

# Pengeringan Cabai Merah (*Capsicum annuum* L.) dengan Kombinasi Oven *Microwave* dan Kipas Angin

## *Drying of Red Chilies (Capsicum annuum L.) Using Combination of Microwave Oven and Fan*

Harum Fadhilatunnur<sup>1,2)\*</sup>, Subarna<sup>1,2)</sup>, Zhofran Murtadho<sup>1)</sup>, Tjahja Muhandri<sup>1,2)</sup>

<sup>1)</sup> Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB University, Bogor

<sup>2)</sup> South-East Asia Food & Agricultural Science and Technology (SEAFAST) Center, IPB University, Bogor

**Abstract.** *This study was aimed to obtain the best drying method of red chilies (Capsicum annuum L.) using a combination of microwave and fan as well as the characteristics of the dried chilies. Samples were subjected to drying step I, equilibration, and drying step II. Each drying step consisted of heating in microwave followed by blowing with fan repeatedly. The treatment of drying step I were 90 seconds of heating followed by 3 minutes of blowing for 7 cycles and 120 seconds of heating followed by 4 minutes of blowing for 5 cycles. Equilibration was done for 1, 2, and 3 hours. The drying step II consisted of 60 seconds of heating followed by 2 minutes of blowing repeatedly until final moisture content of  $\leq 10\%$ . All samples were analyzed for their moisture content, color, and vitamin C. The drying rates tend to decrease slowly during drying step I but faster during drying step II. The  $L^*$  and  $a^*$  of all samples were not significantly different ( $p > 0.05$ ). The vitamin C of samples ranged between 66.53-72.68 mg/100 g and significantly decreased with increasing equilibration time. The treatment resulting in the best quality product with shortest drying time was 120 seconds of heating followed by 4 minutes of blowing for 5 cycles, 1 hour of equilibration and 60 seconds of heating followed by 2 minutes of blowing for 10 cycles.*

**Keywords:** *drying, equilibrium, microwave oven, red chilies*

**Abstrak.** Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh teknik pengeringan menggunakan kombinasi *microwave* dan kipas angin serta karakteristik cabai merah (*Capsicum annuum* L.) kering yang dihasilkan. Cabai diberi perlakuan pengeringan tahap I, ekuilibrasi, dan pengeringan tahap II. Masing-masing pengeringan terdiri atas pemanasan dalam *microwave* diikuti dengan pengembusan dengan kipas angin secara berulang selama beberapa siklus. Perlakuan pengeringan tahap I meliputi pemanasan selama 90 detik dalam *microwave* dengan pengembusan selama 3 detik selama 7 siklus dan pemanasan 120 detik dengan pengembusan selama 4 menit selama 5 siklus. Ekuilibrasi dilakukan selama 1, 2, dan 3 jam. Pengeringan tahap II berupa pemanasan 60 detik dan pengembusan selama 2 menit per siklus sampai dicapai kadar air  $\leq 10\%$  (bb). Sampel diukur kadar air, warna, dan kadar vitamin C. Laju pengeringan cenderung menurun lambat pada pengeringan tahap I dan menurun lebih cepat pada pengeringan tahap II. Nilai  $L^*$  dan  $a^*$  seluruh perlakuan tidak berbeda nyata pada taraf signifikansi 0.05. Kadar vitamin C berkisar 66.53-72.68 mg/100 g dan secara signifikan menurun seiring dengan peningkatan waktu ekuilibrasi. Pengeringan tercepat yang menghasilkan mutu cabai kering terbaik adalah perlakuan pemanasan 120 detik dengan 4 menit pengembusan selama 5 siklus, ekuilibrasi 1 jam, dan pemanasan 60 detik dan pengembusan 2 menit selama 10 siklus.

**Kata kunci:** cabai merah, ekuilibrium, *microwave*, pengeringan

**Aplikasi Praktis:** *Microwave* dan kipas angin merupakan peralatan yang banyak dijumpai di masyarakat. Pengeringan dengan *microwave* perlu dilengkapi dengan tahapan proses hembusan udara, karena *microwave* tidak dilengkapi dengan hembusan angin. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi petani, rumah tangga, maupun industri kecil, untuk dapat merancang alternatif proses pengeringan cabai merah sehingga diperoleh metode pengeringan yang lebih cepat dengan hasil yang baik.

## PENDAHULUAN

Masyarakat Indonesia diketahui sangat menyukai makanan yang kaya rasa. Salah satu yang menjadi favorit adalah rasa pedas. Cabai sebagai salah satu penghasil rasa pedas umum dijumpai sebagai bumbu masak pada skala rumah tangga. Bahkan beberapa hidangan seperti

gorengan dan yang lainnya juga dikonsumsi dengan sambal. Pemanfaatan cabai juga terjadi pada skala industri untuk membuat produk seperti, sambal, saus, hingga bumbu masak instan. Di Indonesia dikenal berbagai jenis cabai seperti cabai rawit, cabai besar, cabai keriting, paprika, dan yang lainnya. Cabai merah (*Capsicum annuum* L.) merupakan salah satu jenis cabai yang sering digunakan oleh masyarakat Indonesia.

Korespondensi: harum@apps.ipb.ac.id

Seiring dengan perkembangan industri dan meningkatnya jumlah penduduk kebutuhan cabai juga ikut meningkat (Dendang *et al.* 2016). Tercatat pada tahun 2019 bahwa produksi cabai merah mencapai 1,2 juta ton. Sementara itu, tingkat konsumsi rumah tangga cabai merah pada tahun tersebut mencapai 404.723 ton (BPS 2020). Hal ini memperlihatkan bahwa lebih dari setengah cabai yang telah dipanen berpotensi terbuang atau tidak termanfaatkan secara maksimal. Selain itu, cabai merupakan salah satu komoditi hortikultura di Indonesia yang memiliki harga yang sangat fluktuatif. Naully (2016) menjelaskan bahwa kenaikan harga cabai biasanya terjadi karena pasokan berkurang sementara permintaan tetap tinggi, bahkan meningkat pada momen tertentu seperti hari raya. Selain itu, mengingat cabai adalah tanaman musiman, kompetisi lahan dengan komoditi lain juga dapat menjadi penyebab gangguan pasokan cabai di pasaran. Di sisi lain, harga cabai sering kali menurun drastis saat musim panen karena melimpahnya pasokan.

Salah satu penyebab mudah rusaknya cabai sehingga memiliki umur simpan yang pendek adalah karena cabai mengandung kadar air yang tinggi (Ramdani *et al.* 2018). Kadar air cabai mencapai sekitar 60–85% saat panen (Mikasari 2016). Hal tersebut mengindikasikan bahwa perlu dilakukan usaha penanganan pascapanen untuk mengurangi atau menghambat kerusakan yang terjadi serta meningkatkan nilai tambah cabai, pendapatan serta kesejahteraan masyarakat khususnya petani dan pelaku usaha (Ramdani *et al.* 2018). Salah satu upaya dalam penanganan pascapanen yang dapat dilakukan adalah dengan cara mengeringkan cabai. Pengeringan telah diketahui dapat memperpanjang umur simpan dengan mengurangi kandungan air dalam cabai. Oleh karena itu, pengeringan dapat menjadi alternatif untuk menanggulangi kelebihan produksi cabai saat musim panen raya (Dendang *et al.* 2016).

Beberapa teknik pengeringan dapat diterapkan untuk mengawetkan cabai, seperti pengeringan dengan sinar matahari, dengan udara panas, maupun dengan oven *microwave*. Di Indonesia, pengeringan dengan matahari masih banyak dilakukan oleh petani untuk mengeringkan hasil panennya karena mudah, ekonomis, tidak memerlukan peralatan khusus, dan hanya membutuhkan energi yang rendah. Namun, pengeringan dengan sinar matahari berisiko menghasilkan mutu produk yang tidak seragam, rentan terhadap kontaminasi benda asing dan hewan (burung, tikus, serangga, dan sebagainya), serta reabsorpsi air dari udara yang lembab (Pinar *et al.* 2021; Gunawan 2016). Pengeringan dengan udara panas merupakan teknik pengeringan yang paling banyak digunakan. Namun, teknik pengeringan ini dilaporkan menyebabkan komoditas pangan mengalami perubahan sensori dan nilai gizi yang tidak diinginkan, misalnya degradasi zat gizi yang tidak tahan panas, perubahan warna, serta penurunan kapasitas antioksidan dan rehidrasi (Pinar *et al.* 2021).

Pengeringan dengan oven *microwave* direkomendasikan untuk menghasilkan pengeringan yang cepat

dan efektif (Horuz *et al.* 2020). Pada pengeringan dengan oven *microwave*, gelombang mikro diserap oleh air yang terkandung dalam bahan pangan dan membuatnya bergerak dengan cepat. Proses ini menghasilkan energi panas yang menyebabkan air bergerak/menguap dari dalam bahan keluar sehingga meningkatkan difusifitas dan mencegah *case hardening* (Arslan *et al.* 2020; Okeke *et al.* 2014). Di sisi lain, penggunaan *microwave* secara kontinu diketahui dapat menyebabkan panas yang berlebihan (*overheating*) dan tidak merata (*uneven heating*). Penggunaan *microwave* secara berselang dilaporkan dapat mengatasi masalah ini karena menyediakan waktu antara bagi air dalam bahan untuk terdistribusi ulang dengan mencegah peningkatan suhu dan menghasilkan efisiensi dan kualitas hasil pengeringan yang lebih baik (Arslan *et al.* 2020).

Oven *microwave* berbeda dengan *microwave*. *Microwave* tidak dilengkapi dengan sistem sirkulasi udara untuk mengusir uap air yang keluar dari produk. Penggunaan *microwave* untuk pengeringan produk perlu dikombinasikan dengan sistem lain yang dapat membantu menghilangkan uap dari produk tersebut, misalnya dengan kipas angin. Beberapa penelitian sebelumnya lebih banyak menggunakan oven *microwave* dengan atau tanpa kombinasi pengeringan udara panas dengan berbagai interval (Pinar *et al.* 2021; Arslan *et al.* 2020; Horuz *et al.* 2020). Namun, penelitian dengan *microwave* kombinasi kipas angin belum dilakukan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk memperoleh teknik pengeringan menggunakan *microwave* dengan kombinasi hembusan kipas angin dan karakteristik cabai merah kering yang dihasilkan.

## BAHAN DAN METODE

### Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah cabai merah besar sebagai bahan utama penelitian. Cabai merah dibeli dari pedagang cabai di Dramaga, Bogor. Bahan yang digunakan untuk analisis kimia berstandar pro analisis dan terdiri atas  $K_2Cr_2O_7$  (Kanto Chemical, Jepang),  $I_2$  (Merck, Jerman), KI (Merck, Jerman),  $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$  (Merck, Jerman), dan  $H_2SO_4$  (Merck, Jerman), serta tisu, kertas saring, amilum, dan aquades.

Alat yang digunakan adalah gunting, penggaris, wadah persegi, timbangan, *microwave* Panasonic NN-SM322M (2450 Mhz, 450 W, Indonesia), kipas angin standing (Miyako, Indonesia), plastik *zipper lock*, wadah tertutup dari kaleng, *chromameter* (Konica Minolta CR-400, Jepang) untuk analisis warna dan peralatan untuk analisis kadar air, serta analisis kadar vitamin C.

### Persiapan bahan

Cabai merah disortasi untuk memisahkan cabai yang busuk, warna belum merah serta untuk memilih cabai yang ukurannya seragam. Cabai dibuang bagian ujung-

ujungnya dan dipotong sepanjang 1.5 cm. Potongan cabai ditimbang seberat 100 g.

**Penelitian pendahuluan: Penentuan kombinasi waktu di *microwave* dan waktu pengembusan angin**

Penelitian pendahuluan dilakukan untuk menentukan interval waktu pemanasan cabai dalam *microwave* (setting pemanasan medium) untuk tahap pengeringan I dan II. Pengeringan dilakukan dengan meletakkan potongan cabai dalam piring kaca dan memanaskannya dalam *microwave*. Piring berisi potongan cabai dikeluarkan dari *microwave* dan dihembus dengan kipas angin. Proses ini merupakan satu siklus.

Penentuan interval waktu pengeringan tahap I dilakukan dengan cara pemanasan dalam oven *microwave* dengan taraf waktu 60, 90, 120, dan 150 detik diikuti pengembusan kipas angin selama 2, 3, 4, dan 5 menit untuk setiap siklus. Pemanasan dan pengembusan ini dilakukan secara berulang selama beberapa siklus. Cabai ditimbang dan diamati perubahan warnanya di setiap siklusnya. Siklus yang digunakan ialah satu siklus sebelum cabai menunjukkan tanda-tanda hangus. Kombinasi waktu pemanasan dalam *microwave* dan waktu pengembusan yang menghasilkan warna cabai terbaik akan digunakan untuk perlakuan pada penelitian utama. Dari pengujian tersebut, diperoleh dua taraf kombinasi waktu pemanasan dan pengembusan yang digunakan pada penelitian, yaitu pengeringan 90 detik dan 3 menit pengembusan selama 7 siklus serta pemanasan 120 detik dengan 4 menit pengembusan selama 5 siklus.

Penentuan interval waktu tahap II dilakukan dengan prinsip yang sama dengan tahap I. Sampel diuji dengan 2 taraf yaitu 60 detik pemanasan dan 2 menit pengembusan udara serta 120 menit pemanasan dan 4 menit pengembusan udara. Cabai ditimbang dan diamati perubahan warnanya secara subjektif di setiap siklusnya. Siklus pengeringan tahap II dilakukan hingga diperoleh kadar air cabai  $\leq 10\%$  (bb). Hasil pengujian, diperoleh waktu pemanasan 60 detik dan pengembusan kipas angin 2 menit yang digunakan dalam penelitian utama.

**Penelitian utama: Pengeringan cabai dengan pemanasan faktor ekuilibrisasi**

Proses pengeringan cabai meliputi 4 langkah utama yaitu persiapan bahan, pengeringan tahap I, ekuilibrisasi, dan pengeringan tahap II (Tabel 1). Setelah melalui proses sortasi, pemotongan, serta penimbangan bobot awal, sampel cabai merah ditata dalam 1 lapis tumpukan. Selanjutnya, sampel diberi perlakuan pengeringan tahap I dan dilanjutkan dengan ekuilibrisasi. Ekuilibrisasi dilakukan dengan menaruh cabai hasil pengeringan tahap I dalam plastik *ziplock* dan menyimpannya di dalam kaleng. Hal ini dilakukan untuk meminimalisir kontak langsung antara cabai dengan udara luar yang dapat menyebabkan perubahan kadar air. Proses ekuilibrisasi dilakukan dengan tujuan agar terjadi redistribusi air dalam cabai sehingga kandungan air pada sampel cabai menjadi lebih merata dan menghindari *overheating* dan pemanasan yang tidak merata. Langkah ini dilakukan

dengan menggunakan tiga taraf waktu yaitu 1, 2, dan 3 jam. Terakhir, dilakukan pengeringan tahap II hingga kadar air akhir cabai  $\leq 10\%$  (bb). Durasi pengeringan dan pengembusan, serta jumlah siklus pada pengeringan I dan II disesuaikan hasil penelitian pendahuluan.

**Tabel 1.** Desain kombinasi pengeringan cabai

Waktu Ekuilibrisasi \ Waktu Pengeringan Tahap I	Pemanasan 90 Detik, Pengembusan 3 Menit (I)	Pemanasan 120 Detik, Pengembusan 4 Menit (II)
1 jam (A)	IA	IIA
2 jam (B)	IB	IIB
3 jam (C)	IC	IIC

Keterangan: Pengeringan tahap II dilakukan setelah ekuilibrisasi dengan cara pemanasan 60 detik dan pengembusan 2 menit per siklus sampai dicapai kada air bahan  $\leq 10\%$  (bb)

**Metode analisis**

Analisis yang dilakukan meliputi pengukuran kadar air dengan metode gravimetri (AOAC 2012), analisis laju pengeringan (Firdaus 2016), analisis warna dengan chromameter (Gunal *et al.* 2008), dan analisis kadar vitamin C dengan prinsip titrasi iodimetri (AOAC 2012). Seluruh analisis dilakukan dalam tiga kali ulangan.

**Analisis data**

Data uji warna dan uji kadar vitamin C diolah secara statistik menggunakan *software* SPSS 22.0. Kedua data tersebut diolah dengan menggunakan metode *one way* ANOVA dengan taraf signifikansi 0.05 dan uji lanjut Duncan jika terdapat pengaruh dari perlakuan yang digunakan.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Interval pengeringan dan pengembusan**

Interval waktu pengeringan pendahuluan dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kombinasi waktu yang digunakan pada penelitian. Hasil uji yang diperoleh pada penentuan interval waktu pengeringan pendahuluan dapat dilihat pada Tabel 2.

Pemanasan 60 detik menghasilkan penurunan bobot yang lambat (rata-rata penurunan bobot sebesar 4.1 g/siklus) sehingga siklus pengeringan yang dibutuhkan menjadi sangat banyak. Hal tersebut menyebabkan total waktu pemanasan menjadi lebih lama. Akibatnya, pengeringan kurang efisien dan dapat memengaruhi perubahan warna cabai secara negatif karena cabai terpapar suhu tinggi dalam waktu yang lama.

Pada pemanasan 90 detik, waktu pengembusan 3 menit memberikan hasil terbaik. Hasil percobaan menunjukkan bahwa ketika pengembusan dilakukan selama 2 menit, cabai masih cukup hangat sehingga pada pemanasan selanjutnya terbentuk uap air yang sangat banyak dalam waktu singkat. Jika pemanasan dilanjutkan dapat menyebabkan *over-heating*. Dengan pengembusan selama 4 menit, penurunan bobot yang diperoleh tidak berbeda jauh dengan pengembusan udara selama 3 menit sehingga tidak efektif jika digunakan.

Hasil yang serupa diamati pada perlakuan pemanasan 120 detik. Ketika pengembusan dilakukan selama 2 dan 3 menit, cabai masih cukup hangat yang menyebabkan uap air terbentuk sangat cepat dalam waktu singkat pada pemanasan selanjutnya. Kondisi ini dapat membuat cabai merah hangus akibat *overheating*. Dengan pengembusan 5 menit penurunan bobot yang diperoleh tidak berbeda jauh dengan waktu pengembusan 4 menit sehingga pengembusan 4 menit dipilih.

Siklus yang diperoleh pada kedua kombinasi waktu tersebut adalah 5 siklus untuk perlakuan pemanasan 90 detik dan pengembusan udara 3 menit serta 7 siklus untuk perlakuan 120 detik pemanasan dan 4 menit pengembusan udara. Hal tersebut diketahui dari hasil percobaan yang menunjukkan cabai mulai hangus pada siklus berikutnya. Akibatnya dapat memengaruhi mutu warna cabai merah kering yang diperoleh. Pemanasan 150 detik menyebabkan *overheating* pada cabai.

Waktu pengeringan tahap II ditentukan dengan menguji 2 kombinasi waktu pemanasan dan pengembusan. Kombinasi tersebut adalah pemanasan 60 detik dengan pengembusan 2 menit serta pemanasan 120 detik dengan pengembusan 4 menit. Pemanasan 60 detik dengan pengembusan 2 menit diuji dengan pertimbangan penurunan bobot dari pengeringan tahap I sudah cukup besar sehingga hanya membutuhkan pemanasan singkat. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada perlakuan pemanasan 60 detik dengan pengembusan 2 menit, sampel cabai dapat mencapai kadar air cabai  $\leq 10\%$  dengan kondisi yang baik (tidak hangus). Pada perlakuan pemanasan 120 detik dengan pengembusan 4 menit, cabai sudah mulai hangus sebelum kadar air akhir tercapai.

Hasil penelitian pendahuluan ini, dipilih perlakuan pengeringan I yakni pemanasan 90 detik dan pengem-

busan 3 menit sebanyak 7 siklus serta pemanasan 120 detik dan pengembusan 4 menit sebanyak 5 siklus. Pengeringan II, perlakuan yang dipilih adalah pemanasan selama 60 detik dan pengembusan 2 menit sampai mencapai kadar air sampel  $\leq 10\%$  (bb).

#### Penurunan kadar air

Hasil analisis terhadap kadar air sampel cabai ditampilkan pada Tabel 3. Cabai merah yang digunakan memiliki kadar air awal yang tinggi, berkisar antara  $84.34 \pm 0.18$  sampai  $85.71 \pm 0.11\%$ . Setelah diberikan perlakuan pengeringan, diperoleh kadar air akhir cabai merah  $9.44 \pm 0.15$  sampai  $9.70 \pm 0.05\%$ . Dengan metode pengeringan yang digunakan, kadar air akhir ini dapat dicapai dalam total waktu yang relatif cepat, yakni antara 120-265.5 menit (2-4.425 jam), termasuk ekuilibrisasi. Waktu pengeringan tercepat diraih dengan perlakuan IIA, yakni pengeringan 120 menit, pengembusan 4 menit selama 5 siklus, ekuilibrisasi 1 jam, diikuti pengeringan 60 detik dan pengembusan 2 menit per siklus sampai tercapai kadar air akhir. Tanpa memperhitungkan ekuilibrisasi, total waktu pemanasan dan pengembusan yang dibutuhkan dengan perlakuan ini adalah 60 menit. Sementara itu, pengeringan terlama diperoleh dengan perlakuan IC, yakni pengeringan 90 menit, pengembusan 3 menit selama 7 siklus, ekuilibrisasi 3 jam, diikuti pengeringan 60 detik dan pengembusan 2 menit per siklus sampai tercapai kadar air akhir. Penelitian lain dengan oven *microwave* melaporkan waktu pengeringan yang tidak jauh berbeda, yakni antara 21-85 menit pada sampel cabai merah, tergantung ukuran dan jenis cabai serta *power microwave* (Pinar *et al.* 2021; Arslan *et al.* 2020).

**Tabel 2.** Hasil uji penentuan interval waktu pengeringan tahap I

Perlakuan	Hasil	Siklus
Pemanasan 60 detik, pengembusan udara 2 menit	Rata-rata penurunan bobot tiap siklus 4.1 g/100 g, warna cabai secara subyektif lebih gelap setelah 13 siklus	13
Pemanasan 90 detik, pengembusan udara 2 menit	Terbentuk uap air sangat banyak dalam waktu singkat pada siklus kedua dan ketiga karena cabai masih cukup panas	3
Pemanasan 90 detik, pengembusan udara 3 menit	Rata-rata penurunan bobot tiap siklus 8.4 g/100 g, warna cabai secara subyektif tidak berubah setelah 7 siklus	7
Pemanasan 90 detik, pengembusan udara 4 menit	Penurunan bobot setelah pengembusan udara tidak berbeda jauh dengan waktu pengembusan udara 3 menit (berbeda 0.2 g/100 g tiap siklus)	3
Pemanasan 120 detik, pengembusan udara 2 menit	Terbentuk uap air sangat banyak dalam waktu singkat pada siklus kedua dan ketiga karena cabai masih cukup panas	3
Pemanasan 120 detik, pengembusan udara 3 menit	Terbentuk uap air sangat banyak dalam waktu singkat pada siklus kedua dan ketiga karena cabai masih cukup panas	3
Pemanasan 120 detik, pengembusan udara 4 menit	Rata-rata penurunan bobot tiap siklus 12.3 g/100 g, warna cabai secara sensorik tidak berubah setelah 5 siklus	5
Pemanasan 120 detik, pengembusan udara 5 menit	Penurunan bobot setelah pengembusan udara tidak berbeda jauh dengan waktu pengembusan udara 4 menit (berbeda 0.2 g/100 g tiap siklus)	3
Pemanasan 150 detik, pengembusan udara 2 menit	Uap air sudah memenuhi oven <i>microwave</i> , terlihat bagian yang mulai hangus setelah siklus kedua	2

**Tabel 3.** Kadar air awal, akhir, dan waktu pengeringan cabai merah

Perlakuan	Rata-rata Kadar Air Awal %(bb)	Rata-rata Kadar Air Akhir %(bb)	Waktu		Total (menit)
			Pemanasan Tahap I (menit)	Pemanasan Tahap II (menit)	
IA	84.94 ± 0.14	9.70 ± 0.05	10.5	11	124.5
IB	85.70 ± 0.17	9.44 ± 0.15	10.5	15	196.5
IC	85.71 ± 0.11	9.63 ± 0.29	10.5	18	265.5
IIA	84.34 ± 0.18	9.58 ± 0.12	10	10	120
IIB	85.45 ± 0.18	9.48 ± 0.38	10	13	189
IIC	85.68 ± 0.16	9.45 ± 0.40	10	15	255

Keterangan: Siklus pemanasan 90 detik dan pengembusan 3 menit (I) selama 7 siklus, pemanasan 120 detik dan pengembusan 4 menit (II) selama 5 siklus dengan ekuilibrisasi selama 1 jam (A), 2 jam (B), dan 3 jam (C); Seluruh perlakuan menggunakan pengeringan II berupa pemanasan 60 detik dan pengembusan 2 menit per siklus sampai diperoleh kadar air ≤10% (bb); Rata-rata dan standar deviasi dihitung dari 3 (tiga) kali ulangan

Secara umum, metode pengeringan dengan menggunakan *microwave* dilaporkan lebih cepat dibanding metode pengeringan lainnya. Penelitian Pinar *et al.* (2021) mendemonstrasikan bahwa pengeringan cabai dengan oven *microwave* hanya membutuhkan waktu 21-42 menit, jauh lebih cepat dibanding pengeringan dengan udara panas pada 80°C (13.5 jam), *greenhouse* (64 jam), sinar matahari (64 jam), tempat teduh (240 jam) dan *freeze drying* (72 jam). Tren yang sama dilaporkan untuk komoditi wortel, kiwi, pisang, *cranberries*, bawang putih, daun anggur, dan jamur tiram (Wray dan Ramaswamy 2015).

Oven *microwave* menggunakan sistem radiasi ke seluruh bagian cabai. Ketika suatu bahan menyerap gelombang mikro, molekul polar seperti molekul air dalam bahan tersebut akan berputar sesuai dengan arah medan elektromagnetiknya (Okeke *et al.* 2015). Perputaran molekul ini akan menghasilkan panas. Salah satu masalah yang diasosiasikan dengan *microwave* adalah keseragaman suhu, karena gelombang mikro menembus sampel dan panas dihasilkan dari dalam sampel itu sendiri, maka sampel akan dipanaskan dengan sangat cepat. Dalam prosesnya, dapat dihasilkan titik-titik panas dalam sampel yang dapat menyebabkan bagian dalam sampel tersebut hangus. Wray dan Ramaswamy (2015) menjelaskan bahwa salah satu cara untuk mengatasi masalah ini adalah dengan menerapkan siklus pemanasan (*pemanasan on-off*) untuk memberikan waktu istirahat/*resting time* yang memungkinkan panas untuk terdisipasi dan ekuilibrisasi suhu dalam sampel. Aliran udara pada alat juga penting untuk membantu menghilangkan uap air dari sampel dan menjaga suhu sampel tetap rendah. Berbeda dengan oven *microwave*, *microwave* (seperti yang digunakan dalam penelitian ini) tidak dilengkapi dengan kipas yang akan mengatur sirkulasi udara dalam alat. Oleh karena itu pengembusan dengan kipas angin perlu dilakukan di sela-sela pemanasan dengan *microwave*.

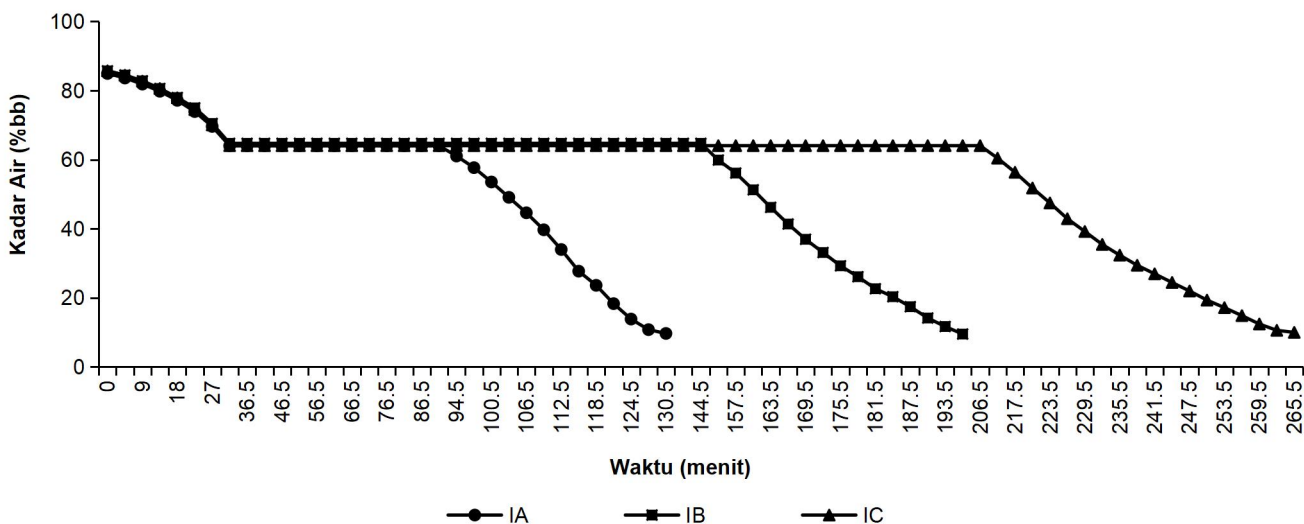
Gambar 1 dan 2 menunjukkan bahwa perlakuan siklus pemanasan 90 detik dengan pengembusan 3 menit maupun pemanasan 120 detik dengan pengembusan 4 menit memiliki pola penurunan kadar air yang hampir sama. Pada saat pengeringan tahap I, terjadi penurunan kadar air yang semakin cepat. Hal tersebut terlihat dari jarak antar titik grafik yang semakin menjauh. Pada pengeringan menggunakan *microwave*, pada awal periode pemanasan suhu bahan naik dengan cepat dan

kehilangan air lambat. Siklus pengeringan tahap I terjadi hingga kadar air cabai merah 61.46-66.20% (bb). Saat proses ekuilibrisasi kadar air cabai tidak mengalami perubahan. Ini karena saat proses tersebut cabai disimpan pada tempat yang kedap udara sehingga tidak memungkinkan terjadinya penguapan maupun penyerapan air pada cabai. Ekuilibrisasi ini dilakukan dengan tujuan untuk meratakan kandungan air pada cabai. Air sendiri merupakan salah satu komponen utama yang menyerap gelombang mikro (Wray dan Ramaswamy 2015). Redistribusi air dalam bahan dapat mencegah terjadinya ketidakseragaman panas dalam bahan pada tahap pengeringan berikutnya.

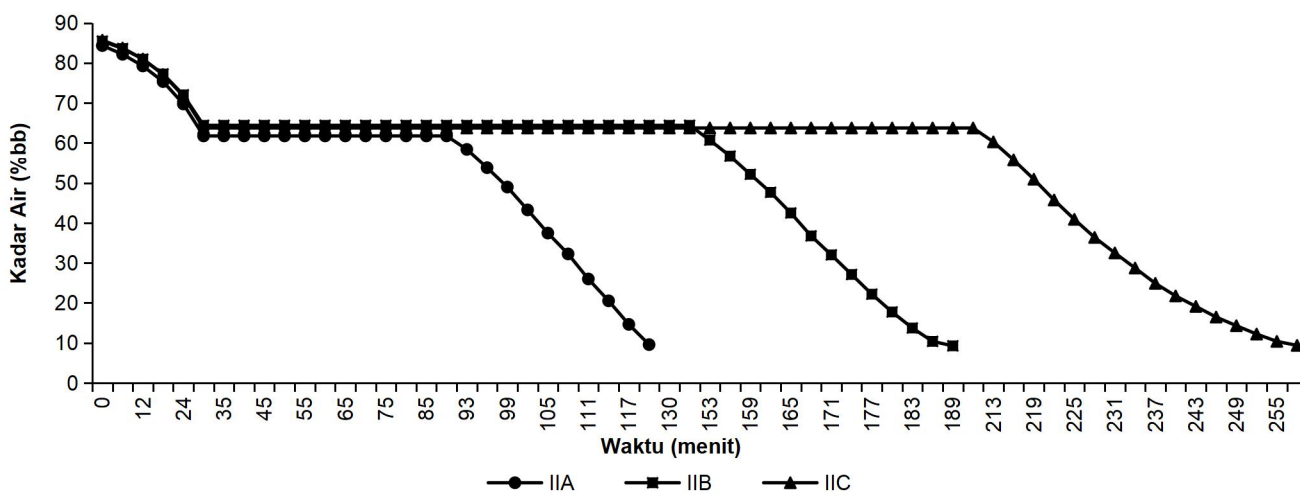
Pada perlakuan IA dan IIA penurunan kadar air saat periode pengeringan tahap II cenderung konstan. Hanya terjadi sedikit perlambatan penurunan kadar air di tiga siklus akhir pada perlakuan IA, dilihat dari bentuk kurva yang melandai. Pada perlakuan IB, IC, IIB dan IIC penurunan kadar air saat pengeringan tahap II konstan pada sekitar 5 siklus awal dan semakin melambat hingga akhir siklus pengeringan tahap II, sehingga grafik yang terbentuk menjadi landai. Pada Gambar 1 dan 2 ini juga dapat diamati bahwa semakin lama waktu ekuilibrisasi maka semakin lambat juga penurunan kadar air pada pengeringan tahap II. Hal ini kemungkinan disebabkan semakin lama waktu ekuilibrisasi maka kandungan air pada bahan lebih merata. Hal tersebut kemungkinan berkorelasi dengan kandungan air bebas yang relatif lebih rendah di setiap titik pada bahan. Kondisi ini menyebabkan penurunan penyerapan energi dari gelombang mikro pada seluruh bagian bahan dan menyebabkan penguapan yang lebih lambat (Wray dan Ramaswamy 2015). Mendekati akhir pengeringan, proses penguapan akan menjadi lebih sulit karena air berikatan dengan dengan molekul lain, seperti protein dan pati (Horuz *et al.* 2020).

### Laju pengeringan

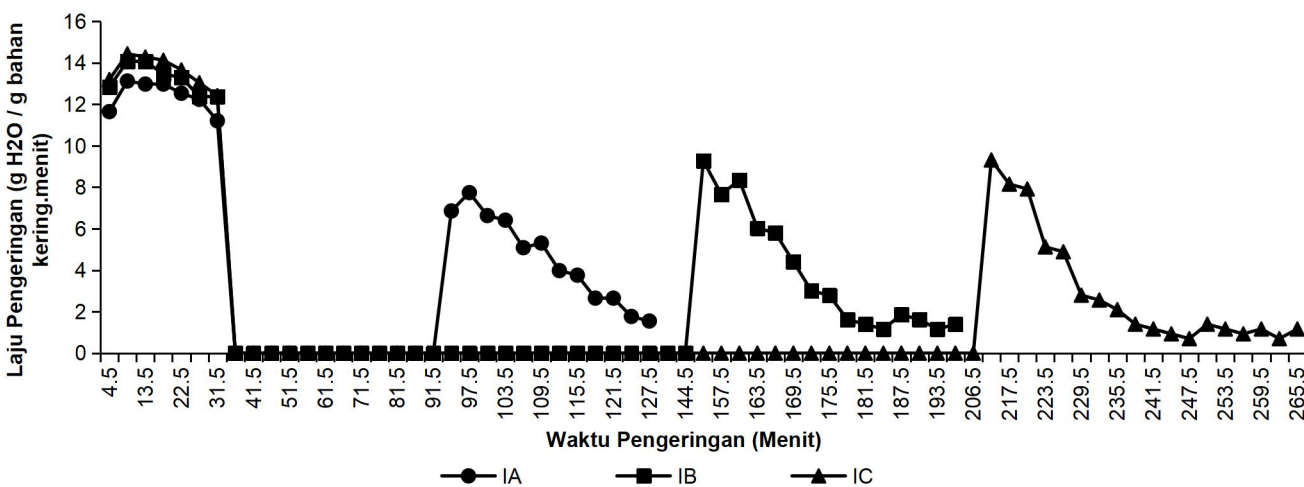
Grafik laju pengeringan yang diperoleh dapat dilihat pada Gambar 3 dan 4. Pada pengeringan tahap I, baik pada perlakuan pemanasan 90 detik dengan pengembusan 3 menit maupun pemanasan 120 detik dengan pengembusan 4 menit mula-mula terjadi peningkatan laju pengeringan dari siklus pertama ke siklus kedua.



Gambar 1. Kadar air cabai merah (%bb) dengan pengeringan tahap I berupa siklus pemanasan 90 detik dan pengembusan 3 menit dengan ekuilibrasi selama 1 jam (IA), 2 jam (IB), dan 3 jam (IC)

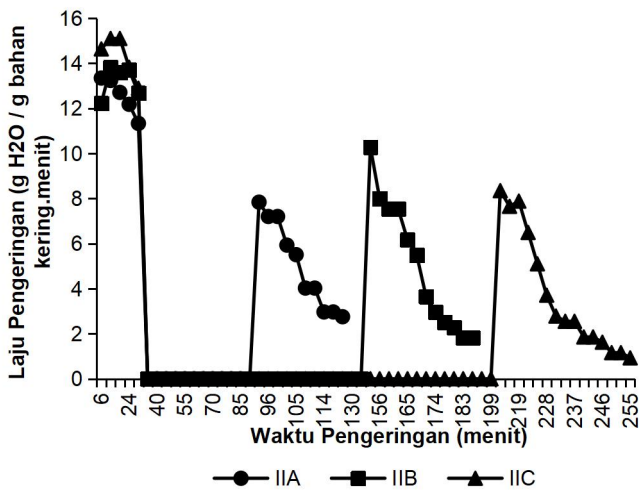


Gambar 2. Kadar air cabai merah (%bb) dengan pengeringan tahap I berupa siklus pemanasan 120 detik dan pengembusan 4 menit dengan ekuilibrasi selama 1 jam (IIA), 2 jam (IIB), dan 3 jam (IIC)



Gambar 3. Laju pengeringan cabai merah dengan pengeringan tahap I berupa siklus pemanasan 90 detik dan pengembusan 3 menit dengan ekuilibrasi selama 1 jam (IA), 2 jam (IB), dan 3 jam (IC)

Peningkatan laju pengeringan pada tahap awal pemanasan ini terjadi karena adanya penyesuaian suhu bahan yang dikeringkan dan kemudahan air bebas pada sampel untuk menguap. Selanjutnya terjadi penurunan laju pengeringan pada pengeringan tahap I hingga cabai diekuilibrasikan. Penguapan air bebas dapat menyebabkan pendinginan bahan sehingga laju pengeringan melambat seiring berjalannya waktu diduga karena adanya pendinginan bahan akibat evaporasi air (Horuz *et al.* 2020). Selama pengeringan tahap I ini, laju pengeringan berkisar antara 11.20-15.10 g H<sub>2</sub>O/g bahan kering.menit. Selanjutnya laju pengeringan berhenti pada proses ekuilibrasikan, karena pada saat tersebut tidak terjadi perubahan kadar air cabai.



**Gambar 4.** Laju pengeringan cabai merah dengan pengeringan tahap I berupa siklus pemanasan 120 detik dan pengembusan 4 menit dengan ekuilibrasikan selama 1 jam (IIA), 2 jam (IIB), dan 3 jam (IIC)

Pada pengeringan tahap II, tren yang sama teramati, yakni laju pengeringan meningkat pada 1–2 siklus pertama lalu diikuti dengan penurunan sampai mencapai kondisi ekuilibrium. Diketahui bahwa perlakuan ekuilibrasikan 2 jam menghasilkan laju pengeringan tertinggi pada saat dimulainya pengeringan tahap II. Laju pengeringan tertinggi selanjutnya diikuti oleh perlakuan ekuilibrasikan 3 jam dan yang terakhir pada perlakuan ekuilibrasikan 1 jam. Pada perlakuan IA dan IIA diketahui bahwa laju pengeringan saat pengeringan tahap II yang terjadi cenderung memiliki penurunan yang konstan hingga akhir waktu pengeringan. Pada perlakuan ekuilibrasikan 1 jam (IA dan IIA), penurunan laju pengeringan cenderung konstan dan lebih lambat dibanding pada perlakuan ekuilibrasikan 2 dan 3 jam pada beberapa siklus pertama (IB, IC, IIB, dan IIC). Hal ini mengindikasikan penguapan air terjadi lebih cepat pada sampel dengan ekuilibrasikan yang lebih singkat. Pada perlakuan ekuilibrasikan 2 dan 3 jam, penurunan laju pengeringan yang cepat diikuti dengan penurunan laju yang lambat di beberapa siklus terakhir. Hal ini ditunjukkan dengan melandainya grafik laju pengeringan terhadap waktu pengeringan mulai sekitar siklus ke 6-9 (Gambar 3). Secara umum, perlakuan ini terjadi lebih cepat seiring meningkatnya

waktu ekuilibrasikan (mulai siklus ke-9 pada sampel IB dan siklus ke-6 pada sampel IC; siklus ke-7 pada sampel IIB dan pada siklus ke-7 pada sampel IIC).

Wray dan Ramaswamy (2015) menjelaskan bahwa pada penggunaan *microwave*, panas di dalam produk dihasilkan dari dua mekanisme, yakni gesekan molekuler akibat pergerakan cepat oleh molekul dengan momen dipol permanen serta tabrakan antar ion dan peningkatan energi kinetik akibat pengaruh gelombang mikro. Karena bahan pangan umumnya mengandung air dalam jumlah tinggi, maka mekanisme pertama umumnya bertanggung jawab pada pemanasan pada bahan pangan dengan menggunakan *microwave*. Pada kadar air yang rendah, mobilitas dipol air akan berkurang. Air terikat memiliki kemampuan terbatas untuk mengikuti rotasi bidang elektromagnetik terhambat sehingga mengurangi kemampuan bahan untuk menyerap energi dari alat (Feng *et al.* 2012). Kandungan air awal pada cabai merah sangat tinggi sehingga memungkinkan terjadinya laju pengeringan yang tinggi pada awal pengeringan. Seiring berjalannya waktu pengeringan laju pengeringannya menurun karena sudah semakin berkurangnya kandungan air yang mampu menyerap energi radiasi *microwave*, terutama pada kondisi air bebas yang telah jauh berkurang di seluruh bagian bahan akibat redistribusi air selama ekuilibrasikan.

**Warna cabai kering**

Warna merupakan salah satu karakteristik yang dapat berubah karena proses pengeringan. Warna cabai berasal dari kandungan karotenoid pada cabai. Proses pengeringan umumnya dapat membuat karotenoid terdegradasi serta dapat menyebabkan terjadinya reaksi pencokelatan sehingga dapat mengubah warna cabai (Parfiyanti *et al.* 2016). Analisis warna dilakukan dengan *chromameter* dengan tujuan untuk mengetahui perbedaan warna secara objektif pada masing-masing perlakuan. Hasil uji warna cabai merah kering dapat dilihat pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Nilai L\*, a\*, dan b\* cabai merah kering

Perlakuan	Hasil Uji		
	L*	a*	b*
IA	40.78±1.68 <sup>a</sup>	36.01±3.35 <sup>h</sup>	39.87±5.03 <sup>k</sup>
IB	43.35±2.85 <sup>a</sup>	36.66±2.27 <sup>h</sup>	44.00±2.07 <sup>j</sup>
IC	43.61±2.14 <sup>a</sup>	37.55±0.97 <sup>h</sup>	48.84±2.20 <sup>i</sup>
IIA	41.54±2.59 <sup>a</sup>	37.10±3.32 <sup>h</sup>	45.86±3.76 <sup>j</sup>
IIB	42.25±1.59 <sup>a</sup>	34.95±2.34 <sup>h</sup>	44.00±1.28 <sup>j</sup>
IIC	41.02±2.63 <sup>a</sup>	37.39±2.24 <sup>h</sup>	45.60±2.26 <sup>j</sup>

Keterangan: Siklus pemanasan 90 detik dan pengembusan 3 menit (1) selama 7 siklus, pemanasan 120 detik dan pengembusan 4 menit (2) selama 5 siklus dengan ekuilibrasikan selama 1 jam (A), 2 jam (B), dan 3 jam (C); Seluruh perlakuan menggunakan pengeringan II berupa pemanasan 60 detik dan pengembusan 2 menit per siklus sampai diperoleh kadar air ≤10% (bb); Huruf berbeda yang mengikuti angka pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan nyata pada taraf signifikansi 5% (p < 0.05); Nilai L\*, a\*, dan b\* dinyatakan sebagai rata-rata dan standar deviasi dari 3 (tiga) kali pengukuran

Hasil uji warna pada Tabel 4 menunjukkan bahwa tingkat kecerahan (L\*) cabai merah kering berkisar antara 40.78-43.61. Pada Tabel 3 diketahui bahwa nilai L\* tertinggi terdapat pada perlakuan IC, yakni pema-

nasan 90 detik, pengembusan 3 menit, dan 3 jam ekuilibriasi (IC). Sementara itu, nilai  $L^*$  terendah terjadi pada perlakuan pemanasan 90 detik, pengembusan 3 menit, dan 1 jam ekuilibriasi (IA). Hasil uji ANOVA menunjukkan bahwa baik waktu pemanasan dan pengembusan maupun ekuilibriasi yang diberikan tidak menghasilkan perbedaan nyata nilai  $L^*$  pada sampel ( $p \geq 0.05$ ). Nilai  $L^*$  yang diperoleh pada semua sampel menunjukkan bahwa cabai merah kering hasil pengeringan dengan oven *microwave* cukup cerah.

Nilai  $a^*$  menunjukkan intensitas warna merah-hijau yang dominan pada sampel, nilai  $a^*$  positif menunjukkan sampel berwarna merah, sedangkan nilai  $a^*$  negatif menunjukkan sampel berwarna hijau. Warna merah pada cabai terutama berasal dari *capsanthin*, *capsorubin*, dan *cryptocapsin* (Arimboor *et al.* 2015). Pada Tabel 3 diketahui bahwa cabai merah kering yang diperoleh masih cukup merah karena memiliki nilai  $a^*$  yang cukup besar berkisar antara 34.95-37.55. Uji statistik menunjukkan bahwa perlakuan yang diberikan tidak berpengaruh nyata terhadap nilai  $a^*$  yang diperoleh pada tiap sampel. Hal tersebut dapat terjadi karena perbedaan waktu pada tiap perlakuan hanya sedikit (sebentar) saja, sehingga degradasi karotenoid yang menurunkan nilai warna merah pada tiap sampel belum terlalu berbeda.

Warna kuning pada cabai berasal dari  $\beta$ -*carotene*, *zeaxanthin*, *violaxanthin* dan  $\beta$ -*cryptoxanthin* (Arimboor *et al.* 2013). Hasil uji warna nilai  $b^*$  tertinggi terdapat pada sampel IC dengan nilai 48.84. Nilai  $b^*$  terendah terdapat pada sampel IA dengan nilai 39.87. Uji ANOVA menunjukkan bahwa perlakuan yang digunakan memberikan perbedaan nyata untuk parameter nilai  $b^*$  cabai merah ( $p < 0.05$ ). Hasil uji lanjut Duncan menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan nyata nilai  $b^*$  pada perlakuan pemanasan 120 detik dan pengembusan 4 menit dengan waktu ekuilibriasi yang berbeda. Pada perlakuan pemanasan 90 detik dan pengembusan 3 menit terdapat perbedaan nyata nilai  $b^*$  dengan waktu ekuilibriasi yang berbeda. Perlakuan IC memiliki intensitas warna kuning tertinggi dan berbeda nyata dari perlakuan lain. Perlakuan IA memiliki intensitas warna kuning terendah dan berbeda nyata dengan perlakuan lain pada taraf signifikansi 0.05. Nilai  $b^*$  yang besar mungkin disebabkan pada pengeringan tahap II penurunan kadar air pada perlakuan IC lebih lambat yang mengindikasikan suhu internal yang dihasilkan relatif lebih kecil, sehingga pigmen karotenoid yang dikandung relatif lebih dapat dipertahankan.

Intensitas warna merah umumnya digunakan sebagai kriteria mutu cabai merah. Selain itu, derajat warna merah ( $a^*$ ) yang lebih tinggi dibanding warna kuning ( $a^*$ ) cenderung lebih disukai (Arslan *et al.* 2020). Nilai  $a^*$  dan  $b^*$  sampel cabai merah yang diperoleh di penelitian ini lebih tinggi dibandingkan hasil studi yang lainnya yang menggunakan oven *microwave*. Arslan *et al.* (2020) melaporkan nilai  $a^*$  dan  $b^*$  cabai merah sebesar 18.23-27.62 dan 29.51-37.06 secara berturut-turut dengan nilai yang menurun seiring dengan kenaikan *power* oven *microwave* yang digunakan (150-450 W).

Pinar *et al.* (2021) melaporkan  $a^*$  dan  $b^*$  sebesar 20.68 dan 14.02 pada 300 W serta 14.33 dan 8.15 pada 600 W untuk cabai kultivar Bozok. Bila dibandingkan dengan teknik pengeringan lain. Pinar *et al.* (2021) mendemonstrasikan bahwa pengeringan cabai merah dengan oven *microwave* pada *power* rendah (300W) menghasilkan nilai  $a^*$  dan  $b^*$  yang lebih tinggi dibandingkan pengeringan dengan matahari, greenhouse, pengeringan di tempat teduh, maupun pengeringan dengan udara panas pada suhu 60 dan 80°C namun lebih rendah dari pengeringan dengan *freeze dryer*.

### Kadar vitamin C

Salah satu kandungan penting yang ada pada cabai merah adalah vitamin C. Vitamin C diuji dengan metode titrasi iodimetri. Pada metode ini  $I_2$  mereduksi vitamin C (asam askorbat) menjadi asam dehidro askorbat, serta iodium direduksi menjadi iodida. Titik akhir titrasi ditandai dengan perubahan warna larutan menjadi biru. Perubahan warna tersebut terjadi akibat adanya interaksi antara kelebihan  $I_2$  dan indikator kanji (Asmal 2018).

Pada Tabel 5 hasil analisis menunjukkan rata-rata kadar vitamin C pada cabai merah hasil pengeringan berkisar antara 66.53 hingga 72.68 mg/100 g. Uji statistik menunjukkan bahwa kadar vitamin C tertinggi diperoleh pada sampel dengan perlakuan IA dan IIA, diikuti dengan perlakuan IIB, IIC dan IB, dan terakhir perlakuan IC. Kadar vitamin C pada perlakuan IB tidak berbeda nyata dengan kadar vitamin C pada perlakuan IC, IIB, dan IIC. Tapi kadar vitamin C pada perlakuan IC berbeda nyata dengan pada perlakuan IIB.

**Tabel 5.** Hasil uji kadar vitamin C cabai merah kering

Perlakuan	Hasil Uji	
	Kadar Vitamin C (mg/100 g bk)	
IA	72.29±2.15 <sup>c</sup>	
IB	67.90±2.12 <sup>a,b</sup>	
IC	66.53±2.93 <sup>a</sup>	
IIA	72.68±2.16 <sup>c</sup>	
IIB	69.36±2.07 <sup>b</sup>	
IIC	68.40±2.17 <sup>ab</sup>	

Keterangan: Siklus pemanasan 90 detik dan pengembusan 3 menit (1) selama 7 siklus, pemanasan 120 detik dan pengembusan 4 menit (2) selama 5 siklus dengan ekuilibriasi selama 1 jam (A), 2 jam (B), dan 3 jam (C); Seluruh perlakuan menggunakan pengeringan II berupa pemanasan 60 detik dan pengembusan 2 menit per siklus sampai diperoleh kadar air  $\leq 10\%$  (bb); Huruf berbeda yang mengikuti angka pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan nyata pada taraf signifikansi 5% ( $p < 0.05$ ); Kadar vitamin C cabai merah kering berdasarkan TKPI sebesar 50 mg/100 g (Mahmud *et al.* 2009); Nilai vitamin C dinyatakan sebagai rata-rata dan standar deviasi dari 3 (tiga) kali pengukuran

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar vitamin C berbanding terbalik dengan durasi pemanasan dalam *microwave*. Vitamin C diketahui memiliki stabilitas yang rendah terhadap pemanasan sehingga penurunannya tidak dapat dihindari dalam proses pemanasan dan/atau pengeringan pangan (Pinar *et al.* 2021). Oleh karena itu, pada suhu pemanasan yang sama kadar vitamin C cenderung menurun seiring dengan peningkatan durasi/siklus pemanasan. Kadar vitamin C pada penelitian ini lebih rendah dari hasil penelitian oleh Pinar *et al.* (2021), yakni sebesar 176-226 mg/100 g



dengan menggunakan oven *microwave*. Perbedaan ini dapat disebabkan oleh perbedaan jenis cabai yang digunakan serta metode dan durasi pengeringan.

Kadar vitamin C cabai merah kering pada penelitian ini lebih tinggi dari nilai yang tercantum pada TKPI (Tabel Komposisi Pangan Indonesia) sebesar 50 mg/100 g. Hal tersebut kemungkinan karena cabai merah kering pada TKPI dikeringkan dengan metode pengeringan lain, misalnya dengan pengeringan udara panas atau matahari yang lebih banyak digunakan di masyarakat. Pemanasan/pengeringan dengan kedua metode ini membutuhkan waktu yang lebih lama daripada pengeringan dengan *microwave*, sehingga menghasilkan penurunan kadar vitamin C yang lebih tinggi. Pinar *et al.* (2021) melaporkan kadar vitamin C yang lebih tinggi pada cabai merah kultivar Bozok yang dikeringkan dengan oven *microwave* dibandingkan bila dikeringkan dengan metode pengeringan konveksi/udara panas maupun sinar matahari langsung.

## KESIMPULAN

Pengeringan sampel cabai merah dengan kombinasi *microwave* dan kipas angin tercepat terjadi pada perlakuan IIA, yakni 120 detik pemanasan dalam *microwave* yang dikombinasikan dengan 4 menit pengembusan udara selama 5 siklus, ekuilibrisasi 1 jam, diikuti dengan pemanasan 60 detik dalam *microwave* dan pengembusan 2 menit per siklus sampai kadar air  $\leq 10\%$  (bb). Dengan perlakuan ini, total waktu pemanasan adalah 20 menit. Perlakuan ini menghasilkan mutu cabai merah kering yang paling baik dibanding perlakuan lainnya. Nilai  $L^*$ ,  $a^*$ , dan  $b^*$  secara berturut-turut adalah 41.54, 37.10, dan 45.86. Kadar vitamin C dengan perlakuan ini adalah yang tertinggi yakni sebesar 72.68 mg/100 g. Secara umum, pengeringan dengan kombinasi *microwave* dan kipas angin potensial sangat untuk mengeringkan cabai karena dapat mengeringkan dengan cepat dan menghasilkan mutu produk yang baik.

## DAFTAR PUSTAKA

[AOAC] Association of Official Analytical Chemist. 2012. Official Methods of Analysis of AOAC International, 19<sup>th</sup> edition. Washington DC (US): AOAC International.

[BPS] Badan Pusat Statistik. 2020. Distribusi Perdagangan Komoditas Cabai Merah Indonesia Tahun 2020. Jakarta (ID): Badan Pusat Statistik RI.

Arslan A, Soysal Y, Keskin M. 2020. Mathematical modeling, moisture diffusion, and color quality in intermittent microwave drying of organic and conventional sweet red peppers. *AgriEngineering* 2(3): 393-407. DOI: 10.3390/agriengineering2030027.

Asmal A. 2018. Analisis kandungan vitamin C dalam cabai rawit (*Capsicum frutescens* L.) secara iodimetri. *J Farmasi Sandi Karsa* 4(7): 99-103.

Arimboor R, Natarajan RB, Menon KR, Chandrasekhar LP, Moorkoth V. 2015. Red pepper (*Capsicum annuum*) carotenoids as a source of natural food colors: Analysis and stability-a review. *J Food Sci Technol* 52(2015): 1258-1271. DOI: 10.1007/s13197-014-1260-7.

Dendang N, Lahming, Rais M. 2016. Pengaruh lama dan suhu pengeringan terhadap mutu bubuk cabai merah (*Capsicum annum* L.) dengan menggunakan cabinet dryer. *J Pendidikan Teknologi Pertanian* 2: 30-39.

Feng H, Yin Y, Tang J. 2012. Microwave drying of food and agricultural materials: basics and heat and mass transfer modeling. *Food Eng Rev* 4(2): 89-106. DOI: 10.1007/s12393-012-9048-x.

Firdaus A. 2016. Perancangan dan analisa alat pengeringan dengan memanfaatkan energi briket batubara. *J Teknik Mesin* 5(4): 128-136. DOI: 10.22441/jtm.v5i4.1216.

Gunal H, Ersahin S, Yetgin B, Kutlu T. 2008. Use of chromameter-measured color parameters in estimating color-related soil variables. *Commun Soil Sci Plant Anal* 39(5-6): 726-740. DOI: 10.1080/00103620701879422.

Gunawan K. 2016. Aplikasi *Trehalose* pada Pengeringan Cabai Merah (*Capsicum annum* L.) untuk Memperbaiki Karakteristik Rehidrasi Cabai Merah Kering. [Skripsi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.

Horuz E, Bozkurt H, Karatas H, Maskan M. 2020. *Microwave*-conventional drying characteristics of red pepper: Modeling, temperature profile, diffusivity and activation energy. *J Agric Sci Technol* 22(2): 425-437.

Mahmud MK, Hermana, Zulfianto NA, Apriyantono RR, Ngadiarti I, Hartati B, Bernadus, Tinexcellly. 2009. Tabel Komposisi Pangan Indonesia. Elex Media Komputindo, Jakarta.

Mikasari W. 2016. Peningkatan nilai tambah komoditas cabai melalui penerapan inovasi penyimpanan dan pengeringan di Provinsi Bengkulu. [Laporan Akhir Tahun]. Bengkulu: Badan Pengkajian Teknologi Pertanian Bengkulu.

Naully D. 2016. Fluktuasi dan disparitas harga cabai di Indonesia. *J Agrosains Teknologi* 1(1): 56-69.

Okeke C, Abioye AE, Omosun Y. 2014. Microwave heating applications in food processing. *J Electrical Electronics Eng* 9(4): 29-34. DOI: 10.9790/1676-09422934.

Parfiyanti EA, Budihastuti R, Hastuti ED. 2016. Pengaruh suhu pengeringan yang berbeda terhadap kualitas cabai rawit (*Capsicum frutescens* L.). *J Biologi* 5(1): 82-92.

- Pinar H, Çetin N, Ciftci B, Karaman K, Kaplan M. 2021. Biochemical composition, drying kinetics and chromatic parameters of red pepper as affected by cultivars and drying methods. *J Food Compos Anal* 102(2021): 103976. DOI: 10.1016/j.jfca.2021.103976.
- Ramdani H, Wicaksono RA, Fachruddin MA. 2018. Penambahan natrium metabisulfit ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ ) terhadap vitamin C dan warna pada proses pengeringan cabai merah (*Capsicum annum* L.) dengan tunnel dehydrator. *J Agrinoda* 4(2): 88-97. DOI: 10.30997/jag.v4i2.1572.
- Wray D, Ramaswamy HS. 2015. Novel concepts in microwave drying of foods. *Dry Technol* 33(7): 769-783. DOI: 10.1080/07373937.2014.985793.

---

JMP-02-22-04-Naskah diterima untuk ditelaah pada 2 Februari 2022. Revisi makalah disetujui untuk dipublikasi pada 30 Maret 2022. Versi Online: <http://journal.ipb.ac.id/index.php/jmpi>