

Perubahan karakteristik fisikokimia dan mikrobiologi ketupat selama penyimpanan suhu dingin

[Changes on physicochemical and microbiological characteristics of ketupat during storage at cold temperature]

Isnaini Rahmadi^{1,2*}, Sugiyono², dan Nugraha Edhi Suyatma²

¹ Program Studi Teknologi Pangan, Jurusan Teknologi Produksi dan Industri, Institut Teknologi Sumatera, Kabupaten Lampung Selatan, Lampung

² Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB University, Kabupaten Bogor, Jawa Barat

* Email korespondensi : isnaini.rahmadi@tp.itera.ac.id

Diterima : 8 Maret 2021, Disetujui : 13 Januari 2022, DOI: 10.23960/jthp.v27i2.71-80

ABSTRACT

Ketupat is one of Indonesian traditional food served during Eid Al-Fitr, religious holiday of Muslims. The objective of this research was to determine the effect of differences in the percentage of ketupat filling on microbiological and physicochemical properties of ketupat during cold temperature storage (RH = 19.2 %; T = 5°C). Ketupat was produced using two varieties of rice, each representing medium and low amylose content. The higher percentage of ketupat rice filling contributed to higher hardness of the ketupat during storage. The hardness of ketupat increased during storage. The percentage of ketupat rice filling did not significantly affect to the pH and water activity of the ketupat, however, the higher percentage of rice filling resulted in the lower moisture content of the ketupat. The moisture content and pH did not change during storage. Ketupat stored at cold temperature was able to maintain its microbiological quality until the ninth day of storage.

Keywords: amylose, ketupat, rice, storage, temperature

ABSTRAK

Ketupat merupakan makanan tradisional Indonesia yang disajikan selama Idul Fitri, hari raya umat Islam. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh perbedaan persentase pengisian ketupat terhadap sifat mikrobiologi dan fisikokimia ketupat selama penyimpanan suhu dingin (RH= 19,2%; T= 5°C). Ketupat diproduksi menggunakan dua varietas beras yang masing-masing mewakili kadar amilosa medium dan rendah. Semakin tinggi persentase pengisian ketupat berkontribusi terhadap tingginya kekerasan ketupat selama penyimpanan. Kekerasan ketupat meningkat selama penyimpanan. Persentase pengisian ketupat tidak berpengaruh terhadap pH dan aktivitas air ketupat, tetapi tingginya persentase pengisian akan menurunkan kadar airnya. Kadar air serta pH ketupat tidak mengalami perubahan selama penyimpanan. Ketupat disimpan di suhu dingin dapat mempertahankan kualitas mikrobiologisnya hingga hari kesembilan penyimpanan.

Kata kunci: amilosa, beras, ketupat, penyimpanan, suhu

Pendahuluan

Beras (*Oryza sativa* L.) ialah bahan pangan utama untuk lebih separuh populasi dunia, terutama di Asia dimana beras menyediakan 40% kalori harian (Jukanti et al., 2020; Ye et al., 2018). Beras umumnya diolah nasi, meskipun terdapat olahan lain seperti nasi uduk, nasi goreng, nasi tim, dan nasi kuning (Sasmitaloka et al., 2019). Karakteristik produk beras bergantung pada metode memasak dan beras yang digunakan. Proses memasak memengaruhi tekstur makanan, dimana tekstur ini merupakan atribut utama produk beras (Gavahian et al., 2019; Li et al., 2016).

Indonesia memiliki produk olahan beras yang dikenal sebagai budaya, makanan tersebut ialah ketupat. Menurut KBBI (2021), ketupat ialah makanan, berbahan dasar beras, dibungkus dengan janur yang dianyam segi empat atau bentuk lainnya, direbus, dan dikonsumsi sebagai makanan utama. Ketupat merupakan bagian dari tradisi selama Idul Fitri, sehingga keberadaannya sangat terkait dengan agama Islam. Selain itu, ketupat juga dikonsumsi dengan budaya yang sangat khas diberbagai daerah,

baik dalam hal mempersiapkan maupun menghidangkannya (Rianti et al., 2018). Di Tasikmalaya, ketupat dijadikan makanan yang sering dikonsumsi dipagi hari sebagai diet sarapan yang dikenal dengan ketupat air tanjung (Fadhilah & Margawati, 2016). Darwis (2017) juga mengungkapkan bahwa beberapa macam makanan khas yang memanfaatkan ketupat, seperti kupat tahu, grabag, katupat kandang, kupat glabet, serta coto Makassar.

Ukuran janur muda dan persentase pengisian ketupat memengaruhi ketupat yang dihasilkan, terutama pada tekstur. Persentase pengisian yang sedikit menghasilkan ketupat bertekstur lembek, sedangkan persentase pengisian yang berlebih menghasilkan ketupat bertekstur keras (Rianti et al., 2018). Selain itu, ketupat memiliki penampakan dan sifat organoleptik berbeda dengan produk beras lainnya, seperti tekstur yang lebih kenyal dan kompak (Fadhilah & Margawati, 2016). Hal ini dipengaruhi oleh proses pemasakan yang sangat lama (perebusan sekitar lima jam) (Rianti et al., 2018). Proses pemasakan yang lama dapat dipersingkat dengan memanfaatkan panci bertekanan yang menghasilkan suhu 115°C sampai 120°C dan tekanan 1 hingga 2 atm (Hardianti et al., 2017).

Biodegradasi oleh mikroorganisme pada bahan pangan selama penyimpanan umumnya menurunkan kualitas dan keamanan pangan. Hal ini karena kontaminasi mikroba dapat merusak bahan pangan, memperpendek umur simpan, dan membahayakan kesehatan manusia. Menurut Yunita et al. (2015) analisis mikroba berperan penting dalam penilaian mutu produk pangan. Hasil uji kuantitatif mikroba pada ketupat dapat dibandingkan dengan regulasi yang berlaku tentang cemaran mikroba pada produk pangan di Indonesia. Peraturan BPOM No. 13/2019 tentang kriteria mikrobiologi dalam pangan olahan, menentukan ambang batas maksimal mikroba pada ketupat (kategori pangan 06.7, produk olahan beras selain dodol) adalah ALT sebesar 10^5 koloni/g, *Bacillus cereus* 10^4 koloni/g, *Salmonella* NA, dan *Staphylococcus aureus* 10^3 koloni /g (M) (BPOM, 2019).

Penelitian kombinasi persentase pengisian ketupat dan suhu penyimpanan terhadap sifat mikrobiologi dan fisikokimia ketupat, belum ditemukan. Penelitian ketupat sebelumnya fokus pada keamanan terhadap mikroba dan logam berat, perbedaan bahan baku, lama perebusan, proses pemasakan, dan pengembangan produk (Fadhilah & Margawati, 2016; Fauziah, 2016; Hardianti et al., 2017; Rianti et al., 2018). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh persentase pengisian pada perubahan sifat mikrobiologi dan fisikokimia ketupat selama penyimpanan suhu dingin.

Bahan dan metode

Bahan dan alat

Bahan utama adalah dua varietas beras kualitas premium dengan derajat sosoh minimal 90 %, yaitu varietas IR 64 merek Yoa Food produksi PB. Sindang Asih Cianjur dan varietas Pandan Wangi merek Topi Koki produksi PT Buyung Poetra Sembada Jakarta. Varietas IR 64 termasuk beras amilosa sedang dan varietas Pandan Wangi termasuk beras amilosa rendah (Li et al., 2017). Pembungkus ketupat ialah janur yang diperoleh dari Gang Aut, Jalan Suryakencana, Kota Bogor. Bahan untuk analisis antara lain *plate count agar* (PCA), *potato dextrose agar* (PDA), larutan pengencer (*butterfield's phosphate-buffered/BPB/KH₂PO₄* dan pepton), akuades, dan antibiotik kloramfenikol.

Alat yang digunakan untuk membuat ketupat adalah kompor, panci bertekanan (*pressurized pan*) (32 cm, 20 L, tekanan maksimal 80 kPa, $T \pm 115^\circ\text{C}$, Airlux), termometer (Infrared Thermometer Laser IR Led GM320) serta refrigerator suhu 5°C (GEA). Alat yang digunakan untuk analisis antara lain *pin disc mill*, ayakan 100 mesh, desikator, oven suhu 105°C, *rapid visco analyzer* (RVA), *texture analyzer* TA-XT 21, aw meter (Shibaura WA 360), pH meter (Laqua PH1100 Horiba Instruments, Singapore), penangas air (*waterbath*), UV-Vis spektrofotometer (UVmini-1240 UV-Vis spectrophotometers serial No. A109349, Shimadzu), centrifuge 5810 R (eppendorf), neraca analitik FS-AR210 (Fujitsu), stomacher 400 circulator

(Seward), outoklaf model MC-40 (ALP Co., Ltd.3-3-10, Tokyo Japan), serta inkubator suhu 25 °C (Mermert) dan 35 °C (LEEC compact incubator).

Metode penelitian

Sampel ketupat disiapkan dari beras varietas IR 64 dengan persentase pengisian 50% (IR50) dan 60% (IR60), dan dari beras varietas Pandan Wangi dengan persentase pengisian 50% (PW50) dan 60% (PW60). Persentase pengisian ketupat ini ditetapkan berdasarkan uji hedonik menggunakan 75 panelis dan 5 poin skala hedonik (Wesley et al., 2021). Pengamatan ketupat dilakukan dari hari ke-1, ke-2, ke-3, ke-6 dan ke-9. Pengujian dilakukan dengan dua ulangan secara *duplo*.

Data yang diperoleh dari analisis profil gelatinisasi tepung beras diuji dengan *independent-sample t-test*. Data karakterisasi fisikokimia ketupat selama penyimpanan dianalisis dengan *Generalized Linear Model* (GLM) non faktorial dengan uji lanjut *Duncan Multiple Range Test* (DMRT). Software yang digunakan dalam mengolah data ini adalah IBM SPSS Statistics version 24 pada taraf kepercayaan 95%.

Pelaksanaan penelitian

Penelitian diawali dengan karakterisasi beras sebagai bahan baku ketupat, yaitu analisis profil gelatinisasi (AACC International Method 61-03.01: Amylose Content of Milled Rice, 1999). Sebelum dianalisis, beras ditepungkan terlebih dahulu menggunakan *pin disc mill* dan diayak untuk mempermudah analisis. Tepung beras disimpan dalam wadah plastik pada suhu dingin (5°C) untuk mempertahankan kondisi bahan sebelum proses analisis.

Pembuatan ketupat berdasarkan Rianti et al. (2018) yang diawali dengan memilih janur dengan ukuran panjang sekitar 100 sampai 120 cm dan lebar pangkal janur 1,5 cm, kemudian dianyam berbentuk belah ketupat. Setelah proses anyaman selesai, anyaman janur diisi dengan beras hingga penuh. Beras selanjutnya dikeluarkan dari anyaman janur dan ditimbang beratnya. Beras sesuai persentase pengisian dicuci sebanyak dua kali dan ditiriskan, kemudian dimasukkan ke dalam anyaman janur. Ketupat dimasukkan ke dalam panci presto dan direndam dengan air.

Panci bertekanan dipanaskan di atas kompor hingga uap keluar (60 menit). Kemudian kompor dikurangi nyala apinya dan dilanjutkan pemanasan selama 30 menit (berdasarkan buku manual presto) dan setiap 10 menit diukur suhu presto dengan termometer. Setelah itu, kompor dimatikan kemudian dibiarkan 10 sampai 15 menit dengan tujuan menurunkan tekanan dan suhu. Panci dibuka, lalu ketupat ditiriskan, dibilas dengan air bersih untuk menghilangkan lendir, dan digantung.

Ketupat selanjutnya dikondisikan pada suhu dingin (suhu= 5°C; RH= 19,2 %) dan dimasukkan ke plastik sebelum diletakkan dalam refrigerator. Karakterisasi ketupat selama penyimpanan meliputi analisis kekerasan dengan diameter *probe* 75 mm (Bolarinwa & Oyesiji, 2021), kadar air (AOAC, 2012), a_w (Sinamo et al., 2016), pH (Nugroho et al., 2018), angka lempeng total/ALT (Maturin & Peeler, 2001), serta total kapang dan khamir (Tournas et al., 2001).

Hasil dan pembahasan

Profil gelatinisasi

Profil gelatinisasi beras IR 64 dan Pandan Wangi diukur dengan *rapid visco analyzer* (RVA). Jenis viscometer ini menggunakan metode pemanasan serta pendinginan untuk mengukur resistansi bahan terhadap pengadukan terkontrol (Rahmiati et al., 2016). Secara kuantitatif, data yang diperoleh dari RVA dapat mendeteksi besarnya suhu awal gelatinisasi (GT), viskositas puncak, serta berbagai parameter gelatinisasi lainnya. Nilai karakteristik gelatinisasi selama pemanasan pasta tepung beras dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 menunjukkan bahwa GT beras IR 64 berbeda dengan GT beras Pandan Wangi, masing-masing sebesar 77,70°C dan 71,43°C. Menurut Túaño et al. (2021), GT beras IR 64 termasuk dalam GT

tinggi ($>74^{\circ}\text{C}$) dan GT beras Pandan Wangi tergolong dalam kelompok beras dengan GT sedang ($70-74^{\circ}\text{C}$). GT pati meningkat seiring dengan tingginya kadar amilosa pati (Rahmiati et al., 2016). Kadar amilosa beras IR 64 sebesar 24,90 % dan kadar amilosa beras Pandan Wangi sebesar 20,40 % (Li et al., 2017). Hasil *independent-sample t-test* menunjukkan karakteristik gelatinisasi lain, seperti viskositas puncak, viskositas pasta panas (*trough*), viskositas pemecahan pati (*breakdown*), viskositas *setback*, dan waktu puncak viskositas dari kedua varietas beras tidak berbeda nyata, tetapi viskositas akhir berbeda nyata.

Tabel 1. Karakteristik gelatinisasi beras IR 64 dan Pandan Wangi

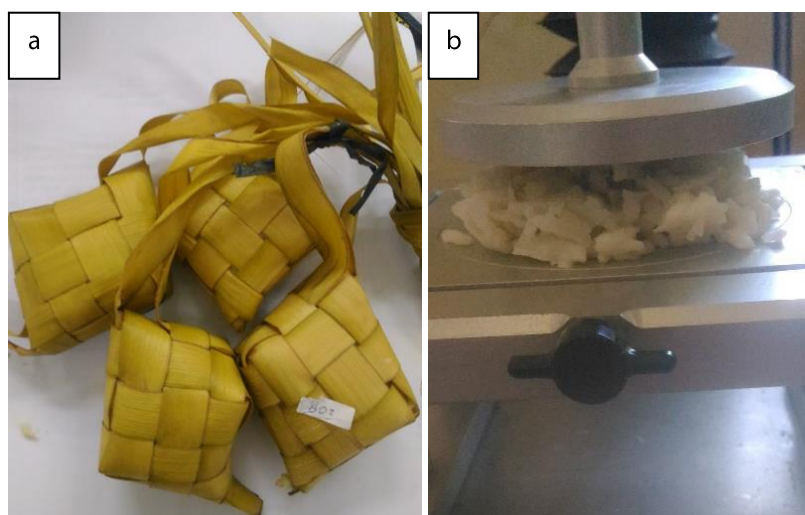
Karakteristik pasta	Beras IR 64	Beras Pandan Wangi
Suhu awal gelatinisasi, GT ($^{\circ}\text{C}$)	$77,70 \pm 0,00\text{a}$	$71,43 \pm 0,32\text{b}$
Viskositas puncak (cP)	$4.648,50 \pm 279,31\text{a}$	$4.645,50 \pm 211,42\text{a}$
Viskositas pasta panas (cP)	$1.326,50 \pm 48,79\text{a}$	$1.482,50 \pm 57,28\text{a}$
Viskositas <i>breakdown</i> (cP)	$3.322,00 \pm 230,52\text{a}$	$3.163,00 \pm 154,15\text{a}$
Viskositas akhir (cP)	$2.951,50 \pm 143,54\text{b}$	$3.496,50 \pm 105,36\text{a}$
Viskositas <i>setback</i> (cP)	$1.625,00 \pm 94,75\text{a}$	$2.014,00 \pm 162,63\text{a}$
Waktu puncak (menit)	$8,87 \pm 0,00\text{a}$	$9,13 \pm 0,00\text{a}$

Keterangan: nilai merupakan rata-rata $\pm$ standar deviasi (n= 2); angka-angka pada baris yang sama diikuti oleh huruf yang berbeda, berbeda nyata ($p<0,05$, 2-tailed, *t-test*)

Rasio amilosa dan amilopektin pati menjadi parameter penting dalam proses pengolahan beras (Ashwar et al., 2016; Kusnandar, 2010; Lin et al., 2019). Beras dengan amilosa rendah menghasilkan tekstur pulen, sedangkan amilosa tinggi menghasilkan tekstur pera. Umumnya, ketupat diproduksi dengan beras pulen yang bertekstur lunak dan lengket. Selain itu, di beberapa wilayah Indonesia ketupat dibuat dengan beras pera yang mengandung amilosa besar (Rianti et al., 2018).

Perubahan Fisikokimia dan Mikrobiologi Ketupat selama Penyimpanan

Selama penyimpanan ketupat, dilakukan pengamatan terhadap kekerasan, kadar air, aktivitas air, nilai pH, total mikroba serta total kapang dan khamir. Pengamatan hanya dilakukan sampai hari ke-9 karena pada hari tersebut sampel ketupat hancur saat ditekan *probe* TPA. Gambar 1 menunjukkan ketupat pada hari ke-0 dan hancurnya ketupat saat ditekan *probe* TPA akibat peningkatan tekstur selama penyimpanan pada suhu dingin.



Gambar 1. Ketupat selama penyimpanan (a) hari ke-0 dan (b) hari ke-9 suhu dingin

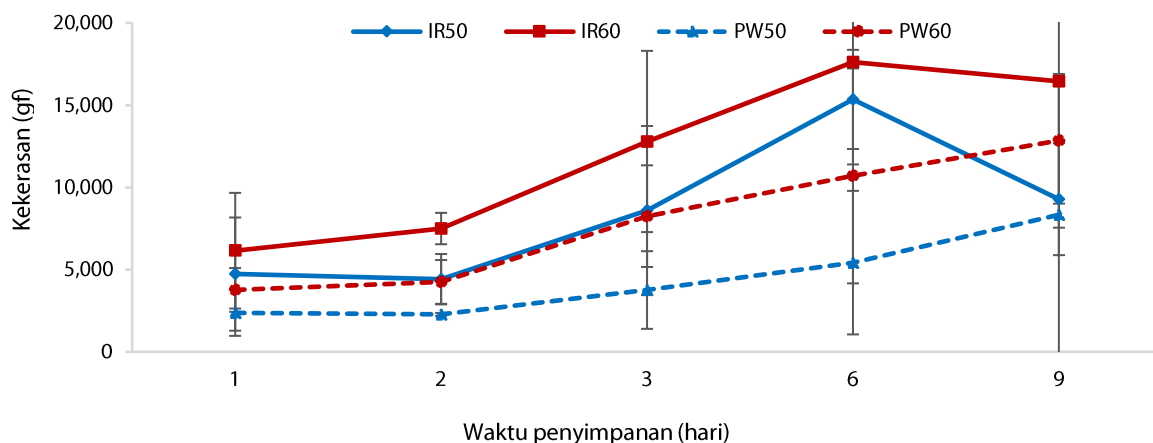
Kekerasan ketupat selama penyimpanan

Kekerasan atau *hardness* merupakan sesuatu yang penting dalam menilai mutu makanan. Menurut Tao et al. (2019), kekerasan berkorelasi negatif dengan preferensi panelis meskipun bukan menjadi

satu-satunya faktor penentu penerimaan sensori panelis. Nilai ini digambarkan oleh titik tertinggi pada kurva pertama dengan satuan *gram force* (gf).

Nilai kekerasan ketupat selama penyimpanan suhu dingin berkisar antara 1.374,50 gf sampai 22.755,50 gf. Persentase pengisian ketupat berpengaruh nyata terhadap kekerasan ketupat selama penyimpanan suhu dingin. Hasil uji DMRT ($\alpha=5\%$) menunjukkan bahwa PW50 berbeda dengan sampel lainnya, IR50 dan PW60 berbeda dengan IR60 terhadap kekerasan ketupat yang dihasilkan.

Waktu penyimpanan ketupat pada suhu dingin berpengaruh nyata terhadap kekerasan ketupat. Hasil uji lanjut dengan DMRT ($\alpha=5\%$) menunjukkan perubahan kekerasan ketupat setelah penyimpanan hari ke-1, ke-2 dan ke-3 tidak berbeda nyata, tetapi berbeda dengan setelah penyimpanan pada hari ke-6 dan ke-9 (Gambar 2).



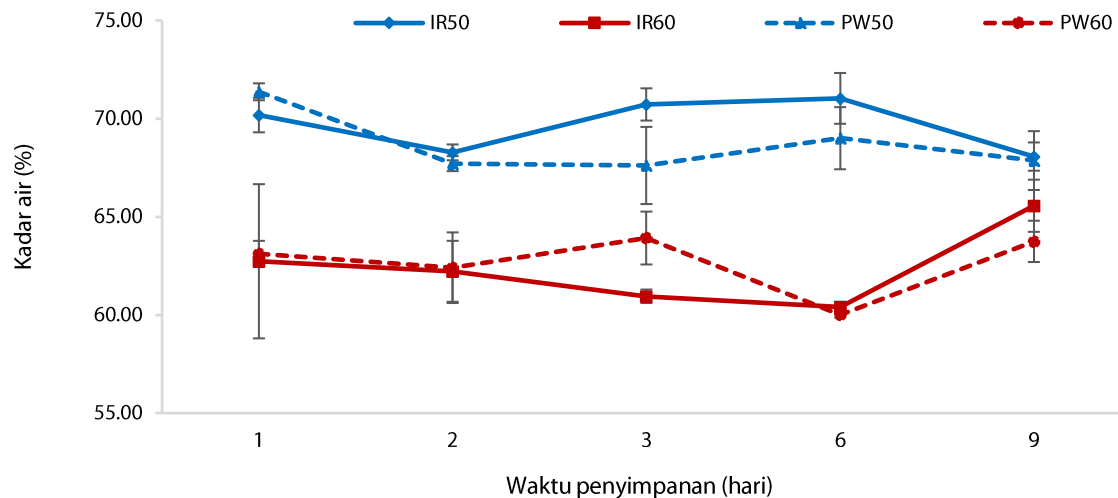
Gambar 2. Perubahan kekerasan ketupat selama penyimpanan

Suhu penyimpanan juga berpengaruh pada kekerasan ketupat. Penyimpanan suhu dingin mengakibatkan peningkatan kekerasan ketupat. Hal ini karena selama penyimpanan suhu dingin menyebabkan pati mengalami retrogradasi (Chen et al., 2017). Menurut Zhang et al. (2020) retrogradasi melibatkan penataan ulang struktur amilosa dan amilopektin pati, sehingga berkontribusi pada perubahan tekstur nasi selama penyimpanan. Chen et al. (2017) juga melaporkan bahwa kekerasan meningkat cepat selama penyimpanan dingin yang menunjukkan retrogradasi cepat dari molekul pati, terutama pada 7 hari pertama.

Ketupat dari beras yang beramilosa lebih tinggi mengakibatkan peningkatan kekerasan yang lebih tinggi selama penyimpanan. Ketupat yang disimpan pada suhu dingin menunjukkan bahwa varietas IR 64 mengalami peningkatan kekerasan lebih tinggi dibandingkan varietas Pandan Wangi. Hal ini diduga karena beras varietas IR 64 mengandung amilosa lebih tinggi, sehingga lebih mudah mengalami retrogradasi (Kusnandar, 2010). Hasil penelitian Yu et al. (2009) menunjukkan bahwa kandungan amilosa memiliki pengaruh signifikan pada retrogradasi pati dan sifat tekstur nasi. Nasi dari beras beramilosa rendah mengalami retrogradasi secara perlahan, sedangkan yang beramilosa tinggi lebih cepat mengalami retrogradasi.

Kadar air ketupat selama penyimpanan

Kadar air ketupat selama penyimpanan suhu dingin berkisar antara 59,92 % sampai 71,95 %. Suhu dingin dan persentase pengisian ketupat berpengaruh nyata terhadap kadar air ketupat. Hasil analisis GLM juga menunjukkan bahwa waktu penyimpanan pada suhu dingin tidak berpengaruh terhadap kadar air ketupat. Hasil uji DMRT ($\alpha=5\%$) menunjukkan bahwa kadar air ketupat IR50 dan PW50 berbeda nyata dengan kadar air ketupat IR60 dan PW60. (Gambar 3).

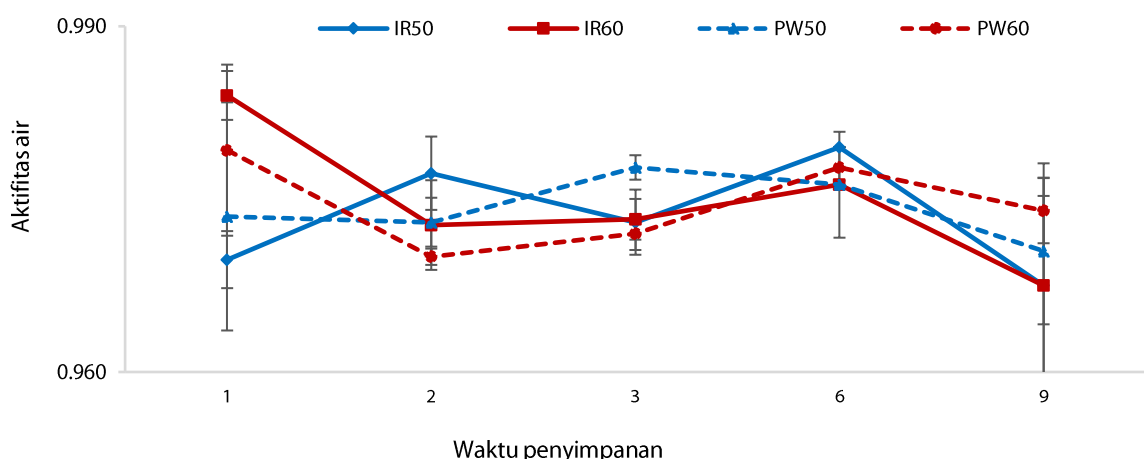


Gambar 3. Perubahan kadar air ketupat selama penyimpanan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa ketupat memiliki kadar air cukup tinggi ($> 55\%$ (bb). Fadhilah & Margawati (2016) melaporkan ketupat yang dimasak dengan air tanjung memiliki kadar air 47,3 %, sedangkan Giyatmi & Anggraini (2017) mengatakan bahwa nasi kemasan mengandung air lebih dari 51 %. Perbedaan kadar air ketupat disebabkan oleh perbedaan komposisi bahan bakunya. Kadar amilosa pati yang tinggi memiliki penyerapan air lebih rendah karena kekakuan struktur yang menahan pembengkakan (Biduksi et al., 2018). Kemampuan amilosa dalam membentuk ikatan hidrogen lebih tinggi dibandingkan dengan kemampuan amilopektin (Basito, 2010) dan kecepatan daya serap air meningkat seiring meningkatnya kadar amilosa (Wariyah et al., 2007). Namun, jika daya serap air sudah mencapai maksimal, beras kadar amilosa rendah mampu menyerap air lebih tinggi.

Aktivitas air (a_w) ketupat selama penyimpanan

Nilai a_w ketupat selama penyimpanan suhu dingin berkisar 0,960- 0,986 (Gambar 4). Waktu penyimpanan berpengaruh nyata pada a_w ketupat, sedangkan kadar amilosa dan persentase pengisian ketupat tidak berpengaruh terhadap a_w ketupat. Analisis lebih lanjut dengan DMRT ($\alpha=5\%$) menunjukkan bahwa a_w ketupat tidak berbeda nyata sampai penyimpanan hari ke-6, tetapi berbeda nyata pada penyimpanan hari ke-9.



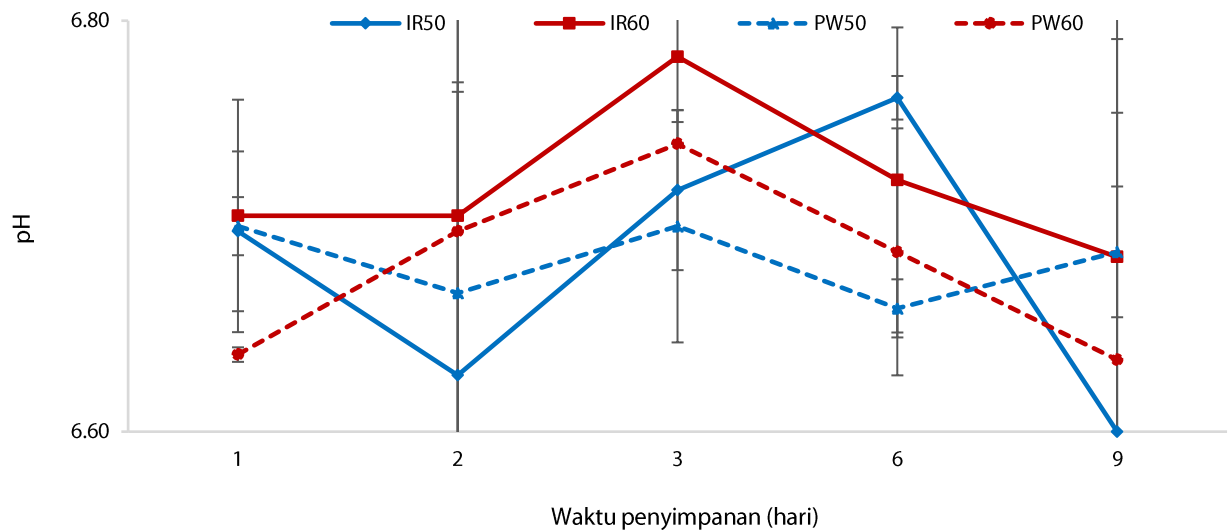
Gambar 4. Perubahan a_w ketupat selama penyimpanan

Aktivitas air dalam bahan makanan menentukan mobilitas air. Ketupat mengalami penurunan a_w selama penyimpanan. Hal ini karena berkurangnya sejumlah air dalam ketupat selama penyimpanan akibat mengalami retrogradasi. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Giyatmi & Anggraini (2017),

bahwa nasi kemasan memiliki a_w berkisar pada 0,970-0,997 dan cenderung menurun selama penyimpanan.

Nilai pH ketupat selama penyimpanan

Nilai pH ketupat selama penyimpanan suhu dingin berkisar antara 6,45 sampai 6,81. Waktu penyimpanan, kadar amilosa beras, dan persentase pengisian ketupat tidak berpengaruh terhadap pH ketupat yang disimpan pada suhu dingin (Gambar 5).

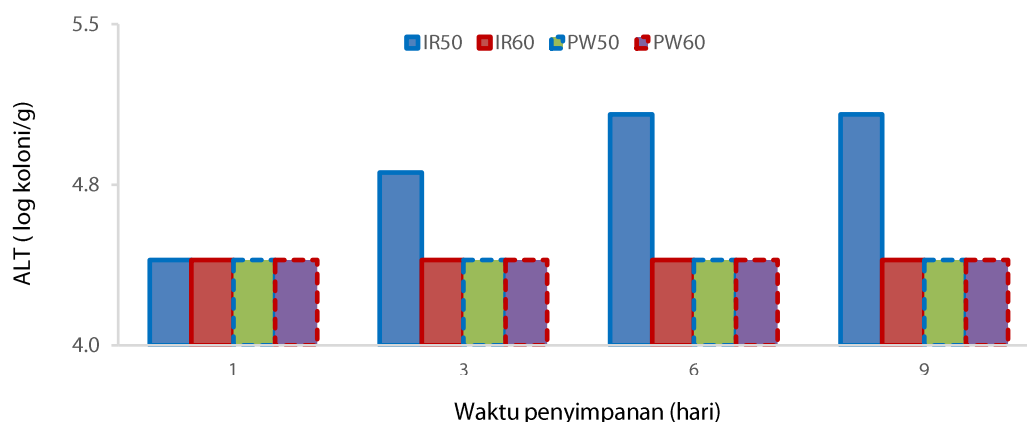


Gambar 5. Perubahan pH ketupat selama penyimpanan

Ketupat dikategorikan sebagai pangan berasam rendah atau makanan dengan pH sedikit asam. Hal ini karena ketupat memiliki pH lebih dari 6, tetapi di bawah 7. Hasil penelitian Giyatmi & Anggraini (2017) pada nasi kemasan juga menunjukkan hal yang serupa, pH nasi tersebut berkisar pada 5,5- 6,5. Selain itu, pH nasi yang dimasak dalam kondisi segar memiliki pH sedikit asam (Kanade et al., 2018).

ALT ketupat selama penyimpanan

Ketupat IR60, PW50, dan PW50 yang tersimpan pada suhu dingin tidak mengalami peningkatan jumlah mikroba yang signifikan sampai penyimpanan hari ke-9, tetapi ketupat IR50 mengalami peningkatan ALT secara signifikan dimulai pada hari penyimpanan ke-3. Penyimpanan ketupat IR50 pada hari ke-6 telah melebihi ambang batas ALT yang ditetapkan dalam peraturan BPOM No. 13/2019, yaitu sebesar 10^5 koloni/g (BPOM, 2019). Gambar 6 menunjukkan perubahan ALT ketupat selama penyimpanan suhu dingin.



Gambar 6. Perubahan ALT ketupat selama penyimpanan

Kondisi internal ketupat menjadi media pertumbuhan mikroba yang sangat baik. Menurut Yu et al. (2018), mikroba yang cepat tumbuh pada produk nasi adalah *Bacillus cereus*. Namun, karena ketupat disimpan pada kondisi suhu rendah, maka pertumbuhan mikroba tersebut dapat dihambat dan ALT yang terhitung sangat rendah. Hwang & Huang (2019) melaporkan suhu pertumbuhan minimal, optimal, dan maksimal *B. cereus* masing-masing adalah 8,2; 37,6; dan 46,8°C. Selain itu, populasi *B. cereus* menurun secara bertahap jika pangan disimpan di bawah suhu pertumbuhan minimal.

Total kapang dan khamir ketupat selama penyimpanan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa ketupat yang disimpan pada kondisi suhu dingin tidak mengalami peningkatan jumlah kapang dan khamir untuk semua jenis perlakuan. Total kapang dan khamir dalam ketupat tidak teramati selama penyimpanan ketupat disuhu dingin. Hal ini diduga karena ketupat lebih baik untuk pertumbuhan bakteri dibandingkan kapang maupun khamir. Menurut Giyatmi & Anggraini (2017), umumnya pangan yang memiliki nilai pH antara 4,6–7,0 merupakan kondisi yang cocok untuk pertumbuhan bakteri. Selain itu, kapang umumnya ditemukan pada makanan kering atau makanan yang mempunyai a_w rendah (Danarsih & Noer, 2016).

Kesimpulan

Semakin tinggi persentase pengisian ketupat, menghasilkan kekerasan ketupat yang semakin tinggi pula selama penyimpanan. Nilai kekerasan ketupat meningkat dari 1.374,50 gf menjadi 22.755,50 gf selama 9 hari penyimpanan. Persentase pengisian ketupat tidak berpengaruh pada a_w dan pH ketupat selama penyimpanan. Namun, persentase pengisian ketupat yang tinggi, menghasilkan kadar air ketupat yang rendah selama penyimpanan. Ketupat selama penyimpanan mengalami penurunan nilai a_w secara signifikan dari 0,986 menjadi 0,960, sedangkan kadar air dan pH tidak berubah. Penyimpanan ketupat pada suhu dingin mampu mempertahankan kualitas mikrobiologinya sampai hari penyimpanan ke-9 yang ditunjukkan dengan ALT yang lebih rendah dari ambang batas maksimal cemaran mikroba yang ditetapkan BPOM (10^5 koloni/g). Total kapang dan khamir ketupat tidak mengalami peningkatan selama penyimpanan.

Daftar pustaka

- AACC International Method 61-03.01: Amylose Content of Milled Rice, AACC International Approved Methods 1 (1999). <https://doi.org/10.1094/aaccintmethod-61-03.01>
- AOAC. (2012). Official Method of Analysis of the Association of Official Analytical of Chemist, 19th Edition Volume II. The Association of Official Analytical Chemists, Inc.
- Ashwar, B. A., Gani, A., Wani, I. A., Shah, A., Ahmad, F., & Saxena, D. C. (2016). Production of resistant starch from rice by dual autoclaving-retrogradation treatment: Invitro digestibility, thermal and structural characterization. *Food Hydrocolloids*, 56, 108–117. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.12.004>
- Badan Pengawas Obat dan Makanan Nomor 13 Tahun 2019 tentang Batas Maksimal Cemaran Mikroba dalam Pangan Olahan, (2019). <https://jdih.pom.go.id/download/product/845/13/2019>
- Basito. (2010). Kajian karakteristik fisikokimia dan sensori beras organik Mentik Susu dan IR64; pecah kulit dan giling selama penyimpanan. *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*, 3(2), 95–101. <https://doi.org/https://doi.org/10.20961/jthp.v0i0.13636>
- Biduski, B., Max, W., Colussi, R., Lisie, S., El, D. M., Lim, L., Renato, Á., Dias, G., & Zavareze, R. (2018). International Journal of Biological Macromolecules Starch hydrogels : The influence of the amylose content and gelatinization method. *International Journal of Biological Macromolecules*, 113, 443–449. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.02.144>

- Bolarinwa, I. F., & Oyesiji, O. O. (2021). Gluten free rice-soy pasta: proximate composition, textural properties and sensory attributes. *Heliyon*, 7(1), 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06052>
- Chen, L., Tian, Y., Tong, Q., Zhang, Z., & Jin, Z. (2017). Effect of pullulan on the water distribution, microstructure and textural properties of rice starch gels during cold storage. *Food Chemistry*, 214, 702–709. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.07.122>
- Danarsih, C. S., & Noer, E. R. (2016). Pengaruh lama penyimpanan terhadap mutu mikrobiologi Makanan Pendamping Air Susu Ibu (MP-ASI) bubur instan dengan substitusi tepung ikan gabus dan tepung labu kuning. *Journal of Nutrition College*, 5(2), 58–63. <https://doi.org/10.14710/jnc.v5i2.16360>
- Darwis, R. (2017). Hukum Islam dalam multikulturalis pluralitas di Indonesia. *Zawiyah: Jurnal Pemikiran Islam*, 3(1), 110–129. <https://doi.org/10.31332/zjpi.v3i1.712>
- Fadhilah, E., & Margawati, A. (2016). Analisis keamanan mikrobiologi dan logam berat (AS) ketupat air tanjung. *Journal of Nutrition College*, 5(3), 114–119. <https://doi.org/10.14710/jnc.v5i3.16375>
- Fauziah, K. N. 2016. Pengembangan Produk Ketupat Cepat Masak. Skripsi di Institut Pertanian Bogor, 46h. <http://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/86710>
- Gavahian, M., Chu, Y.-H., & Farahnaky, A. (2019). Effects of ohmic and microwave cooking on textural softening and physical properties of rice. *Journal of Food Engineering*, 243(331), 114–124. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2018.09.010>
- Giyatmi, & Anggraini, D. D. (2017). Pengaruh jenis nasi terhadap nilai gizi dan mutu kimiawi nasi dalam kemasan selama penyimpanan sebagai alternatif pangan darurat. *Jurnal Konversi*, 6(1), 31–42. <https://doi.org/10.24853/konversi.6.1.31-42>
- Hardianti, Aisyah, S., & Puspitasari, F. (2017). Pengaruh waktu pengukusan yang berbeda terhadap kualitas presto ikan sepat siam (*Trichogaster pectoralis*). *Journal Fish Scientiae*, 7(2), 192–198. <https://doi.org/10.20527/fs.v1i2.4545>
- Hwang, C. A., & Huang, L. (2019). Growth and survival of *Bacillus cereus* from spores in cooked rice – One-step dynamic analysis and predictive modeling. *Food Control*, 96, 403–409. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2018.09.036>
- Jukanti, A. K., Pautong, P. A., Liu, Q., & Sreenivasulu, N. (2020). Low glycemic index rice—a desired trait in starchy staples. *Trends in Food Science & Technology*, 106, 132–149. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.10.006>
- Kanade, K. G., Moulavi, M. H., Chaudhari, N. P., & Nalawade, D. B. (2018). pH metric method for detection of cooked rice adulteration. *International Journal of Chemical and Physical Sciences*, 7, 11–17.
- KBBI. (2021). *Ketupat*. Kementrian Pendidikan Dan Kebudayaan. <https://kbbi.kemdikbud.go.id/entri/ketupat>
- Kusnandar, F. (2010). *Kimia Pangan Komponen Makro*. Dian Rakyat.
- Li, H., Fitzgerald, M. A., Prakash, S., Nicholson, T. M., & Gilbert, R. G. (2017). The molecular structural features controlling stickiness in cooked rice, a major palatability determinant. *Scientific Reports*, 7(September 2016), 1–12. <https://doi.org/10.1038/srep43713>
- Li, H., Prakash, S., Nicholson, T. M., Fitzgerald, M. A., & Gilbert, R. G. (2016). Instrumental measurement of cooked rice texture by dynamic rheological testing and its relation to the fine structure of rice starch. *Carbohydrate Polymers*, 146, 253–263. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2016.03.045>
- Lin, L., Guo, K., Zhang, L., Zhang, C., Liu, Q., & Wei, C. (2019). Food Hydrocolloids Effects of molecular compositions on crystalline structure and functional properties of rice starches with different amylopectin extra-long chains. *Food Hydrocolloids*, 88(May 2018), 137–145. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.09.033>
- Maturin, L., & Peeler, J. T. (2001). *BAM Chapter 3: Aerobic Plate Count*. FDA U.S. Food and Drug Administration. <https://www.fda.gov/food/laboratory-methods-food/bam-chapter-3-aerobic-plate-count>

- Nugroho, P., Dwiloka, B., & Rizqiati, H. (2018). Rendemen, nilai pH, tekstur, dan aktivitas antioksidan keju segar dengan bahan pengasam ekstrak bunga rosella ungu (*Hibiscus sabdariffa* L.). *Jurnal Teknologi Pangan*, 2(1), 33–39. <https://doi.org/10.14710/jtp.2.1.%25p>
- Rahmiati, T. M., Purwanto, Y. A., Budijanto, S., & Khumaida, N. (2016). Sifat Fisikokimia Tepung dari 10 Genotipe Ubi Kayu (*Manihot esculenta* Crantz) Hasil Pemuliaan. *Agritech*, 36(4), 459–466. <https://doi.org/10.22146/agritech.16771>
- Rianti, A., Novenia, A. E., Christopher, A., Lestari, D., & Parassih, E. K. (2018). Ketupat as traditional food of Indonesian culture. *Journal of Ethnic Foods*, 5(1), 4–9. <https://doi.org/10.1016/j.jef.2018.01.001>
- Sasmitaloka, K. S., Banurea, I. R., & Widowati, S. (2019). Kajian produksi nasi kuning instan dan karakteristiknya. *Jurnal Agroindustri Halal*, 5(2), 188–195. <http://dx.doi.org/10.30997/jah.v5i2.1936>
- Sinamo, K. N., Suliantari, & Dewanti-Hariyadi, R. (2016). Sintasan *Cronobacter sakazakii* pGFPuv selama penyimpanan jagung pipilan berkadar air awal berbeda di berbagai RH. *Jurnal Teknologi Dan Industri Pangan*, 27(2), 148–156. <https://doi.org/10.6066/jtip.2016.27.2.148>
- Tao, K., Yu, W., Prakash, S., & Gilbert, R. G. (2019). High-amylose rice: Starch molecular structural features controlling cooked rice texture and preference. *Carbohydrate Polymers*, 219(May), 251–260. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2019.05.031>
- Tournas, V., Stack, M. E., Mislivec, P. B., Koch, H. A., & Bandler, R. (2001). *BAM Chapter 18: Yeasts, Molds and Mycotoxins*. FDA U.S. Food and Drug Administration. <https://www.fda.gov/food/laboratory-methods-food/bam-chapter-18-yeasts-molds-and-mycotoxins>
- Tuaño, A. P. P., Barcellano, E. C. G., & Rodriguez, M. S. (2021). Resistant starch levels and in vitro starch digestibility of selected cooked philippine brown and milled rices varying in apparent amylose content and glycemic index. *Food Chemistry: Molecular Sciences*, 1000–1010. <https://doi.org/10.1016/j.fochms.2021.100010>
- Wariyah, C., Anwar, C., & Astuti, M. (2007). Kinetika penyerapan air pada beras. *Agritech*, 27(3), 112–117. <https://doi.org/10.22146/agritech.9599>
- Wesley, D. S., André, B. H. M., & Clerici, M. T. P. S. (2021). Gluten-free rice & bean biscuit: characterization of a new food product. *Heliyon*, 7(1), 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e05956>
- Ye, J., Hu, X., Luo, S., McClements, D. J., Liang, L., & Liu, C. (2018). Effect of endogenous proteins and lipids on starch digestibility in rice flour. *Food Research International*, 106, 404–409. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.01.008>
- Yu, L., Muralidharan, S., Lee, N. A., Lo, R., Stokes, J. R., Fitzgerald, M. A., & Turner, M. S. (2018). The impact of variable high pressure treatments and/or cooking of rice on bacterial populations after storage using culture-independent analysis. *Food Control*, 92, 232–239. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2018.04.027>
- Yu, S., Ma, Y., & Sun, D. W. (2009). Impact of amylose content on starch retrogradation and texture of cooked milled rice during storage. *Journal of Cereal Science*, 50(2), 139–144. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2009.04.003>
- Yunita, M., Hendrawan, Y., & Yulianingsih, R. (2015). Analisis kuantitatif mikrobiologi pada makanan penerbangan (Aerofood ACS) Garuda Indonesia berdasarkan TPC (Total Plate Count) dengan metode pour plate. *Jurnal Keteknik Pertanian Tropis Dan Biosistem*, 3(3), 237–248.
- Zhang, C., Zhou, L., Lu, Y., Yang, Y., Feng, L., Hao, W., Li, Q., Fan, X., Zhao, D., & Liu, Q. (2020). Changes in the physicochemical properties and starch structures of rice grains upon pre-harvest sprouting. *Carbohydrate Polymers*, 234(January), 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.115893>