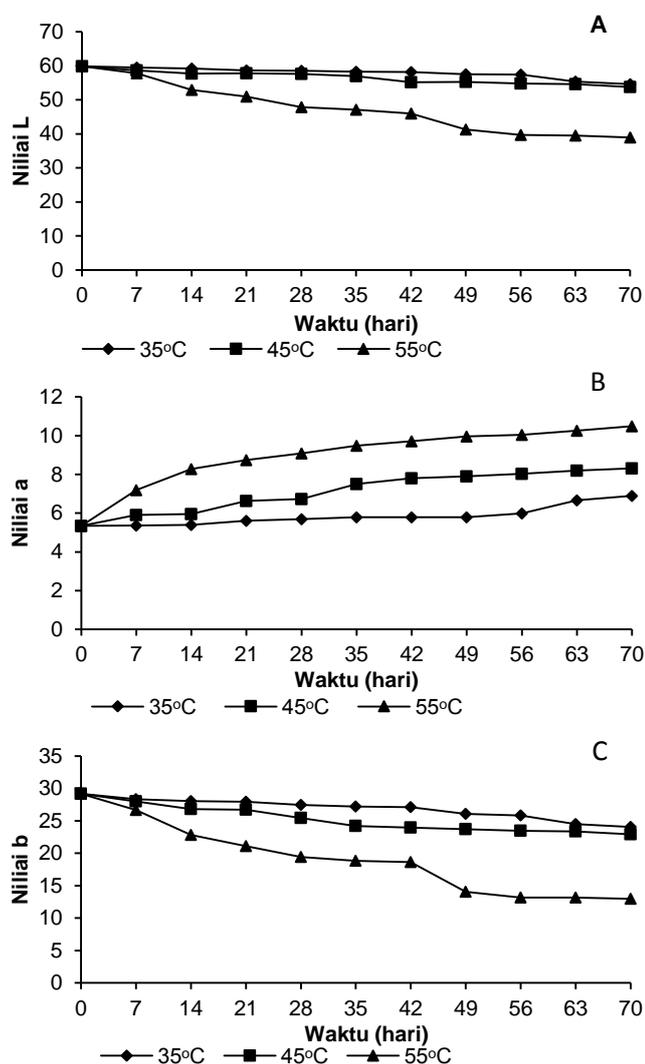
Perubahan warna

Pengamatan perubahan warna dapat dilakukan secara obyektif dengan menggunakan Chromameter dan secara subyektif oleh panelis. Selama penyimpanan, warna BAJ mengalami perubahan dari warna awal menjadi kuning pucat kemudian menjadi gelap kecoklatan (Gambar 3).



Gambar 3. (a) warna awal BAJ, (b) warna BAJ setelah 4 minggu penyimpanan (45°C), (c) warna BAJ setelah 2 minggu penyimpanan (55°C), (d) warna BAJ setelah 10 minggu penyimpanan (55°C)

Suhu yang ekstrim mempercepat perubahan warna pada beras analog. Perubahan warna pada beras analog disebabkan karena dalam pembuatan BAJ tidak menggunakan bahan tambahan pangan berupa pewarna, namun alami dari pigmen karotenoid yang terkandung pada tepung jagung. Pigmen dominan yang menyebabkan warna kuning pada jagung adalah pigmen xantofil yang didominasi oleh lutein dan zeaxanthin (Lalujan *et al.* 2017). Berdasarkan keberadaannya, karotenoid terbagi menjadi dua kelompok yaitu karoten dan xantofil. Karoten tidak memiliki atom oksigen (hanya berupa hidrokarbon), sedangkan xantofil memiliki sekurang-kurangnya satu atom oksigen. Salah satu sifat dari karotenoid adalah labil terhadap cahaya, oksidator, dan panas. Ikatan rangkap pada karotenoid rentan terhadap serangan oksidator. Oksidasi pada karotenoid menyebabkan karotenoid kehilangan aktivitasnya selama penyimpanan (Andarwulan dan Faradhilla 2012). Berdasarkan hal tersebut, maka perubahan warna pada BAJ dapat disebabkan oleh cahaya dan panas. Kerusakan yang disebabkan oleh cahaya dikarenakan kemasan BAJ menggunakan kemasan transparan sehingga potensi BAJ terkena cahaya secara langsung lebih tinggi. Kerusakan yang disebabkan oleh panas dikarenakan suhu penyimpanan yang digunakan adalah suhu yang ekstrem. Nilai pengukuran warna (L, a dan b) dengan Chromameter selama penyimpanan dari BAJ disajikan pada Gambar 4.

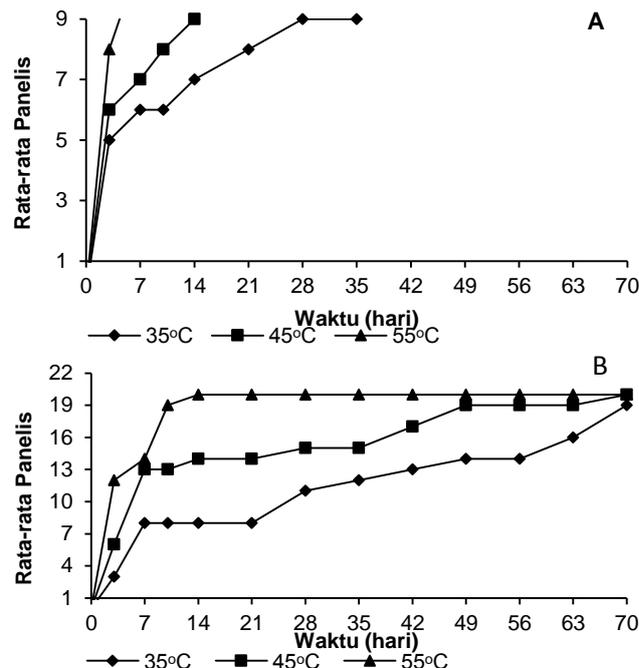


Gambar 4. Perubahan (A) nilai L, (B) nilai a dan (C) nilai b dari BAJ selama penyimpanan

Nilai L mengalami penurunan selama penyimpanan terutama pada suhu 55°C dari 60 hingga 40 (Gambar 4A). Pada perlakuan suhu 35 dan 45°C, penurunan terjadi lebih lambat. Peningkatan suhu juga berpengaruh terhadap penurunan nilai L yang menunjukkan bahwa lama penyimpanan dan suhu berpengaruh terhadap penurunan nilai L (penurunan kecerahan). Nilai a mengalami peningkatan selama penyimpanan seiring dengan peningkatan suhu (Gambar 4B). Peningkatan nilai a+ mengindikasikan warna BAJ semakin mendekati warna merah. Nilai b menunjukkan warna kromatik yang nilainya menurun selama penyimpanan, dan penurunannya juga dipengaruhi oleh suhu, yang menunjukkan warna kuning yang semakin memudar (Gambar 4C).

Perubahan warna yang diukur dengan Chromameter konsisten dengan perubahan warna yang dievaluasi oleh panelis. Jumlah panelis yang menjawab tepat untuk sampel BAJ mentah yang semakin bertambah seiring bertambahnya waktu penyimpanan. Pada perlakuan suhu 35°C, sebelas panelis dapat menjawab tepat pada hari ke-56. Pada perlakuan suhu 45 dan 55°C sebelas panelis dapat menjawab dengan tepat masing-masing pada hari ke-17 dan hari ke-7 (Gambar 5A). Hal ini menunjukkan

bahwa semakin tinggi suhu dan semakin lama penyimpanan maka menyebabkan warna.



Gambar 5. Hasil uji segitiga parameter warna beras analog jagung selama penyimpanan. (A) Sebelum dimasak; dan (B) Setelah dimasak menjadi nasi

Jumlah panelis yang menjawab tepat untuk sampel nasi BAJ yang semakin bertambah seiring bertambahnya waktu penyimpanan. Pada perlakuan suhu 35°C, sebelas panelis dapat menjawab tepat pada hari ke-28. Pada perlakuan suhu 45 dan 55°C, sebelas panelis dapat menjawab dengan benar pada sebelum hari ke-7 (Gambar 5B). Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu dan lama penyimpanan maka menyebabkan warna BAJ cepat berubah. Panelis lebih cepat mendeteksi perbedaan sampel matang dibandingkan sampel mentah karena sampel matang telah mengalami proses pemanasan sehingga pigmen karotenoid lebih cepat teroksidasi. Menurut Agustini (2017), panas dan cahaya yang tinggi dapat dengan mudah mengoksidasi pigmen karotenoid. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa sampel nasi analog jagung berbeda nyata pada tingkat 5%.

Laju perubahan mutu

Laju perubahan mutu dan penentuan ordo reaksi dilakukan dengan membandingkan nilai R² ordo 0 dan ordo 1 dari parameter kritis yang lebih besar atau mendekati satu. Pada seluruh parameter kritis yang terpilih (nilai L, a, dan b), nilai R² ordo 0 yang dihasilkan lebih besar dibandingkan ordo 1 sehingga ordo yang terpilih adalah ordo 0. Nilai R² dan konstanta laju reaksi (k) masing-masing parameter disajikan pada Tabel 1. Nilai konstanta, dan energi aktivasi dari persamaan Arrhenius untuk parameter kritis disajikan pada Tabel 2. Secara umum, nilai R² untuk persamaan Arrhenius tinggi (>0.99), yang menunjukkan ketepatan model untuk menduga nilai k pada suhu penyimpanan yang diinginkan (25°C).

Tabel 1. Nilai konstanta laju reaksi (k) perubahan mutu beras analog jagung pada suhu penyimpanan yang berbeda berdasarkan model ordo 0 dan 1

Parameter	Suhu (°C)	Ordo 0		Ordo 1	
		Nilai k	R ²	Nilai k	R ²
Bilangan TBA	35	0.0013	0.604	0.0044	0.569
	45	0.0010	0.578	0.0035	0.598
	55	0.0015	0.800	0.0055	0.830
Nilai L	35	-0.0460	0.973	-0.0011	0.835
	45	-0.0778	0.955	-0.0014	0.955
	55	-0.3011	0.966	-0.0063	0.974
Nilai a	35	0.0198	0.819	0.0033	0.843
	45	0.0437	0.925	0.0064	0.915
	55	0.0589	0.866	0.0071	0.806
Nilai b	35	-0.0672	0.942	-0.0025	0.931
	45	0.0908	0.904	-0.0035	0.919
	55	-0.2294	0.917	-0.0121	0.958
Aroma tengik beras	35	0.0357	0.951	0.0151	0.828
	45	0.0736	0.953	0.0206	0.781
	55	0.0809	0.780	0.018	0.543
Aroma tengik nasi	35	0.0395	0.963	0.0162	0.859
	45	0.0654	0.861	0.018	0.630
	55	0.0819	0.799	0.0162	0.559
Warna beras	35	0.1182	0.939	0.018	0.949
	45	0.2169	0.897	0.0183	0.819
	55	1.1612	0.935	0.1028	0.941
Warna nasi	35	0.1675	0.956	0.0149	0.953
	45	0.1571	0.828	0.0119	0.776
	55	0.9870	0.929	0.0806	0.849

Tabel 2. Model persamaan Arrhenius dan umur simpan beras analog jagung berdasarkan parameter mutu kritis (ordo reaksi 0)

Parameter	Persamaan Arrhenius			Umur Simpan (hari)
	Slope (Ea/R)	Intercept (lnko)	R ²	
Nilai L	-10611.0	29.137	0.929	1585
Nilai a	-9215.7	25.999	0.930	160
Nilai b	-6166.7	17.214	0.910	107
Warna beras	-1181.0	34.955	0.922	203
Warna nasi	-8855.6	26.469	0.990	214

Penentuan umur simpan

Parameter mutu kritis yang dipilih untuk perhitungan umur simpan adalah parameter yang memiliki nilai koefisien korelasi tertinggi atau mendekati satu, memiliki energi aktivasi (Ea) yang paling rendah, dan memberikan perkiraan umur simpan yang paling pendek. Hal ini dikarenakan semakin tinggi nilai koefisien korelasi (R²) menunjukkan hubungan antar dua variabel semakin kuat dan searah. Semakin rendah nilai energi aktivasinya maka semakin sedikit energi yang dibutuhkan untuk mencapai reaksi penurunan mutu (Swadana dan Yuwono 2014). Batas mutu dari parameter mutu objektif (Qt) dapat ditentukan berdasarkan batas penerimaan secara organoleptik. Batas penerimaan warna beras dan nasi analog yaitu pada saat jumlah panelis yang benar menjawab sampel berbeda sebanyak sebelas panelis. Batas mutu kritis nilai L, a, dan b dapat ditentukan dari hasil batas penerimaan warna beras pada uji organoleptik. Pada perlakuan suhu 35°C, nilai L, nilai a, dan nilai b pada saat sebelas panelis menjawab benar masing-masing bernilai 57.4 dan 25.8, sedangkan pada perlakuan suhu 45 dan 55°C masing-masing bernilai 57.7 dan 57.8 untuk nilai L, 5.80 dan 6.10 untuk nilai a, dan 26.7 dan 26.6 untuk nilai b, sehingga dapat ditentukan batas mutu kritis nilai L, nilai a dan nilai b menggunakan nilai rata-ratanya pada perlakuan suhu tersebut, yaitu 57.6, 5.95 dan 26.4. Batas mutu kritis dari parameter tersebut yang digunakan dalam perhitungan umur simpan.

Umur simpan BAJ pada suhu 35, 45, dan 55°C dapat dihitung menggunakan persamaan Arrhenius berdasarkan ordo 0. Umur simpan BAJ diperoleh dengan cara mengurangi mutu awal (Qo) dengan batas mutu kritis (Qt), kemudian dibagi dengan nilai konstanta laju reaksi persamaan Arrhenius parameter kritis terpilih pada suhu penyimpanan normal (25°C). Umur simpan BAJ dengan parameter kritis nilai L (R²=0.93) selama 4 tahun 4 bulan 5 hari, parameter nilai a (R²=0.93) selama 160 hari, parameter nilai b (R²=0.91) selama 3 bulan 17 hari, parameter warna beras (R²=0.92) selama 7 bulan 3 hari, dan parameter warna nasi (R²=0.99) selama 7 bulan 4 hari. Dari keempat parameter kritis tersebut, parameter nilai b memberikan umur simpan yang paling pendek, yaitu 3 bulan 17 hari pada suhu 25°C.

KESIMPULAN

Beras analog jagung (BAJ) mengalami perubahan mutu selama penyimpanan dengan mengikuti laju reaksi ordo nol, untuk parameter nilai L, nilai b, warna beras, dan warna nasi BAJ. Parameter bilangan TBA tidak sensitif oleh perubahan suhu penyimpanan dan tidak dapat digunakan sebagai penduga umur simpan. Parameter nilai b merupakan parameter yang paling kritis yang memberikan umur simpan paling pendek untuk BAJ, yaitu selama 3 bulan 17 hari pada suhu 25°C.

DAFTAR PUSTAKA

- [AACC] American Association of Cereal Chemist. 2009. AACC International Approved Methods of Analysis.
- Agustini NWS. 2017. Kemampuan pigmen karoten dan xantofil mikroalga *Porphyridium crunetum* sebagai antioksidan pada domba. J Info Pertanian 26(1): 1-12. DOI: 10.21082/ip.v26n1.2017.p1-12.
- Andarwulan N, Faradhilla RHF. 2012. Pewarna Alami untuk Pangan. Seafast Center, Bogor.
- [AOAC] Association of Official Analytical Chemist. 1995. Official Methods of Analysis of the Association Analytical Chemists.
- Apriyantono A, Fardiaz D, Pupitasri, Sedarnawati, Budiyo S. 1989. Petunjuk Laboratorium Analisis Pangan. IPB Press, Bogor.
- Arpah M, Rahayu WP. 2003. Penuntun Teknis Penetapan Kadaluwarsa Produk Industri Kecil Pangan. Bogor: Departemen Teknologi Pangan dan Gizi, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Aurand LW, Woods AE, Wells MR. 1987. Food Composition and Analysis. An Avi Book. Van Nostrand Reinhold Company, New York. DOI: 10.1007/978-94-015-7398-6.
- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2016. Tabel luas panen-produktivitas-produksi tanaman jagung seluruh provinsi. <https://www.bps.go.id/linkTableDinamis/view/id/868>. [13 Maret 2017].

- Budi FS, Hariyadi P, Budijanto S, Syah D. 2013. Teknologi proses ekstrusi untuk membuat beras analog. *J Pangan* 22(3): 209-286.
- Budijanto S, Sitanggang AB, Kartika YD. 2010. Penentuan umur simpan tortilla dengan metode akselerasi berdasarkan kadar air kritis serta pemodelan ketetapan sorpsi isotherminya. *J Teknol Industri Pangan* 2(21): 165-170.
- Budijanto S, Yuliyanti. 2012. Studi persiapan tepung sorgum (*Sorghum bicolor* L. Moench) dan aplikasinya pada pembuatan beras analog. *J Teknol Pertanian* 13(3): 177-186.
- Hermanto S, Muawanah A, Wardhani P. 2010. Analisis tingkat kerusakan lemak nabati dan lemak hewani akibat proses pemanasan. *J Kim* 262-268. DOI: 10.15408/jkv.v1i6.237.
- IFT. 1974. Shelf life of food. *J Food Sci* 39:84.
- Ketaren S. 1986. Minyak dan Lemak Pangan. UI Press, Jakarta.
- Ketaren S. 2005. Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan. Universitas Indonesia Press, Jakarta.
- Lalujan LE, Djarkasih GSS, Tuju TJN, Rawung D, Sumual MF. 2017. Komposisi kimia dan gizi jagung lokal varietas 'Manado kuning' sebagai bahan pangan pengganti beras. *J Teknol Pertanian* 8(1): 47-54.
- Mahatta TL. 1975. Technology and Refining of Oils and Fats (Production and Processing of Oil and Fat). Small Busines Publ, Roop Nagar, Delhi.
- Sans RG, Chozas MG. 1998. The thiobarbituric acid (TBA) reaction in foods. *Crit Rev Sci Nutr* 38(4): 315-330. DOI: 10.1080/10408699891274228.
- Suarni, Widowati S. 2011. Struktur, komposisi, dan nutrisi jagung. Balai Penelitian Tanaman Sereal Maros. <http://balitsereal.litbang.pertanian.go.id/wp-content/uploads/2016/11/tiganol.pdf>.
- Swadana AW, Yuwono SS. 2014. Pendugaan umur simpan minuman berperisa apel menggunakan metode *Accelerated Shelf Life Testing* (ASLT) dengan pendekatan Arrhenius. *J Pangan Agro* 2(3): 203-213.
- Syarief RS, Santausa, Isyana B. 1989. Buku dan Monograf Teknologi Pengemasan Pangan. Bogor: Laboratorium Rekayasa Proses Pangan PAU IPB.
- White PJ, Johnson LA. 2003. Corn Chemistry and Technology. American Association of Cereal Chemists.

JMP-03-17-11-Naskah diterima untuk ditelaah pada 20 Maret 2016. Revisi makalah disetujui untuk dipublikasi pada 12 Oktober 2017. Versi Online: <http://journal.ipb.ac.id/index.php/jmpi>