



JURNAL RONA TEKNIK PERTANIAN
ISSN : 2085-2614; e-ISSN 2528 2654
JOURNAL HOMEPAGE : <http://www.jurnal.unsyiah.ac.id/RTP>



Unjuk Kerja Pengering Tenaga Surya Tipe Efek Rumah Kaca Untuk Pengeringan Cabai Dengan Perlakuan *Low Temperature Long Time Blanching*

Andi Muhammad Irfan^{1*)}, Arimansyah¹, A. Ramli Rasyid¹, Nunik Lestari²

¹Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Makassar, Jl. Daeng Tata Raya, Makassar, Indonesia

²Program Studi Pendidikan Teknologi Pertanian, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Makassar, Jl. Daeng Tata Raya, Makassar, Indonesia

*E-mail: amuhammadirfan@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menguji unjuk kerja pengering tenaga surya tipe efek rumah kaca pada pengeringan cabai dengan perlakuan *low temperature long time (LTLT) blanching*. Selain itu, pada penelitian ini juga dilakukan kajian mengenai karakteristik pengeringan cabai yang dipengaruhi oleh perlakuan *LTLT blanching*, terutama pada kadar air, laju pengeringan, kecepatan pengeringan, dan kualitas warna. Pengujian dilakukan dengan cara mengeringkan cabai merah dengan *pretreatment LTLT blanching* yang dikombinasikan dengan perlakuan merotasikan rak pengering (R) dan tanpa merotasikan rak pengering (TR). Sebagai kontrol adalah cabai yang dikeringkan tanpa *blanching* dan tanpa merotasikan rak pengering (K). Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan *LTLT blanching* yang dikombinasikan dengan merotasikan rak pengering (R) merupakan perlakuan yang terbaik, dengan kadar air akhir cabai kering sebesar 9,82% dan sesuai dengan standar SNI. Waktu pengeringan yang dibutuhkan adalah selama 5 hari. Warna cabai kering yang dihasilkan adalah yang terbaik dari dua perlakuan lainnya, dengan nilai L^* , a^* , dan b^* untuk setelah proses *LTLT blanching* (sebelum proses pengeringan) dan setelah pengeringan berakhir (cabai kering) berturut-turut adalah 36,02, 38,22, dan 13,62, serta 32,44, 33,89, dan 10,19. Energi yang terpakai untuk pengeringan cabai adalah sebesar 596181 kJ. Perlakuan R ini juga menghasilkan efisiensi pengeringan terbaik, yaitu sebesar 34,01%.

Kata Kunci : efisiensi, kinerja, *pretreatment*, radiasi matahari, warna

Performance of Greenhouse Effect Type Solar Dryer in the Chilies Drying with Low Temperature Long Time Blanching Treatment

Andi Muhammad Irfan^{1*}, Arimansyah¹, A. Ramli Rasyid¹, Nunik Lestari²

¹Mechanical Engineering Education Study Program, Faculty of Engineering, Universitas Negeri Makassar, Makassar, Indonesia

²Agricultural Technology Education Study Program, Faculty of Engineering, Universitas Negeri Makassar, Makassar, Indonesia

*E-mail: amuhammadirfan@gmail.com

Abstract

The purpose of this research was to examine the performance of the greenhouse effect type solar dryer on chilies drying with low temperature long time (LTLT) blanching treatment. In addition, a study was also conducted on the characteristics of chilies drying and the final product affected by LTLT blanching treatment, especially in terms of moisture content, drying rate, drying speed, and color. The experiments were carried out by drying red chilies with LTLT blanching pretreatment combined with rotating the drying rack (R) and without rotating the drying rack (TR). As a control, chilies were dried without blanching treatment and without rotating dryer rack (K). The results show that the LTLT blanching treatment combined with rotating the drying rack (R) is the best treatment, with a final moisture content of 9.82% which is in accordance with SNI standards. The drying time required is 5 days. The dried chili color produced is the best of the other treatments, with values of L^* , a^* , and b^* for after the LTLT blanching process and after drying ended, respectively 36.02, 38.22, and 13.62, as well as 32.44, 33.89, and 10.19. The energy used for drying chilies is 596181 kJ. This R treatment also produces the best drying efficiency, which is 34.01%.

Keywords : efficiency, performance, pretreatment, solar radiation, color

PENDAHULUAN

Cabai segar memiliki kadar air yang sangat tinggi sehingga termasuk golongan produk yang sangat mudah rusak dan tidak tahan lama (Ramdani *et al.*, 2018). Pengeringan merupakan salah satu cara efektif untuk mengawetkan cabai agar dapat disimpan dalam jangka waktu yang lebih lama dibandingkan dengan produk segarnya (Nurjannah *et al.*, 2018). Selain itu, dengan melakukan pengolahan lanjutan yang tepat maka harga produk cabai kering akan lebih tinggi dibandingkan dengan harga produk cabai segar.

Pengeringan cabai di tingkat petani masih banyak dilakukan dengan cara penjemuran langsung di bawah sinar matahari. Cara pengeringan ini umumnya dipilih karena mudah dan murah. Akan tetapi cara pengeringan ini dinilai kurang optimal karena sangat tergantung pada intensitas penyinaran matahari dan kondisi cuaca. Selain itu, produk hasil pengeringannya juga dinilai kurang higienis karena rentan terkontaminasi debu dan kotoran yang terbawa angin ataupun hewan yang ada disekitarnya.

Pengeringan cabai dengan menggunakan alat pengering tenaga surya tipe efek rumah kaca menjadi solusi teknik pengeringan dengan memanfaatkan energi matahari, namun tetap dalam kondisi yang higienis dan terjaga (Usman *et al.*, 2020). Selain lebih higienis, penggunaan alat pengering jenis ini juga dapat mengoptimalkan potensi panas yang ada. Panas yang masuk ke dalam ruang pengering di siang hari akan terjebak, dan

masih bisa dimanfaatkan untuk mengeringkan bahan walaupun intensitas cahaya matahari sudah tidak maksimal lagi.

Pengeringan cabai sering terkendala masalah estetika warna cabai kering akibat efek *browning* atau pencoklatan. Efek *browning* pada cabai kering ini harus dihindari karena warna merupakan salah satu penentu kualitas dari cabai kering. *Blanching* merupakan salah satu cara yang efektif untuk menghindari reaksi *browning* pada buah dan sayuran, baik reaksi *browning* secara enzimatis maupun non enzimatis.

Banyak penelitian yang melaporkan efek *blanching* pada cabai yang dikeringkan. Beberapa hasil penelitian tersebut seperti perlakuan *blanching* pada suhu 110 °C selama 0,5 sampai 4 menit pada penelitian Wang *et al.* (2017), perlakuan *blanching* pada suhu 100 °C selama 0,5 sampai 2,5 menit pada penelitian Bodra *et al.* (2018), perlakuan *blanching* pada suhu 90 °C selama 3, 7, dan 11 menit pada penelitian Khaerunnisya *et al.* (2019), perlakuan *blanching* dengan penambahan natrium metabisulfit pada suhu 90 °C selama 10 menit pada penelitian Ridwan *et al.* (2017), serta perlakuan *blanching* pada suhu 90 °C selama 6 menit pada penelitian Jamilah *et al.* (2019).

Penelitian mengenai perlakuan *blanching* sebelum proses pengeringan cabai ini umumnya dilakukan pada suhu tinggi dan dalam waktu yang relatif singkat (*high temperature short time blanching/HTST blanching*), dengan kisaran suhu 90-110 °C dan waktu *blanching* antara 0,5-11 menit. Belum banyak penelitian yang melaporkan tentang efek *blanching* pada suhu rendah dan dalam waktu yang relatif lama, atau yang dikenal dengan istilah *low temperature long time (LTLT) blanching* untuk produk cabai. Padahal *blanching* pada suhu rendah juga terbukti memiliki efek signifikan terhadap kualitas fisik dan sensorik, seperti yang dilaporkan oleh Ngobese *et al.* (2017) pada penelitian dengan bahan kentang.

Di lain sisi, penelitian mengenai efek LTLT *blanching* pada pengeringan cabai dengan menggunakan alat pengering tenaga surya tipe efek rumah kaca masih jarang ditemui, terutama untuk melihat unjuk kerja pengering dan karakteristik hasil pengeringannya. Kajian mengenai unjuk kerja ini diperlukan sebagai bahan evaluasi dari sistem pengering maupun untuk perbaikan rancangan yang telah ada. Dari rumusan masalah tersebut, maka dilakukan penelitian yang bertujuan untuk menguji unjuk kerja pengering tenaga surya tipe efek rumah kaca pada pengeringan cabai dengan perlakuan LTLT *blanching*. Selain itu, pada penelitian ini juga dilakukan kajian mengenai karakteristik pengeringan cabai dan produk akhir yang dipengaruhi oleh proses LTLT *blanching*.

METODE PENELITIAN

Ada 3 perlakuan pada penelitian ini, yaitu pengeringan cabai dengan *pretreatment* LTLT *blanching* tanpa merotasikan rak pengering (TR), pengeringan cabai dengan *pretreatment* LTLT *blanching* dan dengan merotasikan rak pengering (R), serta kontrol pengeringan cabai tanpa *pretreatment* LTLT *blanching* dan tanpa merotasikan rak pengering (K). Rotasi rak pengering pada perlakuan R dilakukan dengan cara memindahkan posisi *tray* pada rak 1 ke rak 2, *tray* pada rak 2 ke rak 3, dan seterusnya. Rotasi ini dilakukan setiap 1 jam. *Pretreatment* LTLT *blanching* dilakukan dengan suhu 60 °C selama 20 menit. Proses *blanching* hanya dilakukan menggunakan air tanpa bahan tambahan lain.

Bahan dan Alat

Bahan utama yang digunakan pada penelitian ini adalah cabai merah besar (*Capsicum annuum* L.). Alat utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat

pengering tenaga surya tipe efek rumah kaca. Peningering ini terdiri dari dua bagian utama, yaitu bangunan rumah kaca (Gambar 1a) dan rak-rak pengering (Gambar 1b). Luas bangunan rumah kaca adalah 150 m². Di dalam ruang pengering terdapat 4 buah kolom rak pengering. Dalam satu kolom rak terdapat 10 tingkat rak (Gambar 1b). Jumlah *tray* keseluruhan pada rak pengering adalah sebanyak 600 buah. Peningering ini dilengkapi dengan 6 buah kipas yang terpasang pada langit-langit ruang pengering. Pada bagian ruang pengering juga dilengkapi dengan 6 buah *exhaust fan* yang berfungsi untuk pengeluaran uap air. Untuk proses pengambilan data, alat-alat yang digunakan berupa timbangan, *solar power meter*, termokopel, *data logger*, oven, desikator, neraca analitik, dan *colorimeter*.



(a)



(b)

Gambar 1. Alat pengering tenaga surya tipe efek rumah kaca (a) bangunan alat pengering (tampak luar), dan (b) rak pengering (bagian dalam)

Persiapan Bahan

Tahap persiapan diawali dengan sortasi cabai. Cabai yang digunakan untuk penelitian adalah cabai yang utuh (tidak patah) dan berwarna merah pada keseluruhan buahnya. Setelah disortasi, selanjutnya cabai dicuci dan ditiriskan. Cabai yang telah dicuci kemudian diberi perlakuan LTLT *blanching*.

Proses Pengeringan

Cabai yang telah melalui proses *blanching* selanjutnya siap untuk dikeringkan. Untuk masing-masing rak pengering yang terdapat pada alat pengering ini selanjutnya diisi cabai sebanyak 500 gram. Proses pengeringan dilakukan hingga cabai mencapai kadar air maksimal 11% berdasarkan SNI 01-3389-1994. Proses pengeringan setiap harinya dilakukan selama 7 jam, yang dimulai dari pukul 9.00-16.00. Selama proses pengeringan berlangsung, dilakukan pengukuran penurunan massa cabai, pengukuran radiasi matahari, dan suhu pada tiap rak pengering dari rak 1 hingga rak 10.

Analisis Data

1. Kadar Air

Kadar air diukur dengan metode AOAC. Kadar air aktual diukur di awal dan akhir proses pengeringan. Sedangkan untuk penurunan kadar air selama proses pengeringan berlangsung diidentifikasi dari rasio penurunan massa bahan terhadap massa kering bahan (Lestari *et al.*, 2020). Kadar air basis basah dan basis kering dihitung dengan Persamaan (1) dan (2) sebagai berikut (Akpinar *et al.*, 2016):

$$M = \frac{w(t) - d}{w(t)} \times 100\% \quad (1)$$

$$X = \frac{w(t) - d}{d} \quad (2)$$

Dimana M adalah kadar air basis basah (%), X adalah kadar air basis kering ($g_{\text{air}}/g_{\text{bahan kering}}$), d adalah massa kering bahan (g), dan $w(t)$ adalah massa bahan pada waktu t .

2. Laju Pengerinan

Laju pengeringan (D_R) dihitung dengan Persamaan (3) sebagai berikut (Hawa *et al.*, 2019):

$$D_R = \frac{X_{t1} - X_{t2}}{t_2 - t_1} \quad (3)$$

Dimana D_R adalah laju pengeringan ($g_{\text{air}}/g_{\text{bahan kering}} \cdot h$), X_{t1} adalah kadar air basis kering saat t_1 ($g_{\text{air}}/g_{\text{bahan kering}}$), X_{t2} adalah kadar air basis kering saat t_2 ($g_{\text{air}}/g_{\text{bahan kering}}$), serta t_1 dan t_2 adalah waktu pengeringan (jam).

3. Warna

Analisis warna dilakukan pada cabai setelah proses *blanching* (sebelum masuk proses pengeringan) dan produk cabai kering. Pengukuran warna dilakukan menggunakan alat *colorimeter*. Data yang dicatat dari hasil pengukuran yaitu berupa nilai L^* , a^* , dan b^* .

4. Energi Matahari yang Diterima Oleh Model Pengerinan

Energi matahari yang diterima oleh model pengering dapat dihitung melalui Persamaan (4) berikut ini (Zamharir *et al.*, 2016):

$$Q_s = 3.6 \times I_g \times A_p \times (\tau\alpha)_p \times t \quad (4)$$

Dimana Q_s adalah energi matahari yang diterima oleh model pengering (W/m^2), I_g adalah iradiasi matahari (W/m^2), A_p adalah luas permukaan model pengering (m^2), τ adalah transmisivitas bahan model pengering, α adalah absorpsivitas bahan penyerap, dan t adalah lamanya penyinaran matahari (jam).

5. Konsumsi Energi Listrik

Konsumsi energi listrik untuk operasional kipas dan *exhaust fan* selama proses pengeringan dihitung dengan Persamaan (5) sebagai berikut (Panggabean *et al.*, 2017):

$$Q_e = 3.6 \times p_k \times t \quad (5)$$

Dimana Q_e adalah energi listrik (kJ), p_k adalah daya listrik (watt), dan t adalah waktu pengeringan (h).

6. Panas yang Digunakan untuk Meningkatkan Suhu Cabai

Jumlah panas yang digunakan untuk menaikkan suhu cabai saat proses pengeringan dihitung dengan Persamaan (6) berikut ini (Hanafi *et al.*, 2017):

$$Q_1 = m_o \times C_p \times (T_2 - T_1) \quad (6)$$

Nilai C_p dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan Siebel (Usman *et al.*, 2020), yaitu:

$$C_p = 0.837 + 0.034 M_o \quad (7)$$

Dimana Q_1 adalah panas yang digunakan untuk menaikkan suhu cabai (kJ), C_p adalah panas jenis ($kJ/kg \text{ } ^\circ C$), m_o adalah massa awal cabai (kg), M_o adalah kadar air awal (% wb), T_1 adalah suhu bahan sebelum dipanaskan ($^\circ C$), dan T_2 adalah suhu bahan setelah dipanaskan ($^\circ C$).

7. Panas yang Digunakan untuk Menguapkan Air Pada Cabai

Jumlah panas yang digunakan untuk menguapkan air dari cabai yang dikeringkan dihitung dengan Persamaan (8) sebagai berikut (Suhendar *et al.*, 2017):

$$Q_2 = M_u \times H_{fg} \quad (8)$$

Untuk menghitung massa air yang harus diuapkan (M_u) hingga cabai mencapai target kadar air yang diinginkan, maka digunakan Persamaan (9) sebagai berikut (Lestari *et al.*, 2020):

$$M_u = \frac{W_o (M_o - M_f)}{(100 - M_f)} \quad (9)$$

Panas laten penguapan (H_{fg}) dihitung dengan Persamaan (10) sebagai berikut (Usman *et al.*, 2020):

$$H_{fg} = 2502 - (2.3775 T) \quad (10)$$

Dimana Q_2 adalah panas yang digunakan untuk menguapkan air pada cabai (kJ), H_{fg} adalah panas laten penguapan (kJ/kg), M_u adalah massa air yang harus diuapkan (kg), T adalah suhu bahan ($^{\circ}\text{C}$), W_o adalah massa awal (kg), M_f adalah kadar air akhir (% wb), dan M_o adalah kadar air awal (% wb).

8. Kebutuhan Energi untuk Proses Pengeringan

Kebutuhan jumlah energi selama proses pengeringan cabai berlangsung dihitung dengan Persamaan (11) berikut ini (Sari, 2019):

$$Q_{out} = Q_1 + Q_2 \quad (11)$$

Dimana Q_{out} adalah energi untuk menaikkan suhu dan menguapkan air pada cabai (kJ), Q_1 adalah panas yang digunakan untuk meningkatkan suhu cabai (kJ), dan Q_2 adalah panas yang digunakan untuk menguapkan air pada cabai (kJ).

9. Efisiensi Pengeringan

Persentase efisiensi pengeringan dihitung dari perbandingan antara jumlah energi yang dibutuhkan selama proses pengeringan (Q_{out}) dengan energi input untuk pengeringan dari matahari dan listrik (Q_{in}). Efisiensi pengeringan dihitung dengan Persamaan (12) sebagai berikut (Suhendar *et al.*, 2017):

$$\eta = \frac{Q_{out}}{Q_{in}} \times 100\% \quad (12)$$

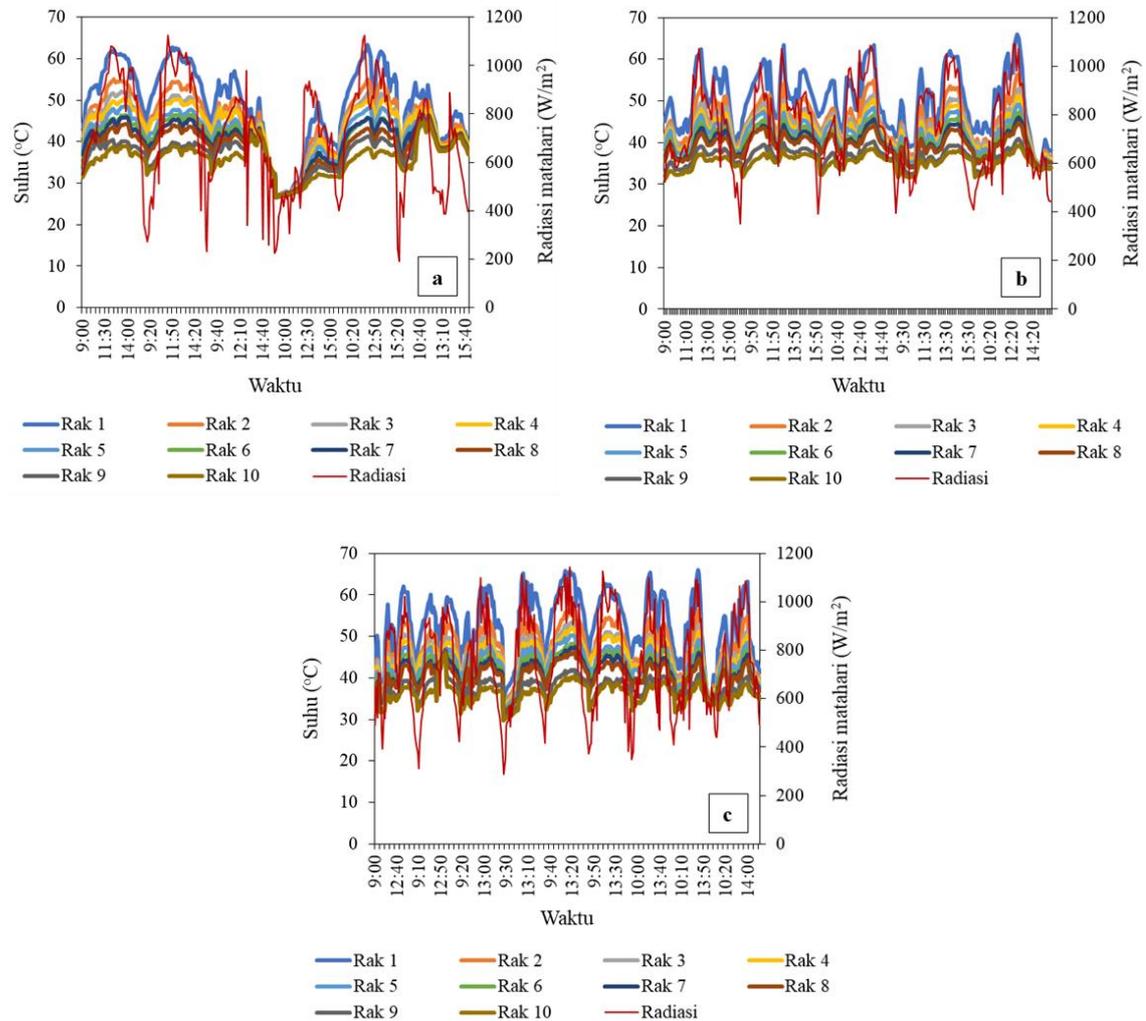
Dimana η adalah efisiensi pengeringan (%), Q_{in} adalah energi input dari listrik dan matahari (kJ), serta Q_{out} adalah energi untuk menaikkan suhu dan menguapkan air pada cabai (kJ).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Suhu Pengeringan

Suhu pengeringan diukur dari pukul 09.00-16.00. Pengukuran ini dilakukan setiap hari hingga cabai pada tiap rak mencapai kadar air yang diharapkan. Ada 10 titik pengukuran suhu pada rak pengering. Titik-titik pengukuran tersebut mewakili posisi masing-masing rak yang tersusun secara vertikal, mulai dari rak 1 dengan posisi paling atas hingga rak 10 dengan posisi paling bawah. Selain suhu pengeringan, dilakukan juga pengukuran terhadap intensitas radiasi matahari. Kedua pengukuran ini dilakukan karena nilai dari kedua parameter tersebut saling berhubungan. Sebaran suhu pada tiap rak

pengering dan nilai intensitas radiasi matahari selama proses pengeringan berlangsung, untuk masing-masing perlakuan ditampilkan pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2. Sebaran suhu tiap rak pengering dan radiasi matahari (a) perlakuan TR, (b) perlakuan R, dan (c) perlakuan K

Dari Gambar 2 diketahui bahwa semakin tinggi posisi rak pengering, maka suhu yang diterimanya akan semakin tinggi. Suhu pengeringan tertinggi terdapat pada rak 1, yaitu dapat mencapai suhu sebesar 63,3 °C saat panas terik, dan suhu terendah terdapat pada rak 10, yaitu sebesar 26,6 °C saat cuaca mendung. Perbedaan suhu ini disebabkan karena rak pengering dengan posisi teratas lebih dahulu menerima kalor/panas dari hasil penyinaran matahari, dibandingkan dengan rak-rak yang berada di bawahnya. Kalor yang menuju rak-rak pengering pada posisi lebih rendah, dalam perjalanannya menuju posisi rak-rak tersebut telah mengalami perpindahan kalor dengan bahan yang dikeringkan ataupun lingkungan didalam ruang pengering. Sehingga kalor yang sampai pada rak terbawah akan semakin rendah juga suhunya.

Gambar 2 juga memperlihatkan bahwa suhu pengeringan untuk masing-masing perlakuan cenderung berbeda-beda. Hal ini disebabkan karena pengukuran suhu juga dilakukan pada hari yang berbeda untuk tiap perlakuan. Secara umum, tinggi rendahnya suhu di dalam ruang pengering sangat bergantung pada intensitas penyinaran matahari (Sari, 2019; Zamharir *et al.*, 2016). Pada saat cuaca panas terik, maka nilai radiasi matahari menjadi sangat tinggi dan suhu yang diterima oleh pengering juga akan tinggi.

Sebaliknya, jika cuaca mendung atau banyak terdapat tutupan awan, maka intensitas penyinaran matahari akan rendah sehingga suhu yang diterima oleh ruang pengeringpun akan menjadi lebih rendah. Tinggi rendahnya intensitas penyinaran matahari ini sangat berpengaruh terhadap suhu di dalam ruang pengering, yang juga akan berpengaruh terhadap kecepatan penurunan kadar air pada bahan yang sedang dikeringkan (Martiani *et al.*, 2017; Takahashi *et al.*, 2017).

Kualitas akhir dari bahan yang dikeringkan juga sangat dipengaruhi oleh intensitas penyinaran matahari selama proses pengeringan tersebut berlangsung. Proses pengeringan yang mengandalkan bantuan energi matahari tetapi tidak dilakukan saat kondisi cuaca yang mendukung, maka akan menyebabkan kerusakan pada bahan yang dikeringkan. Bahan yang tidak cepat menjadi kering akan rentan menjadi busuk dan berjamur.

Karakteristik Pengeringan

1. Kadar Air

Kadar air memegang peranan penting, terlebih jika cabai kering akan disimpan dalam waktu yang lama. Semakin rendah kadar airnya, maka akan semakin baik dan tahan lama dalam penyimpanan (Tamaheang *et al.*, 2017). Cabai kering pada penelitian ini umumnya telah memenuhi standar kadar air berdasarkan SNI 01-3389-1994. Perlakuan R memiliki rata-rata kadar air akhir yang terendah, yaitu sebesar 9,82%. Sedangkan perlakuan TR memiliki rata-rata kadar air akhir sebesar 10,74%, dan perlakuan K memiliki rata-rata kadar air akhir sebesar 10,72%.

Perlakuan tanpa merotasikan rak pengering, baik dengan *pretreatment LTLT blanching* (TR) ataupun kontrol (K), umumnya memiliki kadar air yang masih diambang batas target untuk sampel pada rak 7 hingga rak 10. Kadar air yang dicapai untuk rak 7 hingga rak 10 umumnya masih diatas 11%, tetapi tidak mencapai 12%. Sedangkan untuk perlakuan *pretreatment LTLT blanching* dengan merotasikan rak pengering (R), seluruh kadar air akhir cabai kering berada dibawah 11% dengan waktu pengeringan yang lebih cepat dari dua perlakuan lainnya. Penurunan kadar air untuk masing-masing perlakuan ditampilkan pada Gambar 3.

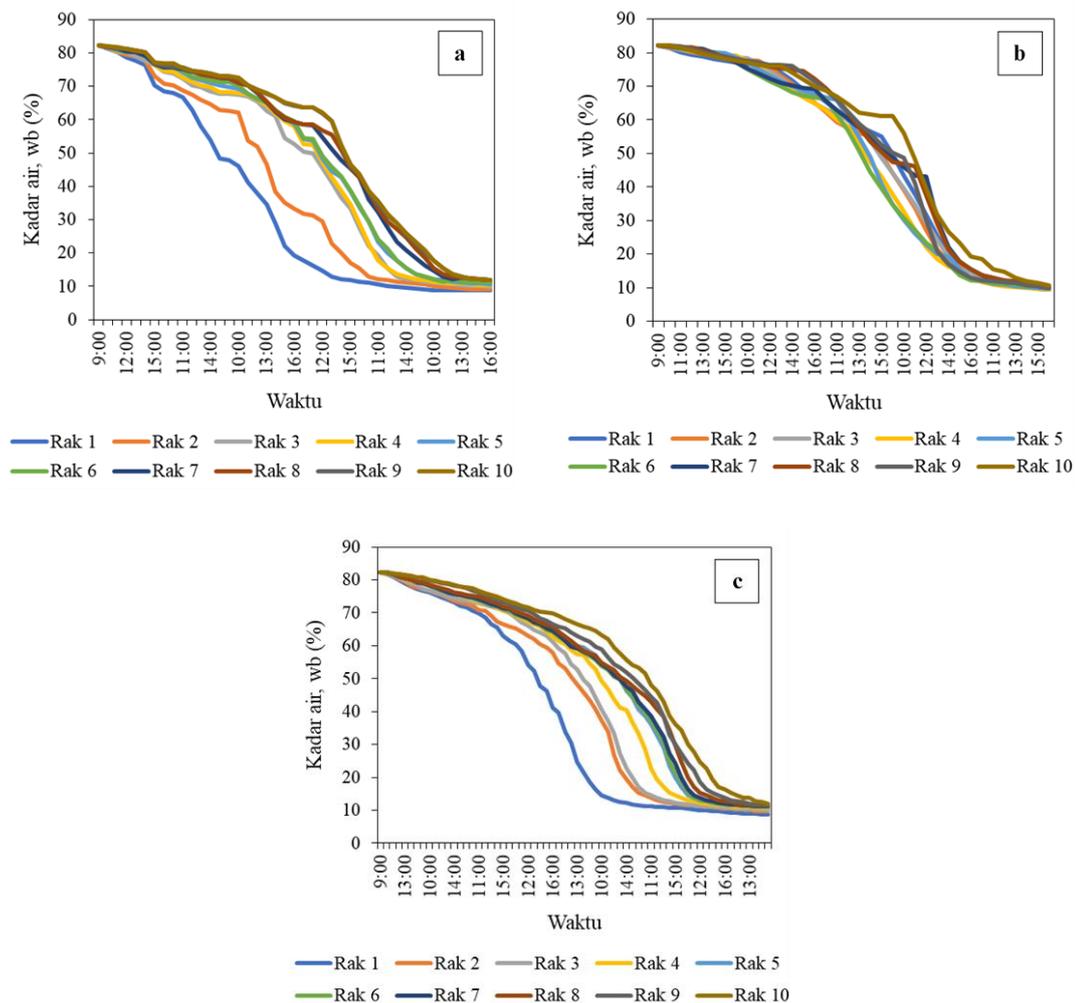
Pada Gambar 3a dan 3c terlihat bahwa untuk perlakuan tanpa merotasikan *tray* pada rak pengering, semakin tinggi posisi rak maka kadar airnya akan semakin cepat turun. Begitu juga sebaliknya. Hal ini disebabkan karena posisi rak pengering memberi pengaruh terhadap kecepatan dan jumlah panas yang diterima oleh bahan dari radiasi matahari. Secara tidak langsung, hal ini akan berpengaruh terhadap penurunan kadar air. Semakin tinggi suhu yang diterima oleh bahan maka akan mempercepat terjadinya penguapan air dari bahan (Takahashi *et al.*, 2017).

Sedangkan untuk perlakuan pengeringan cabai dengan merotasikan *tray* pada rak pengering (Gambar 3b), rata-rata kadar air akhir cabai keringnya cenderung lebih seragam dan lebih rendah. Hal ini disebabkan karena setiap bahan pada *tray* memiliki kesempatan yang sama untuk menerima suhu tinggi pada rak-rak pengering bagian atas. Kemampuan suatu bahan untuk melepaskan air dari permukaan akan semakin meningkat seiring dengan peningkatan suhu udara pengeringnya, sehingga kadar airnya juga akan menjadi semakin rendah (Lestari *et al.*, 2020). Hasil ini juga sejalan dengan hasil penelitian Syam *et al.* (2019) pada pengeringan untuk bahan kunyit.

Secara umum, pola kurva penurunan kadar air pada Gambar 3 serupa dengan pola penurunan kadar air pada bahan pangan lainnya, seperti pada hasil penelitian Rozana *et al.* (2016), Hawa *et al.* (2019), Borah *et al.* (2015), dan Fithriani *et al.* (2016). Grafik-grafik tersebut menggambarkan pelepasan air dari bahan dalam jumlah besar di awal

pengeringan, yang kemudian menurun seiring dengan waktu pengeringan. Atau dengan kata lain, penurunan kadar air sejalan terhadap waktu pengeringan.

Kecepatan penurunan kadar air ini juga dipengaruhi oleh *pretreatment* LTLT *blanching* yang diberikan. *Pretreatment blanching* diketahui dapat meningkatkan permeabilitas dinding sel, sehingga mendukung air untuk lebih mudah berpindah ke permukaan dan kemudian meninggalkan bahan (Orikasa *et al.*, 2018; Pandey *et al.* 2017). Hasil ini juga didukung oleh penelitian Ando *et al.* (2016) yang melaporkan perubahan yang ditimbulkan oleh proses *blanching* pada tingkat struktur dalam jaringan, dimana pada jaringan segar sel dan ruang antar sel tersusun dengan pola seperti jaring. Akan tetapi, pada sampel dengan *pretreatment blanching* menunjukkan membran yang rusak serta beberapa degradasi dinding sel.

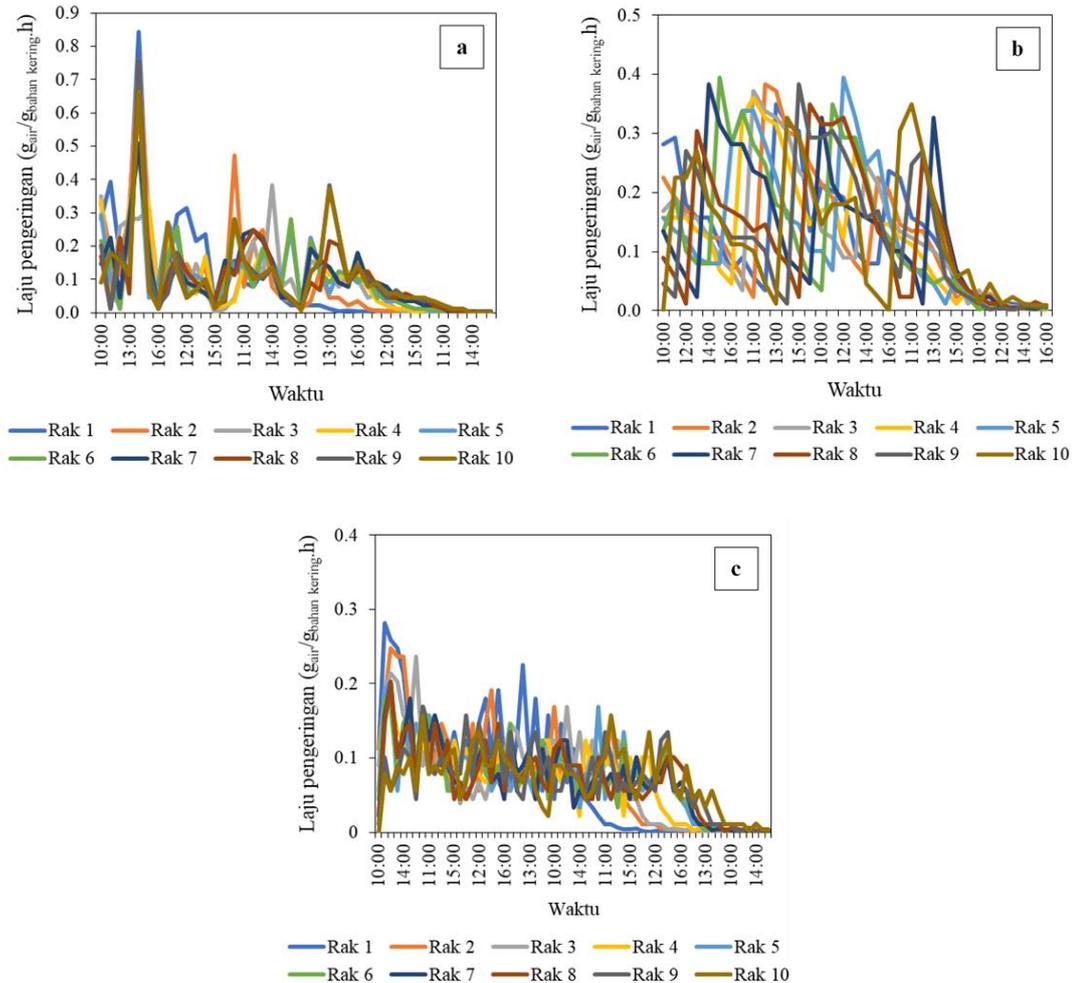


Gambar 3. Kadar air cabai pada tiap rak pengering (a) perlakuan TR, (b) perlakuan R, dan (c) perlakuan K

2. Laju Pengeringan

Laju pengeringan dari masing-masing perlakuan ditampilkan pada Gambar 4. Nilai laju pengeringan pada penelitian ini sangat fluktuatif. Nilai laju pengeringan tersebut dipengaruhi oleh jumlah air yang dilepaskan oleh bahan. Proses pelepasan air saat pengeringan berlangsung sangat erat hubungannya dengan suhu udara pengering, dan secara tidak langsung juga terkait dengan intensitas penyinaran matahari.

Selain suhu, faktor eksternal lain yang juga berpengaruh terhadap laju pengeringan adalah kecepatan aliran udara dan kelembaban udara (Rozana *et al.*, 2016). Efek aliran udara di ruang pengering pada penelitian ini disebabkan oleh kerja kipas yang terdapat pada langit-langit ruang pengering, sehingga bahan yang terletak pada posisi rak tertinggi paling diuntungkan karena selain dekat dengan sumber panas, juga menerima aliran udara dengan kecepatan yang lebih tinggi. Dengan kombinasi tersebut, maka cabai pada posisi rak bagian atas akan memiliki laju pengeringan yang lebih tinggi pula.



Gambar 4. Laju pengeringan cabai pada tiap rak pengering (a) perlakuan TR, (b) perlakuan R, dan (c) perlakuan K

Selain itu, *pretreatment blanching* juga sangat berpengaruh terhadap peningkatan laju pengeringan, baik untuk metode LTLT *blanching* maupun HTST *blanching*. Pernyataan ini didukung oleh hasil penelitian yang dilakukan oleh Tantalu *et al.* (2020) pada pengeringan buah nangka, Geerkens *et al.* (2015) pada pengeringan mangga, dan Amanto *et al.* (2015) pada pengeringan temu giring. *Pretreatment blanching* mengubah struktur bahan yang menyebabkan bukaan pori bahan menjadi membesar sehingga mempermudah laju penguapan air (Hawa *et al.*, 2020). Hal ini juga sejalan dengan hasil penelitian Xiao *et al.* (2017) yang melaporkan bahwa *pretreatment blanching* dapat mempercepat proses pengeringan karena dinding selnya lunak sehingga memudahkan proses transfer massa air. Dengan *pretreatment blanching* tersebut maka dihasilkan laju pengeringan yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan perlakuan kontrol tanpa *blanching* (Orikasa *et al.*, 2018; Amanto *et al.*, 2015).

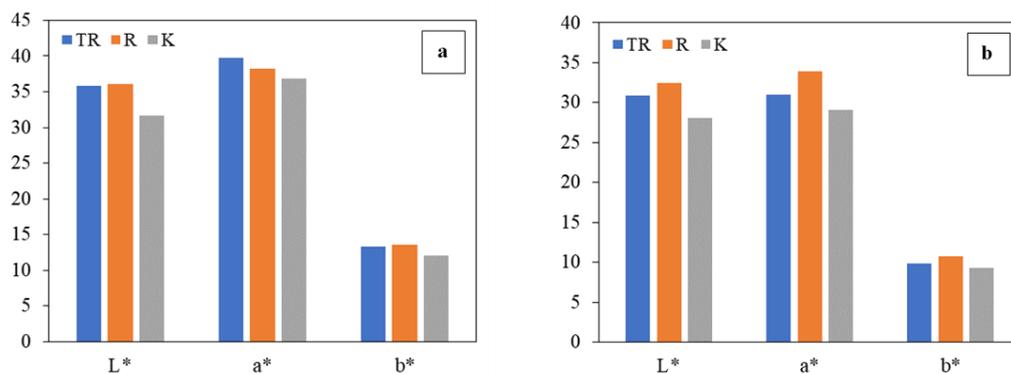
Nilai laju pengeringan ini akan semakin menurun terhadap waktu. Hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar air bebas didalam bahan telah diuapkan dan hanya menyisakan air terikat yang sulit untuk berdifusi ke permukaan bahan. Pada periode laju menurun ini, proses pengeringannya akan terjadi akibat mekanisme difusi. Hasil ini juga sejalan dengan hasil-hasil penelitian Ramli *et al.*, (2018) dan Hawa *et al.* (2019) pada produk buah dan sayur lainnya.

3. Warna

Nilai pengukuran warna yang ditampilkan pada Gambar 5 merupakan nilai rata-rata dari cabai pada kesepuluh rak untuk tiap perlakuan. Dari Gambar 5 terlihat bahwa *pretreatment* LTLT *blanching* mempengaruhi warna cabai, baik setelah proses *blanching* (sebelum pengeringan) maupun setelah pengeringan berakhir (pada cabai kering). Cabai yang telah diberi *pretreatment* LTLT *blanching* (perlakuan TR dan R) akan mengalami peningkatan nilai L^* , a^* , dan b^* menjadi lebih tinggi jika dibandingkan dengan perlakuan kontrol (K).

Perubahan nilai L^* , a^* , dan b^* pada cabai ini dipengaruhi oleh kandungan karotenoid (Dibanda *et al.*, 2020). Semakin tinggi kandungan karotenoidnya maka akan semakin merah warna cabai tersebut. Peningkatan warna merah (karotenoid) setelah cabai melalui proses *blanching* berkaitan dengan peluruhan padatan terlarut pada cabai selama proses *blanching*. Penurunan jumlah padatan relatif ini meningkatkan konsentrasi relatif karotenoid (Behsnilian *et al.*, 2017).

Nilai a^* untuk perlakuan R setelah proses pengeringan berakhir lebih tinggi dari perlakuan TR dan K. Hasil ini menunjukkan bahwa cabai pada perlakuan R lebih berwarna merah dibandingkan dengan perlakuan TR dan K. Walaupun sama-sama mendapatkan *pretreatment* LTLT *blanching*, akan tetapi waktu pengeringan cabai pada perlakuan R lebih cepat dibandingkan dengan perlakuan TR, sehingga karotenoid yang terkandung tidak banyak mengalami oksidasi dan kerusakan. Senyawa karotenoid ini sangat sensitif terhadap udara, sinar, dan suhu tinggi (Ramdani *et al.*, 2018). Waktu pengeringan yang lama akan menyebabkan cabai lebih banyak terpapar udara, sinar, dan suhu tinggi sehingga nilai a^* dan parameter warna lainnya pun menurun. Hal ini juga berlaku untuk nilai a^* pada perlakuan K, dimana waktu pengeringannya adalah yang paling lama dibandingkan dengan dua perlakuan lainnya.



Gambar 5. Perbandingan warna cabai (a) setelah *pretreatment* LTLT *blanching*, dan (b) setelah pengeringan berakhir

Analisis Efisiensi

1. Lama Pengeringan

Lama pengeringan dari tiap perlakuan ditentukan oleh kecepatan cabai dalam mencapai kadar air yang ditargetkan. Dari ketiga perlakuan yang ada, pengeringan cabai dengan *pretreatment* LTLT *blanching* dengan merotasikan rak pengering (R) adalah yang tercepat, yaitu selama 5 hari atau 35 jam. Sedangkan waktu pengeringan untuk perlakuan TR adalah 6 hari atau 42 jam, dan perlakuan dengan waktu pengeringan terlama adalah perlakuan kontrol tanpa *pretreatment blanching* (K), yaitu 9 hari atau 63 jam.

Sebenarnya sebagian besar cabai pada perlakuan R sudah mencapai kadar air dibawah 11% pada kisaran waktu rata-rata 32 jam. Akan tetapi karena kadar air pada rak 10 belum berada di bawah 11%, maka waktu pengeringan dicukupkan hingga sampai 5 hari penuh atau 35 jam. Waktu pengeringan ini terlihat tidak begitu jauh dari perlakuan TR, namun kadar air akhir pada perlakuan R lebih rendah dan seragam dibandingkan dengan perlakuan TR.

Selain karena cara pengeringan dengan sistem merotasikan *tray* agar cabai dapat menerima panas lebih merata, faktor lain yang mempengaruhi kecepatan pengeringan tersebut juga disebabkan oleh *pretreatment* LTLT *blanching* yang dilakukan. Secara umum, cabai yang mendapatkan *pretreatment* LTLT *blanching* (perlakuan R dan TR) lebih cepat kering karena memiliki laju pengeringan yang lebih tinggi dibandingkan cabai yang tidak diberi *pretreatment* LTLT *blanching* (perlakuan K).

Hasil ini juga sejalan dengan hasil penelitian Wang *et al.* (2018) yang mengkonfirmasi bahwa *pretreatment blanching* dapat mengurangi resistensi terhadap pergerakan uap air sehingga meningkatkan laju pengeringan. Dengan demikian, maka LTLT *blanching* sebagai *pretreatment* dapat digunakan untuk mempercepat proses pengeringan cabai.

Kecepatan waktu saat proses pengeringan menjadi sangat penting karena dapat menghindarkan cabai dari proses pembusukan akibat proses respirasi yang terus berjalan (Megasari *et al.*, 2019; Rochayat *et al.*, 2015). Selain dengan metode *blanching*, disarankan juga untuk memberikan *pretreatment* lain yang dapat mempercepat waktu pengeringan. *Pretreatment* tambahan tersebut dapat berupa pembelahan buah cabai untuk mempermudah proses keluarnya air dari bahan (BPTP Sulsel, 2018).

2. Energi yang Dibutuhkan untuk Proses Pengeringan Cabai

Input energi pada penelitian ini berasal energi matahari dan energi listrik. Energi matahari digunakan untuk proses pengeringan cabai, sedangkan energi listrik digunakan untuk mengoperasikan *exhaust fan* dan kipas pada langit-langit ruang pengering. Nilai energi input ditampilkan pada Tabel 1 sebagai berikut.

Tabel 1. Nilai parameter-parameter hasil perhitungan

Perlakuan	Energi matahari (W/m ²)	Energi listrik (kJ)		Energi untuk memanaskan bahan (kJ)	Energi untuk menguapkan air (kJ)	Energi yang terpakai (kJ)
		<i>Exhaust fan</i>	Kipas			
TR	1733238,63	67042,08	49714,56	17101,28	577548,95	594650,23
R	1655838,40	55868,40	41428,80	17242,98	578938,02	596181,00
K	1749425,25	100563,12	74571,84	18736,21	576724,03	595460,24

Tabel 1. menjelaskan bahwa nilai energi input baik yang bersumber dari energi matahari maupun energi listrik tersebut berbeda-beda untuk tiap perlakuan. Hal ini disebabkan oleh perbedaan lama waktu pengeringan dan intensitas penyinaran matahari

pada saat pengeringan. Untuk besaran energi listrik, semakin lama waktu pengeringan maka akan semakin besar juga konsumsi energi listrik yang digunakan untuk operasional *exhaust fan* dan kipas. Akan tetapi hal ini tidak berlaku bagi energi matahari. Besaran energi matahari sangat dipengaruhi oleh cuaca. Apabila cuaca kurang mendukung dan terdapat banyak tutupan awan, maka intensitas radiasi matahari akan menurun, dan begitu juga sebaliknya.

3. Energi yang Terpakai untuk Pengeringan Cabai

Energi yang terpakai untuk pengeringan merupakan energi yang dibutuhkan untuk memanaskan dan menguapkan air dari dalam bahan (cabai). Energi yang terpakai untuk pengeringan cabai ditampilkan pada Tabel 1. Dari Tabel 1 terlihat bahwa jumlah energi yang terpakai pada perlakuan R adalah yang tertinggi dibandingkan dengan dua perlakuan lainnya. Hal ini dipengaruhi oleh jumlah massa air yang diuapkan pada perlakuan R lebih besar dari perlakuan TR dan K, yang dibuktikan dengan kadar air akhir yang lebih rendah. Sehingga untuk menguapkan air dengan jumlah yang lebih besar maka dibutuhkan energi yang lebih besar juga.

4. Efisiensi Pengeringan

Kualitas kerja alat pengering yang digunakan dapat dinilai salah satunya adalah dari efisiensi pengeringannya. Efisiensi pengeringan merupakan perbandingan antara jumlah panas yang digunakan untuk menguapkan air dari dalam cabai yang dikeringkan terhadap energi pada alat pengering. Dari hasil perhitungan, efisiensi pengeringan tertinggi dari penelitian ini terdapat pada perlakuan R, yaitu sebesar 34,01%, sedangkan untuk perlakuan TR adalah 32,14%, dan perlakuan K adalah 30,94%.

Perlakuan R memiliki efisiensi tertinggi karena waktu pengeringannya relatif lebih singkat. Hal ini sangat dipengaruhi oleh kombinasi *pretreatment* LTLT *blanching* dan merotasikan rak pengering yang dilakukan setiap jam, sehingga cabai yang dikeringkan dapat menerima panas yang lebih merata.

Efisiensi pengeringan ini dapat ditingkatkan lagi dengan cara menambah jumlah cabai pada tiap rak untuk mengoptimalkan energi panas yang tersedia. Akan tetapi perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mencari jumlah cabai yang optimal pada tiap rak, karena dengan meningkatkan jumlah bahan maka dapat memperpanjang waktu pengeringan juga.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian diperoleh kesimpulan bahwa *pretreatment* LTLT *blanching* pada pengeringan cabai memberi pengaruh positif terhadap kadar air, laju pengeringan, warna cabai kering, waktu pengeringan, dan efisiensi pengeringan dibandingkan dengan pengeringan cabai tanpa *pretreatment* LTLT *blanching*. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa pengeringan dengan *pretreatment* LTLT *blanching* lebih optimal dalam pengeringan cabai jika dikombinasikan dengan perlakuan rotasi rak pengering, seperti pada hasil yang ditunjukkan oleh perlakuan R. Kombinasi kedua perlakuan ini menghasilkan waktu pengeringan yang lebih cepat, kadar air akhir yang lebih rendah dan seragam untuk kesemua sampel pada tiap rak, warna cabai kering yang lebih baik, serta nilai efisiensi pengeringan yang lebih tinggi. Dengan demikian maka perlakuan R merupakan perlakuan terbaik dari penelitian ini. Pada perlakuan R, rata-rata kadar air akhir adalah 9,82%, waktu pengeringan adalah selama 5 hari, efisiensi pengeringan adalah 34,01%, serta nilai L^* , a^* , dan b^* untuk setelah proses LTLT *blanching* dan setelah pengeringan berakhir berturut-turut adalah 36,02, 38,22, dan 13,62, serta 32,44, 33,89, dan 10,19.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih ditujukan kepada Universitas Negeri Makassar yang telah mendukung penelitian ini melalui program PNPB 2020 sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Akpinar, E. K. & Toraman, S. (2016). Determination of drying kinetics and convective heat transfer coefficients of ginger slices. *Heat and Mass Transfer*, 52(10), 2271-2281. <https://doi.org/10.1007/s00231-015-1729-6>
- Amanto, B. S., Siswanti, S., & Atmaja, A. (2015). Kinetika pengeringan temu giring (*Curcuma heyneana* valeton & van zijp) menggunakan cabinet dryer dengan perlakuan pendahuluan blanching. *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*, 8(2), 107-114. <https://doi.org/10.20961/jthp.v0i0.12900>
- Ando, Y., Maeda, Y., Mizutani, K., Wakatsuki, N., Hagiwara, S., & Nabetani, H. (2016). Impact of blanching and freeze-thaw pretreatment on drying rate of carrot roots in relation to changes in cell membrane function and cell wall structure. *LWT-Food Science and Technology*, 71, 40-46. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.03.019>
- Behnsilian, D., & Mayer-Miebach, E. (2017). Impact of blanching, freezing and frozen storage on the carotenoid profile of carrot slices (*Daucus carota* L. cv. Nutri Red). *Food Control*, 73, 761-767. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.09.045>
- Bodra, N., & Ansari, I. A. (2018). Optimization of blanching treatments of green chilli. *International Journal of Chemical Studies*, 6(6), 486-489. Retrieved from <https://www.chemijournal.com/archives/?year=2018&vol=6&issue=6&ArticleId=4215&si=false>
- Borah, A., Hazarika, K., & Khayer, S. M. (2015). Drying kinetics of whole and sliced turmeric rhizomes (*Curcuma longa* L.) in a solar conduction dryer. *Information Processing in Agriculture*, 2(2), 85-92. <https://doi.org/10.1016/j.inpa.2015.06.002>
- BPTP Sulsel. (2018). Teknologi Pengolahan Cabai Merah. Retrieved from <http://sulsel.litbang.pertanian.go.id/ind/index.php/publikasi/panduan-petunjuk-teknis-brosur/128-teknologi-pengolahan-cabe-merah>
- Dibanda, R. F., Akdowa, E. P., & Tongwa, Q. M. (2020). Effect of microwave blanching on antioxidant activity, phenolic compounds and browning behaviour of some fruit peelings. *Food Chemistry*, 302. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125308>
- Fithriani, D., Assadad, L., & Siregar, Z. A. (2016). Karakteristik dan model matematika kurva pengeringan rumput laut *Eucheuma cottonii*. *JPBKP*, 11, 159-170. <http://dx.doi.org/10.15578/jpbkp.v11i2.290>
- Geerkens, C. H., Nagel, A., Just, K. M., Miller-Rostek, P., Kammerer, D. R., Schweiggert, R. M., and Carle, R. 2015. Mango pectin quality as influenced by cultivar, ripeness, peel particle size, blanching, drying, and irradiation. *Food Hydrocolloids*. 51: 241-251. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.05.022>
- Hanafi, R., Siregar, K., & Nurba, D. (2017). Modifikasi dan uji kinerja alat pengering energi surya-hybrid tipe rak untuk pengeringan ikan teri. *Rona Teknik Pertanian*, 10(1), 10-20. <https://doi.org/10.17969/rtp.v10i1.7447>
- Hawa, L. C., Ubaidillah, U., & Wibisono, Y. (2019). Proper model of thin layer drying curve for taro (*Colocasia esculenta* L. Schott) chips. *International Food Research*

- Journal*, 26(1). Retrieved from [http://www.ifrj.upm.edu.my/26%20\(01\)%202019/\(23\).pdf](http://www.ifrj.upm.edu.my/26%20(01)%202019/(23).pdf)
- Hawa, L. C., Yosika, N. I. W., Laily, A. N., Affifah, F. N., & Maharani, D. M. (2020). Perubahan fisiko-kimia cabai puyang (*Piper retrofractum* vahl.) pada pengeringan hot air dryer. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 21(2), 128-135. <http://dx.doi.org/10.21776/ub.jtp.2020.021.02.6>
- Jamilah, M., Kadirman, K., & Fadilah, R. (2019). Uji kualitas bubuk cabai rawit (*Capsicum frutescens*) berdasarkan berat tumpukan dan lama pengeringan menggunakan cabinet dryer. *Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian*, 5(1), 98-107. <https://doi.org/10.26858/jptp.v5i1.8200>
- Khaerunnisya, N., & Rahmawati, E. (2019). Pengaruh metode blanching pada proses pengeringan cabai. *Journal of Food and Culinary*, 2(1), 27-32. <https://doi.org/10.12928/jfc.v2i1.1569>
- Lestari, N., Samsuar, S., Novitasari, E., & Rahman, K. (2020). Kinerja cabinet dryer pada pengeringan jahe merah dengan memanfaatkan panas terbuang kondensor pendingin udara. *Jurnal Agritechno*, 57-70. <https://doi.org/10.20956/at.v13i1.250>
- Martiani, E., Murad, M., & Putra, G. M. D. (2017). Modifikasi dan uji performansi alat pengering hybrid (surya-biomassa) tipe rak. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian dan Biosistem*, 5(1), 339-347. <https://doi.org/10.29303/jrpb.v5i1.45>
- Megasari, R., dan Mutia, A. K. (2019). Pengaruh lapisan edible coating kitosan pada cabai keriting (*Capsicum annum* l) dengan penyimpanan suhu rendah. *Journal of Agritech Science (JASc)*, 3(2), 118-127. <https://doi.org/10.30869/jasc.v3i2.389>
- Ngobese, N. Z., Workneh, T. S., & Siwela, M. (2017). Effect of low-temperature long-time and high-temperature short-time blanching and frying treatments on the French fry quality of six Irish potato cultivars. *Journal of food science and technology*, 54(2), 507-517. Retrieved from <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs13197-017-2495-x>
- Nurjannah, I., Sabang, S. M., & Afadil, A. (2018). Analisis kadar vitamin C, kalsium dan posforus pada cabai rawit (*Capsicum frutescens* l.) hasil pengawetan. *Jurnal Akademika Kimia*, 7(4), 185-188. Retrieved from <http://jurnal.untad.ac.id/jurnal/index.php/JAK/article/view/11942>
- Orikasa, T., Ono, N., Watanabe, T., Ando, Y., Shiina, T., & Koide, S. (2018). Impact of blanching pretreatment on the drying rate and energy consumption during far-infrared drying of Paprika (*Capsicum annum* L.). *Food Quality and Safety*, 2(2), 97-103. <https://doi.org/10.1093/fqsafe/fyy006>
- Pandey, O. P., Mishra, B. M., & Misra, A. (2019). Comparative study of green peas using with blanching and without blanching techniques. *Information Processing in Agriculture*, 6, 285-296. <https://doi.org/10.1016/j.inpa.2018.10.002>
- Panggabean, T., Triana, A. N., & Hayati, A. (2017). Kinerja pengeringan gabah menggunakan alat pengering tipe rak dengan energi surya, biomassa, dan kombinasi. *Agritech*, 37(2), 229-235. <https://doi.org/10.22146/agritech.25989>
- Ramdani, H., Ashadi, R. W., & Ummah, N. (2018). Optimasi proses blansir terhadap warna dan vitamin C pada pengeringan cabai merah keriting (*Capsicum annum* L.) dengan tunnel dehydrator. *Horticulturae Journal*, 2(3), 48-56. <http://dx.doi.org/10.29244/chj.2.3.48-56>
- Ramli, I. A., Jamaluddin, J., & Yanto, S. (2018). Laju pengeringan gabah menggunakan pengering tipe efek rumah kaca (ERK). *Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian*, 3, 158-164. Retrieved from <https://ojs.unm.ac.id/ptp/article/view/5715/3324>

- Ridwan, R., Munawar, A. A., & Khathir, R. (2017). Peningkatan kualitas cabai merah kering dengan perlakuan blanching dalam natrium metabisulfid. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 2(2), 404-415. <https://doi.org/10.17969/jimfp.v2i2.2977>
- Rochayat, Y. & Munika, V. R. (2015). Respon kualitas dan ketahanan simpan cabai merah (*Capsicum annum* L.) dengan penggunaan jenis bahan pengemas dan tingkat kematangan buah. *Kultivasi*, 14(1). <https://doi.org/10.24198/kultivasi.v14i1.12093>
- Rozana, R., Hasbullah, R., & Muhandri, T. (2016). Respon suhu pada laju pengeringan dan mutu manisan mangga kering (*Mangifera indica* L.). *Jurnal Keteknikan Pertanian*, 4(1), 59-66. Retrieved from <https://jurnal.ipb.ac.id/index.php/jtep/article/view/15421>
- Sari, L. J. (2019). Uji performansi alat pengering gabah tipe DMP-1 dengan penambahan batu alor hitam pada ruang kolektor dan ruang pengering sebagai penyimpan panas. *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem*, 5(3), 257-264. Retrieved from <https://jkptb.ub.ac.id/index.php/jkptb/article/view/435>
- Suhendar, E., Tamrin, & Novita, D. D. (2017). Uji kinerja alat pengering tipe rak pada pengeringan chip sukun menggunakan energi listrik. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, 6(2), 125-132. Retrieved from <http://jurnal.fp.unila.ac.id/index.php/JTP/article/view/1703>
- Syam, H., Jamaluddin, P., Rais, M., & Lestari, N. (2019). Potensi panas terbuang kondensor AC sebagai sumber pemanas pada cabinet dryer. *Seminar Nasional LP2M UNM*. Retrieved from <https://ojs.unm.ac.id/semnaslemlit/article/view/11726>
- Takahashi, M., Ohshiro, M., Ohno, S., Yonamine, K., Arakaki, M., & Wada, K. (2017). Effects of solar and oven-drying on physicochemical and antioxidant characteristics of hihatsumodoki (*Piper retrofractum* Vahl) fruit. *Journal of Food Processing and Preservation*, 42(2), 1-9. <https://doi.org/10.1111/jfpp.13469>
- Tamaheang, T., Makapedua, D. M., & Berhimpon, S. (2017). Kualitas rumput laut merah (*Kappaphycus alvarezii*) dengan metode pengeringan sinar matahari dan cabinet dryer, serta rendemen Semi-Refined Carrageenan (SRC). *Media Teknologi Hasil Perikanan*, 5(2), 58-63. <https://doi.org/10.35800/mthp.5.2.2017.14925>
- Tantalu, L., Handayani, S., Rozana, R., & Wunga, F. (2020). Efek variasi suhu dan waktu blanching pada kualitas manisan nangka kering (*Artocarpus heterophyllus*). *Teknologi Pangan: Media Informasi dan Komunikasi Ilmiah Teknologi Pertanian*, 11(1), 27-33. <https://doi.org/10.35891/tp.v11i1.1864>
- Usman, U., Muchtar, A., Muhammad, U., & Lestari, N. (2020). Purwarupa dan kinerja pengering gabah hybrid solar heating dan photovoltaic heater dengan sistem monitoring suhu. *Jurnal Teknik Elektro*, 12(1), 24-32. <https://doi.org/10.15294/jte.v12i1.24028>
- Wang, J., Fang, X. M., Mujumdar, A. S., Qian, J. Y., Zhang, Q., Yang, X. H., Liu, Y. H., Gao, Z. J., & Xiao, H. W. (2017). Effect of high-humidity hot air impingement blanching on drying and quality of red pepper (*Capsicum annum* L.). *Food Chemistry*, 220, 145-152. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.09.200>
- Wang, J., Law, C. L., Nema, P. K., Zhao, J. H., Liu, Z. L., Deng, L. Z., Gao, Z. J., & Xiao, H. W. (2018). Pulsed vacuum drying enhances drying kinetics and quality of lemon slices. *Journal of Food Engineering*, 224, 129-138. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2018.01.002>
- Xiao, H. W., Pan, Z., Deng, L. Z., El-Mashad, H. M., Yang, X. H., Mujumdar, A. S., Gao, Z. J., & Zhang, Q. (2017). Recent developments and trends in thermal blanching—A comprehensive review. *Information Processing in Agriculture*, 4(2), 101-127. <https://doi.org/10.1016/j.inpa.2017.02.001>

Zamharir, Z., Sukmawaty, S., & Priyati, A. (2016). Analisis pemanfaatan energi panas pada pengeringan bawang merah (*Allium ascalonicum* L.) dengan menggunakan alat pengering efek rumah kaca (ERK). *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian dan Biosistem*, 4(2), 264-274. Retrieved from <http://www.jrpb.unram.ac.id/index.php/jrpb/article/view/34>