

Karakteristik Pengeringan Rempah Daun Menggunakan *Fluidized Bed Drier* dan *Tray Drier*

[Drying Characteristics of Herb Leaves Using Fluidized Bed Drier and Tray Drier]

Tjahja Muhandri^{1,2)*}, Fahim Muchammad Taqi¹⁾, Subarna^{1,2)}, dan Dian Widiawati¹⁾

¹⁾ Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB University, Bogor, Indonesia

²⁾ South-East Asia Food & Agricultural Science and Technology (SEAFST) Center-LPPM, IPB University, Bogor, Indonesia

Diterima 24 Februari 2023 / Disetujui 7 September 2023

ABSTRACT

Bay leaves (Syzygium polyanthum), kaffir lime leaves (Citrus hystrix) and pandan leaves (Pandanus amaryllifolius) are herb leaves with unique aroma that are often added to dishes to strengthen and enrich the taste. The high demand of the leaves has prompted efforts to make them easy to distribute and shelf stable. Drying can increase the shelf life of these leaves with acceptable quality. The objectives of the research were to determine drying models for these leaves using two types of driers and to determine the panelist's preference for the dried and rehydrated leaves. These herb leaves are fresh-picked from the tree, cleaned and dried using the two different driers, i.e. fluidized bed drier (temperature 40-42°C) and tray drier (temperature 58-61°C). The leaves were weighed every 15 minutes until they reached a constant weight. Fresh leaves and dry leaves were photographed. The drying kinetics of both types of driers were checked with the Lewis model and Page model. Panelist preference test was carried out on dry leaves and leaves that had been rehydrated using hot water. The results showed that drying with a tray drier was able to dry faster than that with a fluidized bed drier. The Page drying model is more suitable to describe the drying conditions than the Lewis drying model. Panelists preferred dry and rehydrated herb leaves obtained from fluidized bed drier.

Keywords: drying kinetics, fluidized bed drier, herb leaves, rehydration

ABSTRAK

Daun salam (*Syzygium polyanthum*), daun jeruk purut (*Citrus hystrix*) dan daun pandan (*Pandanus amaryllifolius*) merupakan rempah dalam bentuk daun yang sering ditambahkan ke dalam masakan untuk memperkuat dan memperkaya cita rasa. Tingginya permintaan di masyarakat, menuntut daun-daun tersebut menjadi produk pertanian yang mudah didistribusikan dan aman untuk disimpan dalam waktu yang panjang. Proses pengeringan yang ideal bertujuan untuk meningkatkan umur simpan daun-daun tersebut dengan mutu yang masih dapat diterima konsumen. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan model pengeringan yang menggambarkan kondisi pengeringan pada dua jenis pengering dan mempelajari preferensi panelis terhadap rempah daun kering dan yang telah direhidrasi. Daun dipetik dari pohonnya, dibersihkan dan dikeringkan menggunakan dua alat pengering yang berbeda yaitu *fluidized bed drier* (suhu 40-42°C) dan *tray drier* (suhu 58-61°C). Pengeringan dilakukan sampai bobot konstan dan daun ditimbang setiap 15 menit. Daun segar dan daun kering diambil fotonya. Kinetika pengeringan pada kedua jenis pengering dicek dengan model Lewis dan model Page. Uji preferensi panelis dilakukan untuk daun kering dan daun yang direhidrasi menggunakan air panas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengeringan dengan *tray drier* mampu mengeringkan lebih cepat dibandingkan dengan *fluidized bed drier*. Model kinetika pengeringan Page lebih sesuai untuk menggambarkan kondisi pengeringan. Panelis lebih menyukai rempah daun kering dan rempah daun yang telah direhidrasi dari hasil pengeringan menggunakan *fluidized bed drier*.

Kata kunci: *fluidized bed drier*, kinetika pengeringan, rehidrasi, rempah daun

*Penulis Korespondensi: E-mail: tjahjamuhandri@apps.ipb.ac.id

PENDAHULUAN

Daun dari tanaman rempah aromatik memiliki aroma khas yang kuat. Dedaunan ini mampu memperkaya cita rasa sehingga biasa ditambahkan sebagai bumbu pada masakan. Tidak hanya sebagai bahan tambahan pangan, daun-daun beraroma khas ini juga sering dijadikan sebagai obat herbal karena kandungan senyawa bioaktif di dalamnya. Beberapa jenis rempah daun yang sering ditambahkan pada masakan adalah daun salam (*Syzygium polyanthum*), daun jeruk purut (*Citrus hystrix*) dan daun pandan (*Pandanus amaryllifolius*).

Pada tahun 2021, Badan Pusat Statistik mencatat nilai ekspor rempah Indonesia mencapai 294.688,1 ton (BPS, 2021). Tingginya minat akan rempah menuntut rempah untuk menjadi produk hasil pertanian yang mudah didistribusikan dan memiliki waktu simpan yang lebih panjang,

Kerugian seringkali terjadi pada pascapanen produk hasil pertanian. Penurunan kualitas terjadi karena adanya peningkatan kelembaban, proses enzimatik, aktivitas mikroba, perubahan iklim, penanganan yang tidak tepat, transportasi yang tertunda, penyimpanan yang tidak tepat, dan keterlambatan dalam penjualan (Babu *et al.*, 2018). Hal ini terjadi karena tingginya kadar air yang dimiliki rempah, tidak terkecuali rempah daun.

Proses pengeringan menggunakan sinar matahari merupakan upaya yang umum dilakukan masyarakat untuk menurunkan kadar air sehingga dapat memperpanjang masa simpan rempah daun. Pengeringan dengan matahari membutuhkan waktu proses yang lama dengan hasil yang tidak menarik dan tidak konsisten karena bergantung pada cuaca. Menurut Dharma *et al.* (2020) sinar UV dari matahari dapat merusak kandungan kimia bahan aromatik.

Kadar air yang tinggi pada daun perlu dikurangi secara cepat sampai persentase yang sesuai untuk mencegah reaksi enzimatik dan oksidasi, yaitu pada kadar air di bawah 10% (Razak *et al.*, 2014). Selama proses pengeringan, komponen yang memiliki titik didih rendah akan berkurang dan proses oksidasi dapat terjadi sehingga menyebabkan perubahan fisik, nutrisi dan komponen kimiawi pada rempah daun (Babu *et al.*, 2018). Oleh sebab itu, pengeringan sebaiknya dilakukan pada suhu yang tidak terlalu tinggi, yaitu di bawah 50°C (Handoyo dan Pranoto 2020).

Salah satu metode pengeringan alternatif guna menjaga kualitas rempah daun kering adalah dengan menggunakan media udara panas. Udara panas memiliki fungsi sebagai media penghantar panas pada bahan dan pengangkut uap air yang dikeluarkan oleh bahan. Beberapa alat pengering pada industri pangan yang bekerja dengan mengalirkan udara panas di antaranya adalah *fluidized bed drier* (FBD) dan *tray drier* (TD). Beberapa peneliti

menggunakan tipe pengering FBD untuk mengeringkan jamur tiram (Muhandri *et al.*, 2017), daun kelor (Hasizah *et al.*, 2022) dan bunga rosella (Mardiah *et al.*, 2015). Beberapa peneliti lainnya menggunakan TD untuk mengeringkan daun kelor (Samad *et al.*, 2023) dan daun mint (Raviteja *et al.*, 2019) hingga mencapai kadar air 5,40-5,94% (bb). FBD dan TD mengubah listrik menjadi udara panas yang dapat diatur kecepatannya. Udara panas didistribusikan ke dalam ruang pengering yang berisi padatan yang akan dikeringkan. Udara panas inilah yang memiliki peran besar dalam meningkatkan laju pengeringan sehingga waktu pengeringan dapat berlangsung lebih cepat.

Model Lewis dan model Page merupakan model pengeringan yang sering digunakan untuk menggambarkan laju pengeringan lapis tipis. Mbegbu *et al.* (2021), menggunakan kedua model ini untuk mengeringkan daun *Ocimum gratissimum* dan *Ocimum africanum*, Turan dan Firatligil (2019) mengeringkan daun *Thymus vulgaris* dengan kedua model ini.

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan model pengeringan dari dua jenis pengering (FBD dan TD) dan mempelajari preferensi panelis terhadap produk rempah daun kering yang dihasilkan. Penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan produk rempah daun kering dalam waktu yang lebih singkat dengan kualitas yang tetap dapat diterima oleh konsumen sehingga dapat menjadi alternatif bagi industri pengguna rempah daun di Indonesia.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Bahan yang digunakan adalah daun salam (*Syzygium polyanthum*), daun jeruk purut (*Citrus hystrix*) dan daun pandan (*Pandanus amaryllifolius*) segar yang dipetik langsung dari pohon di sekitar wilayah kampus Institut Pertanian Bogor, Dramaga.

Persiapan bahan

Bahan baku segar dipetik langsung dari pohon. Daun salam dan daun jeruk purut, dipetik daun ke-3 sampai ke-6 terhitung dari ujung luar tangkai, untuk daun pandan, dipetik daun yang memiliki kisaran panjang 45-60 cm. Bahan ditempatkan di dalam wadah anyaman bambu yang berongga untuk mencegah kerusakan bahan. Bahan baku disortir, dan dipilih hanya yang memiliki bentuk yang baik, masih segar, tidak memiliki luka, tidak terlalu tua atau terlalu muda, memiliki ukuran dan warna yang cukup seragam satu sama lain. Daun pandan mendapatkan perlakuan fisik berupa penyeragaman bentuk dengan cara dipotong sepanjang 15 cm untuk menyesuaikan kapasitas alat pengering. Bahan dibersihkan permukaannya menggunakan lap untuk menghilangkan kotoran fisik yang terdapat pada permukaan daun.

Persiapan bahan diakhiri dengan penimbangan daun dengan timbangan analitik sebanyak 120 g untuk setiap ulangan dan bahan diambil fotonya.

Pengeringan bahan

Bahan yang telah disiapkan, dikeringkan menggunakan dua jenis alat pengering, FBD dan TD. Alat FBD memiliki spesifikasi yaitu kapasitas ruang pengering berukuran 25x25x25 cm, pemanas menggunakan heater 500 Watt, hembusan angin dari blower axial 2700 rpm, kecepatan angin 2,0 m/detik dan suhu maksimum 40-42°C (Gambar 1). Pengering TD (Armfield TD Type-Uop9-A, Inggris) digunakan pada kisaran suhu 58-61°C dengan kecepatan angin 0,9 m/s. Bahan dimasukkan ke dalam rak pengering dan dikeringkan. Selama proses pengeringan, dicatat kecepatan angin di dalam alat pengering. Perubahan bobot bahan diukur dengan mengeluarkan bahan dari pengering setiap 15 menit dan diamati warna dari bahan dengan cara difoto di dalam photo box. Penimbangan bahan dilakukan sampai bobot bahan yang dikeringkan konstan sebanyak tiga kali penimbangan, kemudian proses pengeringan dihentikan. Rempah daun yang telah dikeringkan dianalisis kadar airnya dengan metode AOAC (2012). Bahan yang telah dikeringkan disimpan di dalam plastik zip lock LDPE yang dilengkapi dengan silica gel. Rendemen (r) dihitung dengan cara membandingkan bobot daun yang sudah kering konstan (a) dengan bobot daun segar (b) dengan formula berikut:

$$r = \frac{a}{b} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

Penentuan kadar air

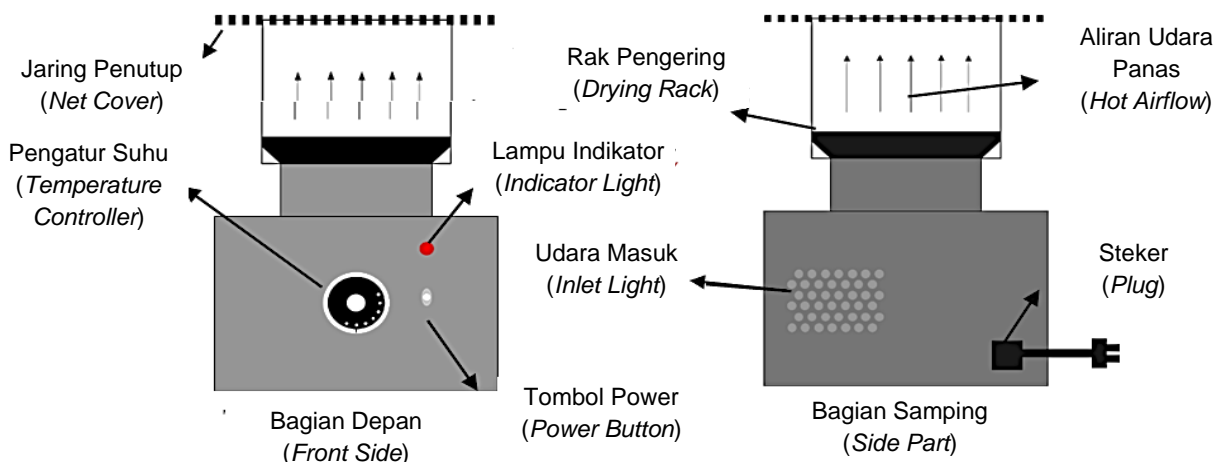
Perhitungan kadar air dilakukan pada tiga kondisi bahan, yaitu rempah daun segar, selama pengeringan dan saat bobot kering konstan. Perhitungan

kadar air rempah daun segar dan kadar air selama pengeringan dilakukan berdasarkan bobot solid kering dari produk hasil pengeringan, hal ini dikarenakan bahan yang digunakan berbasis dedaunan, sehingga sulit untuk menjaga kesegaran dan kadar air awal bahan selama proses persiapan bahan. Analisis kadar air metode oven (AOAC, 2012) dilakukan terhadap rempah daun yang telah dikeringkan. Bobot air pada rempah daun segar adalah bobot bahan segar dikurangi bobot solid kering. Kurva penurunan kadar air selama pengeringan dibuat dari hubungan antara waktu pengeringan dengan kadar air basis kering (Hasizah *et al.*, 2022).

Penentuan model pengeringan (model Page dan model Lewis)

Tahap awal adalah menghitung nilai *moisture ratio* (MR). Nilai *moisture ratio* merupakan hasil perbandingan antara selisih kadar air setiap waktu dengan kadar air akhir dan kadar air awal dengan kadar air akhir. Kadar air dalam perhitungan MR di sini adalah kadar air basis kering.

Penentuan model pengeringan dilakukan dengan menghubungkan nilai MR dengan nilai waktu (t). Nilai MR setiap waktu yang didapatkan kemudian dihubungkan dengan nilai t di dalam sebuah kurva dengan bantuan program *Microsoft Excel*, pemodelan pengeringan dilakukan hingga didapatkan kurva linier dengan nilai regresi yang mendekati 1. Menurut Babu *et al.* (2018) dan Mbegbu *et al.* (2021), model pengeringan Lewis dan model pengeringan Page merupakan model pengeringan lapis tipis yang sesuai pada pengeringan daun. Pengujian model Lewis dan model Page juga dilakukan oleh Muhandri *et al.* (2017) terhadap bahan yang diiris dan dikeringkan dengan FBD.



Gambar 1. Fluidized bed drier
Figure 1. Fluidized bed drier

Rehidrasi

Proses rehidrasi dilakukan berdasarkan metode yang disampaikan oleh Yulni *et al.* (2017). Sampel sebanyak 1 g direndam dalam 200 mL air dengan kisaran suhu 90-100°C. Sampel ditiriskan, dilap dengan kain dan ditimbang setiap 2 menit untuk 10 menit pertama dan penimbangan selanjutnya dilakukan setiap 5 menit sampai bobot sampel konstan. Proses rehidrasi dilakukan sampai dicapai bobot konstan. Rasio rehidrasi merupakan kapasitas suatu bahan kering dalam menyerap air. Rasio rehidrasi diperoleh dari perbandingan bobot produk setelah rehidrasi dan bobot awal produk kering.

Analisis sensori rating hedonik

Uji rating hedonik dilakukan terhadap ketiga sampel yang telah dikeringkan dengan dua jenis pengering. Pengujian hedonik dilakukan berdasarkan metode yang disampaikan oleh Budiarto *et al.* (2021) terhadap parameter warna, aroma dan *overall*. Ketiga jenis sampel diuji di tiga ruang terpisah secara bergilir. Pengujian sensori hedonik melibatkan 30 orang panelis semi terlatih dengan menggunakan skala 1 (sangat tidak suka) hingga 7 (sangat suka). Data rating hedonik, produk diolah menggunakan program *Microsoft Excel 2021* dan diuji perbedaan nyata dengan uji T pada program *SPSS* dengan taraf kepercayaan 95%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kadar air dan rendemen daun kering

Ketiga jenis rempah daun menghasilkan kadar air daun salam 72,28%, daun jeruk purut 71,15% dan daun pandan 81,48% (Tabel 1). Kadar air bahan

segar dari ketiga jenis daun yang diuji lebih tinggi dibandingkan pengujian sebelumnya, yaitu sebesar 72,10±0,15% untuk daun salam (Pratama *et al.*, 2022), 59,63-64% untuk daun jeruk (Suaidah dan Taruna, 2021) dan 80,91% untuk daun pandan (Adhamatika *et al.*, 2021). Perbedaan ini dapat terjadi akibat perbedaan kondisi bahan. Menurut Lagawa *et al.* (2020), daun yang mengalami pelayuan akan mengalami dua perubahan, yaitu perubahan senyawa-senyawa kimia serta menurunnya kandungan air sehingga daun menjadi lemas. Meskipun demikian, kadar air akhir produk yang dihasilkan kedua pengering telah memenuhi standar simplisia menurut Kemenkes RI (2017) yaitu tidak lebih dari 10%.

Bahan yang dikeringkan menggunakan TD memiliki rendemen yang lebih kecil dibandingkan hasil pengeringan FBD. Uji lanjut menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata antara rendemen pengeringan menggunakan FBD dan TD pada pengeringan daun jeruk dan daun pandan. Erni *et al.* (2018) melaporkan bahwa besarnya persentase rendemen ditentukan oleh suhu dan waktu pengeringan, komposisi bahan dan kadar air awal bahan. Meskipun TD memiliki suhu yang lebih tinggi, pengeringan menggunakan FBD memakan waktu lebih lama sampai tercapai bobot kering konstan. Hasil pengeringan dari kedua jenis pengering memiliki bobot akhir yang tidak jauh berbeda.

Bobot kering konstan bahan lebih cepat diraih pada proses pengeringan dengan suhu yang lebih tinggi (Gambar 2). Pada pengeringan dengan alat FBD, daun salam, daun jeruk dan daun pandan mencapai bobot konstan pada menit ke-390, 540, dan 405. Pada alat TD, daun salam, daun jeruk dan daun pandan mencapai bobot konstan pada menit ke-315, 345 dan 285.

Tabel 1. Kadar air dan rendemen rempah daun

Table 1. Moisture content and yields of herb leaves

Rempah Daun (Herb Leaves)	Kadar Air Bahan Segar (% bb) (Fresh Leaves Moisture Content % wb))	Jenis Pengering* (Dryer Type*)	Waktu Pengeringan (Menit) (Drying Time (Minute))	Kadar Air Akhir (% bb) (Final Moisture Content (% wb))	Kadar Air Akhir (% bk) (Final Moisture Content (% db))	Rendemen (%) (Yields (%))
Daun salam (Bay leaves)	72.28±0.62	FBD	375	9.16±0.06 ^a	10.08±0.06 ^a	31.19±0.62 ^a
		TD	300	8.46±0.51 ^a	9.24±0.50 ^a	29.61±0.46 ^b
Daun jeruk purut (Kaffir lime leaves)	71.15±0.75	FBD	525	6.55±0.41 ^a	7.01±0.38 ^a	31.89±1.00 ^a
		TD	330	6.25±0.56 ^a	6.67±0.52 ^a	29.76±1.27 ^a
Daun pandan (Pandan leaves)	81.48±0.02	FBD	405	8.77±0.25 ^a	9.61±0.24 ^a	20.28±0.54 ^a
		TD	285	7.97±0.31 ^b	8.66±0.29 ^b	20.14±0.75 ^a

Keterangan: * = Pengeringan dilakukan dengan FBD (Fluidized Bed Drier) pada kisaran suhu 40-42°C dan TD (Tray Drier) pada kisaran suhu 58-61°C. Huruf yang berbeda di belakang angka menunjukkan hasil yang berbeda nyata pada jenis daun dan parameter uji yang sama pada tingkat kepercayaan 95% dalam uji T

Note: * = Drying is carried out with FBD (Fluidized Bed Drier) at a temperature range of 40-42°C and TD (Tray Drier) at a temperature range of 58-61°C. Different letters behind the numbers indicate significantly different results on the same type of leaf and parameters at 95% confidence level in the T-test

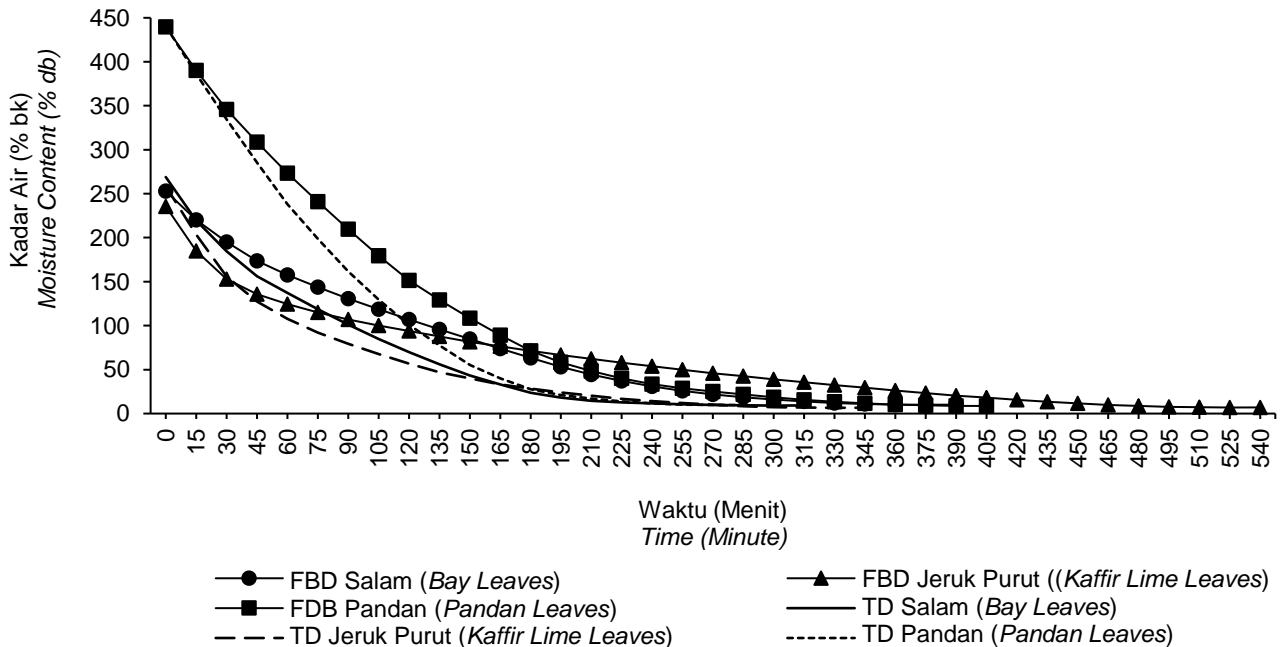
Laju kehilangan air pada kedua alat pengering untuk daun salam dan daun jeruk cenderung lambat pada awal pengeringan sehingga terbentuk kurva penurunan kadar air yang landai. Berbeda dengan pengeringan daun pandan dan banyak penelitian pengeringan sebelumnya, laju kehilangan air di awal pengeringan terjadi sangat cepat, sehingga terbentuk kurva penurunan kadar air yang curam di awal pengeringan. Data ini dilaporkan oleh Muhandri *et al.* (2017), pada pengeringan potongan jamur tiram menggunakan alat FBD, Winangsih *et al.* (2013) pada pengeringan simplisia lempuyang wangi, dan Mbegbu *et al.* (2021) pada pengeringan daun kemangi dan daun basil.

Laju kehilangan air pada daun salam dan daun jeruk yang cenderung lambat dapat diakibatkan oleh kondisi bahan yang digunakan yaitu berbentuk daun utuh, sedangkan daun pandan dipotong dengan ukuran 15 cm. Kandungan air di dalam daun utuh tertahan. Menurut Tobing *et al.* (2021) lapisan kutikula pada permukaan daun mampu memantulkan sinar matahari yang berlebih di permukaan sehingga dapat mengurangi laju transpirasi. Perlakuan pemotongan pada daun, menyebabkan jaringan pada daun terluka sehingga jalur transpirasi air terbuka lebih luas. Transpirasi air yang terjadi pada kutikula tanaman hanya sebesar 5-10% dari total air yang ditranspirasikan, sedangkan sebagian besar air menguap melalui

stomata (80%). Transpirasi juga dapat terjadi melalui luka dan jaringan epidermis pada daun, batang, cabang, ranting, bunga, buah, dan akar (Silaen, 2021).

Model pengeringan

Penurunan kadar air dalam basis kering diolah untuk menentukan nilai *moisture ratio* (MR) bahan. MR adalah rasio kadar air pada setiap waktu pengukuran, terhadap kadar air awal sampel. MR tidak memiliki satuan dan digunakan sebagai dasar untuk memprediksi model pengeringan suatu bahan. Nilai MR tiap waktu dianalisis hubungannya dengan perubahan waktu pada beberapa model persamaan dengan program *Microsoft Excel 2021* (Tabel 2). Analisis dilakukan hingga didapatkan hubungan linier yang didukung dengan nilai R² yang mendekati 1. Nilai R² yang lebih tinggi adalah indikator yang digunakan dalam memilih model pengeringan yang paling sesuai (Kaushal dan Sharma, 2013). Model pengeringan bersifat khas untuk produk yang sifatnya berbeda. Model Midili-Kucuk lebih sesuai menggambarkan model pengeringan irisan mahkota dewa (Nurmuliana *et al.*, 2022). Model terbaik pada pengeringan belimbing wuluh belah dua bagian adalah model Page, sedangkan pada pengeringan belimbing wuluh utuh didapatkan model terbaik yaitu model Henderson & Pabis (Andrea *et al.*, 2019).



Gambar 2. Penurunan kadar air rempah daun selama proses pengeringan dengan *fluidized bed drier* (FBD) pada kisaran suhu 40-42°C dan *tray drier* (TD) pada kisaran suhu 58-61°C

Figure 2. The decrease of herb leaves moisture content during drying with *fluidized bed drier* (FBD) at a temperature range of 40-42°C and *tray drier* (TD) at a temperature range of 58-61°C

Model Lewis menggambarkan bahwa selama pengeringan bahan higroskopis, perubahan kadar air bahan pada periode laju menurun adalah proporsional terhadap *moisture ratio* yang dimiliki bahan (Muhandri *et al.*, 2017). Pada Tabel 2, diketahui nilai R² pada model pengeringan Lewis yang dimiliki semua bahan uji masih jauh dari nilai 1. Kurva model pengeringan Lewis (Gambar 3) memiliki bentuk yang jauh dari linier, baik untuk pengeringan menggunakan TD ataupun FBD. Hal ini menunjukkan bahwa model pengeringan Lewis kurang sesuai untuk menggambarkan laju pengeringan pada ketiga jenis rempah

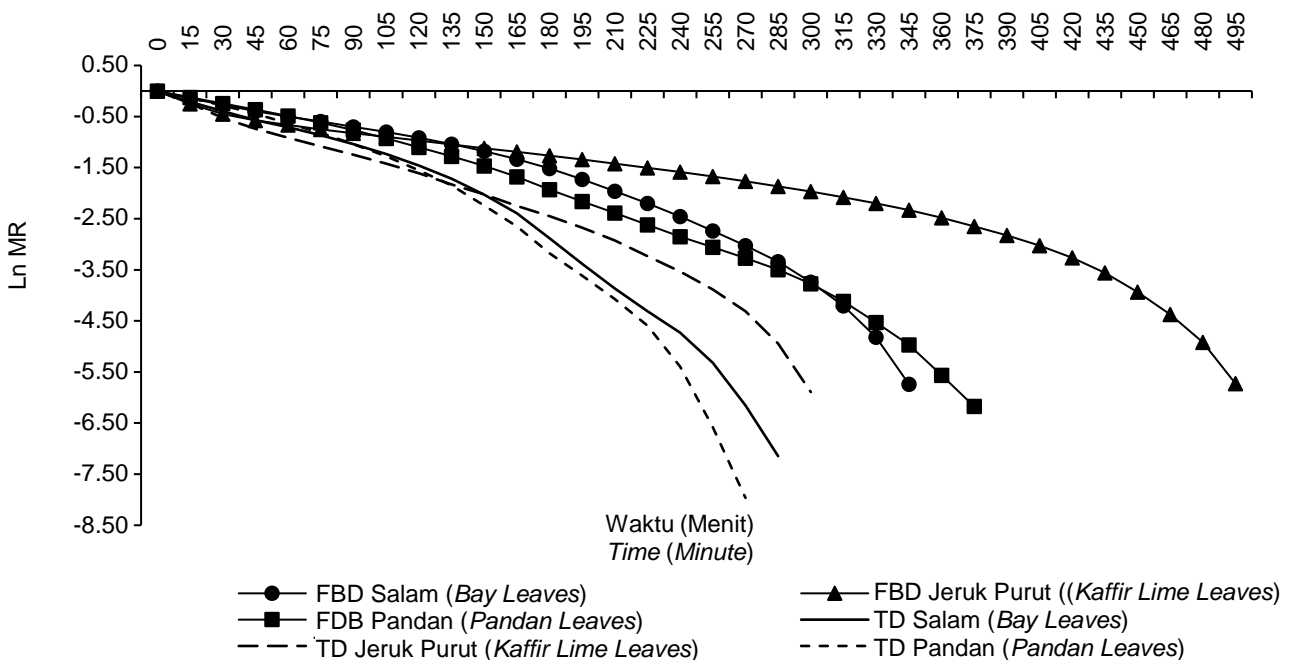
daun. Jenis dan karakteristik bahan berupa irisan jamur (Muhandri *et al.*, 2017) berbeda dengan karakteristik daun pada penelitian ini.

Gambar 4 menyajikan kurva pengeringan ketiga jenis rempah daun dengan model Page. Model Page merupakan penyempurnaan dari model Lewis untuk mendapat model yang lebih akurat dengan menambahkan konstanta n (Muhandri *et al.*, 2017). Pada pemodelan pengeringan ini, sebaran data lebih terintegrasi, kurva pengeringan yang terbentuk mendekati linier (Nurmuliana *et al.*, 2022; Andrea *et al.*, 2019).

Tabel 2. Persamaan pengeringan rempah daun
Table 2. Equation of herb leaves drying

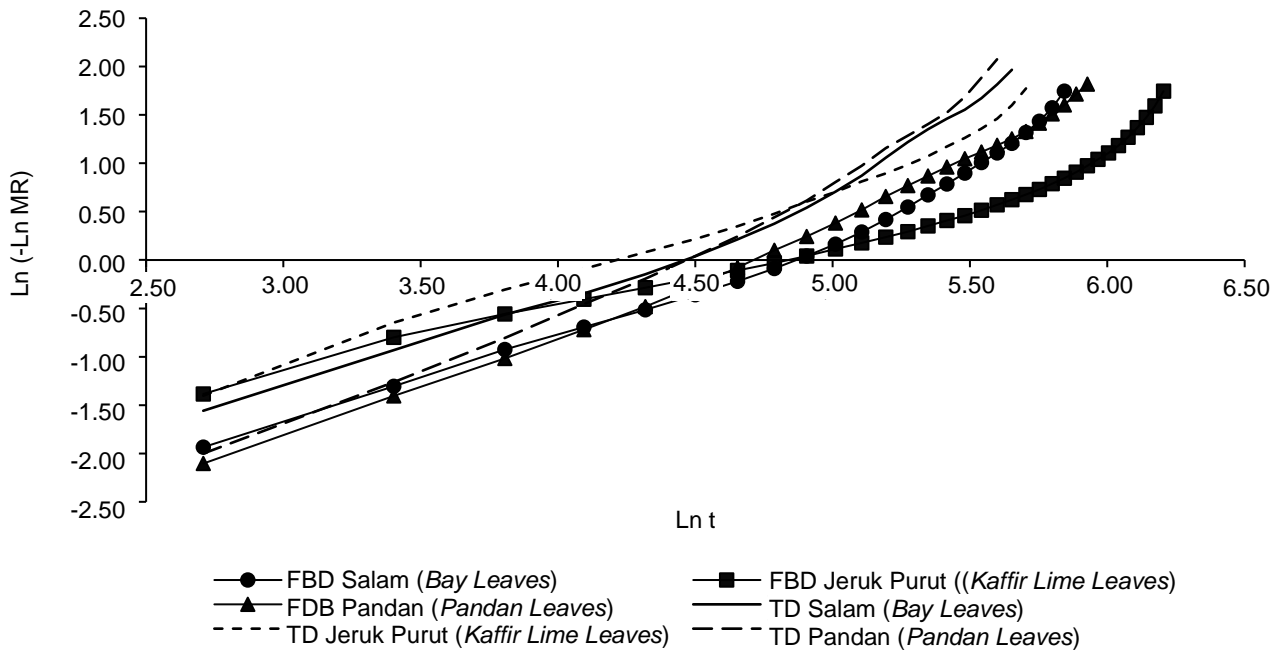
Rempah Daun (Herb Leaves)	Jenis Pengering (Dryer Type)	Model Lewis (Lewis Model)	Model Page (Page Model)
		$x = t, y = \ln MR$	$x = \ln t, y = \ln(-\ln MR)$
Daun salam (Bay leaves)	FBD	$y = -0.2124x + 0.7657$ R ² = 0.9102	$y = 1.1455x - 5.3605$ R ² = 0.9623
	TD	$y = -0.3453x + 1.105$ R ² = 0.9311	$y = 1.2066x - 5.1711$ R ² = 0.9643
Daun jeruk purut (Kaffir lime leaves)	FBD	$y = -0.1288x + 0.2975$ R ² = 0.8893	$y = 0.8045x - 3.7753$ R ² = 0.9318
	TD	$y = -0.2502x + 0.4788$ R ² = 0.9528	$y = 0.9819x - 4.1183$ R ² = 0.9822
Daun pandan (Pandan leaves)	FBD	$y = -0.2274x + 0.7638$ R ² = 0.9607	$y = 1.2291x - 5.6833$ R ² = 0.9904
	TD	$y = -0.3896x + 1.3527$ R ² = 0.9043	$y = 1.3977x - 6.0883$ R ² = 0.9803

Keterangan: Proses pengeringan dilakukan hingga didapatkan bobot yang konstan
Notes: Drying process is carried out until its reaches a constant weight



Gambar 3. Kurva pengeringan rempah daun dengan *fluidized bed drier* (FBD) dan *tray drier* (TD) dengan model Lewis

Figure 3. The drying curve of herb leaves with *fluidized bed drier* (FBD) and *tray drier* (TD) with Lewis mode



Gambar 4. Kurva pengeringan rempah daun dengan *fluidized bed drier* (FBD) dan *tray drier* (TD) dengan model Page

Figure 4. The drying curve of herb leaves with *fluidized bed drier* (FBD) and *tray drier* (TD) with Page model

Nilai koefisien determinasi pada model pengeringan Page juga mendekati nilai 1. Persamaan pengeringan model Page dinilai lebih sesuai untuk menggambarkan pengeringan rempah daun dengan alat FBD dan TD.

Perubahan warna

Pengeringan daun yang ideal adalah yang tidak merubah warna asli dari daun tersebut. Identifikasi perubahan warna dilakukan secara kualitatif dengan memfoto ketiga jenis rempah daun. Foto diambil pada kondisi segar dan daun kering pada perlakuan pengeringan FBD dan TD (Gambar 5).

Penampakan ketiga jenis rempah daun terlihat berbeda secara visual. Rempah daun yang dikeringkan menggunakan TD berwarna lebih kecokelatan dan/atau kusam, sedangkan daun yang dikeringkan menggunakan FBD warnanya lebih mendekati warna daun segar. Hal ini disebabkan oleh suhu pada pengeringan dengan TD lebih tinggi dibandingkan dengan suhu FBD. Pengaruh kecepatan pengeringan pada suhu yang sama terhadap warna daun hasil pengeringan, belum dapat dianalisis dalam penelitian ini.

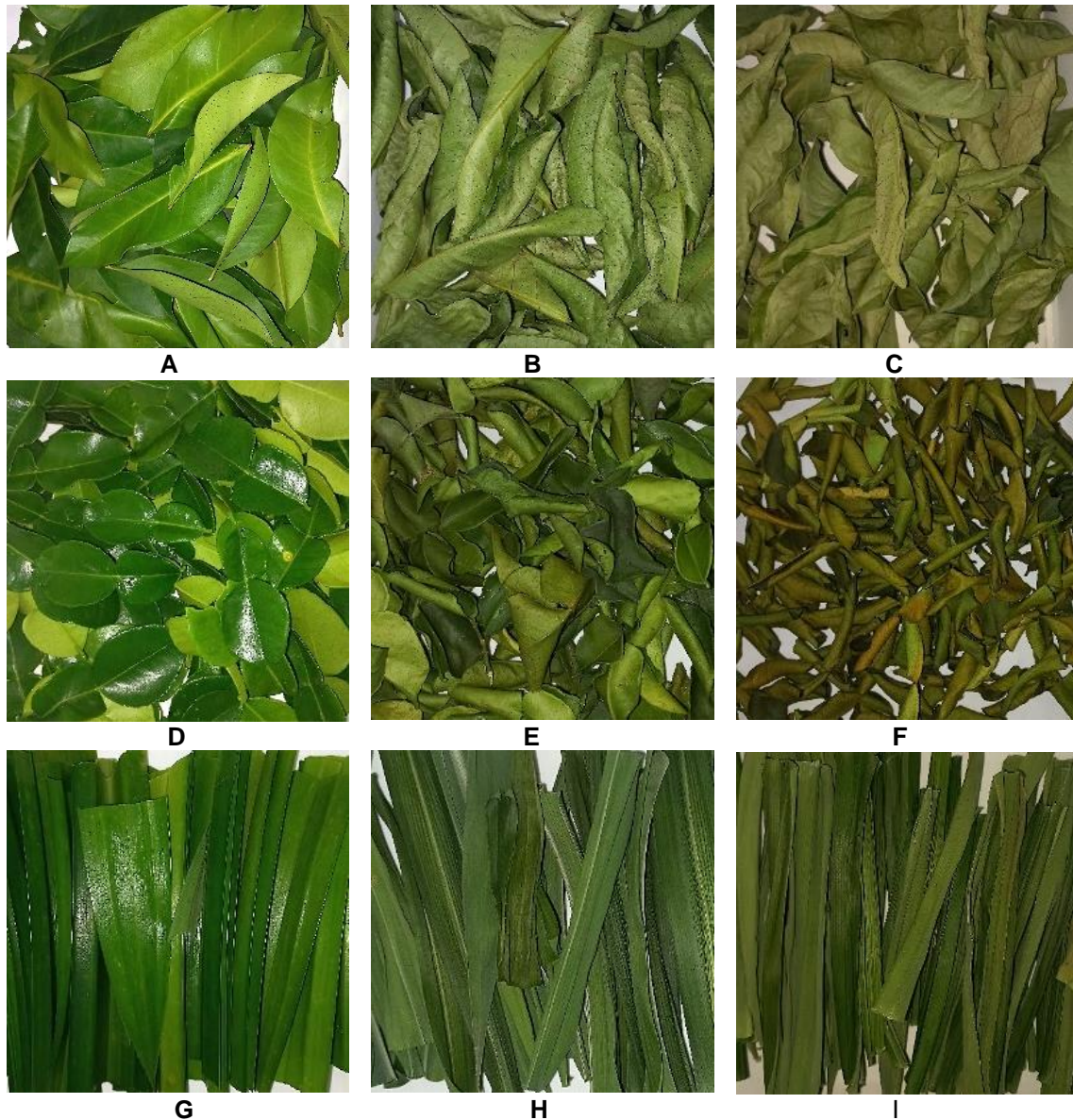
Selama proses pengeringan, warna hijau pada daun mengalami perubahan menjadi hijau kecokelatan sampai kehitaman akibat proses degradasi klorofil pada daun. Klorofil bersifat sensitif terhadap suhu, oksigen dan cahaya (Handoyo dan Pranoto, 2020). Suhu pengeringan di atas 60°C mampu mendegradasi klorofil hingga terbentuk turunannya. Aktivitas enzim klorofilase akan meningkat dan mengubah

klorofil menjadi klorofilida. Senyawa ini lebih rentan kehilangan magnesium dan membentuk feoforbid yang berwarna cokelat zaitun (Indrasti *et al.*, 2018).

Pada Gambar 5 terlihat rempah daun hasil pengering TD juga menghasilkan rempah daun kering yang lebih berkerut dan cenderung lebih menggulung dibandingkan hasil pengeringan FBD. Hal ini dapat terjadi akibat tingginya suhu pengeringan dan arah angin kering dari samping (pada TD) yang berdampak pada angin kering tidak terdistribusi secara merata (hanya mengenai daun di satu sisi), menyebabkan perpindahan massa air di satu sisi daun lebih cepat dibandingkan sisi lainnya. Perpindahan massa ini menyebabkan permukaan daun mengkerut dengan lebih cepat di satu sisi (pada daun yang dikeringkan dengan TD) dan terbentuklah daun yang menggulung. Pada pengering FBD, angin berasal dari bawah, kecepatannya tinggi sehingga daun yang dikeringkan akan melayang seperti fluida dan udara kering mengenai seluruh permukaan daun.

Rehidrasi

Perlakuan rehidrasi dilakukan sampai bahan terhidrasi maksimal atau mencapai bobot konstan. Semakin tinggi nilai rasio rehidrasi maka semakin baik tingkat elastisitas pada dinding sel. Produk kering yang direhidrasi diharapkan memiliki rasio rehidrasi yang tinggi. Produk kering yang mampu menyerap air lebih banyak dinilai lebih baik karena dapat mendekati bentuk semula bahan atau memiliki mutu fisik yang baik (Widyasanti *et al.*, 2018).



Keterangan: Daun salam segar (A), Daun salam hasil pengeringan *fluidized bed drier* pada suhu 40-42°C selama 375 menit (B), Daun salam hasil pengeringan *tray drier* pada suhu 58-61°C selama 300 menit (C), Daun jeruk segar (D), Daun jeruk hasil pengeringan *fluidized bed drier* pada suhu 40-42°C selama 525 menit (E), Daun jeruk hasil pengeringan *tray drier* pada suhu 58-61°C selama 330 menit (F), Daun pandan segar (G), Daun pandan hasil pengeringan *fluidized bed drier* pada suhu 40-42°C selama 405 menit (H), Daun pandan hasil pengeringan *tray drier* pada suhu 58-61°C selama 285 menit (I)

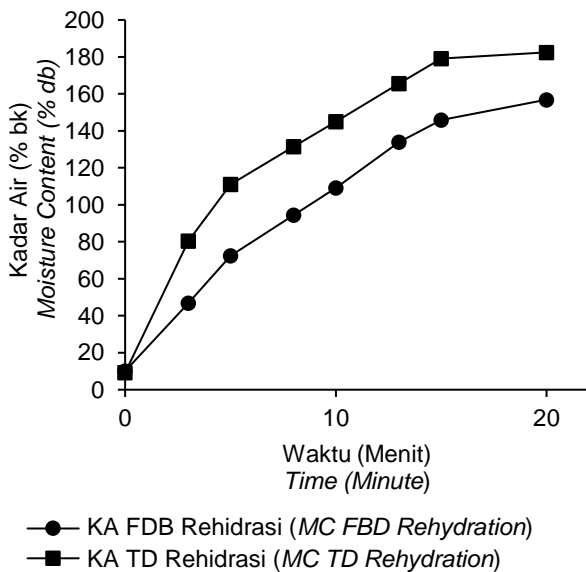
Note: Fresh bay leaves (A), Bay leaves dried with *fluidized bed drier* (40-42°C in 375 minutes) (B), Bay leaves dried with *tray drier* (58-61°C in 300 minutes) (C), Fresh kaffir lime leaves (D), Kaffir lime leaves dried with *fluidized bed drier* (40-42°C in 525 minutes) (E), Kaffir lime leaves dried with *tray drier* (58-61°C in 330 minutes) (F), Fresh pandan leaves (G), Pandan leaves dried with *fluidized bed drier* (40-42°C in 405 minutes) (H), Pandan leaves dried with *tray drier* (58-61°C in 285 minutes) (I)

Gambar 5. Daun salam, daun jeruk purut dan daun pandan
Figure 5. Bay leaves, kaffir lime leaves, and pandan leaves

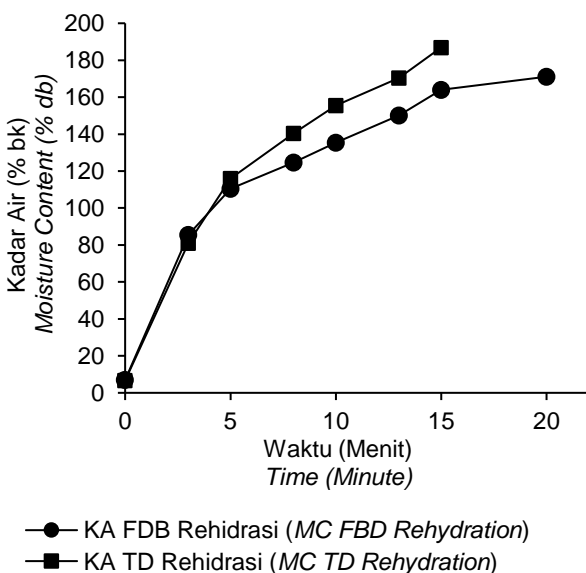
Semua bahan yang diuji terehidrasi secara cepat pada awal proses rehidrasi (Gambar 6, 7 dan 8). Pada rehidrasi daun salam, kadar air basis kering meningkat dari 10,08 hingga 156,85% untuk produk

hasil FBD dan 9,24 hingga 182,46% untuk produk hasil TD. Rehidrasi daun jeruk meningkatkan kadar air basis kering dari 7,01 hingga 171,09% untuk produk hasil FBD dan 6,67 hingga 186,91% untuk

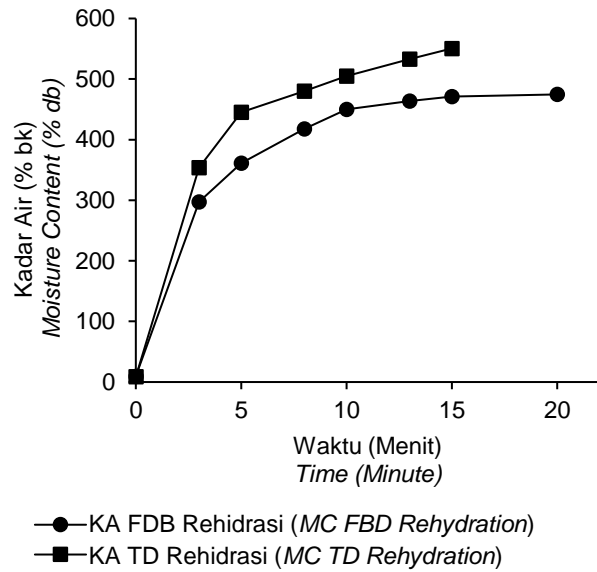
produk hasil TD. Peningkatan tertinggi dimiliki oleh daun pandan yaitu dari 9,61 hingga 474,65% untuk produk hasil FBD dan 8,66 hingga 550,5% untuk produk hasil TD. Penyerapan air terjadi dengan cepat di awal waktu karena minimnya kandungan air yang dimiliki oleh produk setelah proses pengeringan. Kondisi ini sejalan dengan Mujaffar dan Loy (2016) yang menyatakan bahwa daun bayam kering mengalami peningkatan berat yang drastis sampai menit ke-33 rehidrasi.



Gambar 6. Perubahan kadar air daun salam selama proses rehidrasi
 Figure 6. Moisture content changes of bay leaves during rehydration process



Gambar 7. Perubahan kadar air daun jeruk purut selama proses rehidrasi
 Figure 7. Moisture content changes of kaffir lime leaves during rehydration process



Gambar 8. Perubahan kadar air daun pandan selama proses rehidrasi
 Figure 8. Moisture content changes of pandan leaves during rehydration process

Produk rempah daun kering yang dihasilkan oleh pengering TD memiliki rasio rehidrasi yang lebih tinggi dan waktu rehidrasi yang lebih singkat dibandingkan pengering FBD (Tabel 3). Wu *et al.* (2014) menuliskan, waktu pengeringan yang lebih singkat pada produk wortel iris, mengakibatkan lebih sedikit perubahan seluler dan struktural pada bahan. Pengeringan dengan suhu yang lebih tinggi pada waktu yang singkat juga menghasilkan produk akhir yang lebih berpori yang mampu menampung lebih banyak air saat direhidrasi

Mutu sensori

Rerata hasil uji sensori rempah daun yang dikeringkan dengan alat FBD memiliki nilai kesukaan yang lebih tinggi dibandingkan hasil uji rempah daun kering yang dihasilkan TD. Panelis memberikan nilai berturut-turut untuk warna daun salam, daun jeruk dan daun pandan hasil pengeringan FBD adalah 4,93; 5,23; dan 5,0 (agak suka), lebih baik dari hasil pengeringan dengan TD, yaitu 4,97 (agak suka), 4,10 dan 4,17 (netral). Nilai kesukaan panelis untuk aroma daun salam, daun jeruk dan daun pandan berturut-turut 5,27; 5,37; dan 4,97 (agak suka), lebih tinggi dari pengeringan TD sebesar 3,60; 4,10; dan 3,77 (netral). Pada nilai kesukaan *overall*, hasil pengeringan dengan FBD mendapat nilai 4,17 (netral), 5,20 dan 5,07 (agak suka), lebih tinggi dibandingkan dengan hasil TD 3,80; 4,40 (netral); dan 4,63 (netral cenderung agak suka). Hasil uji T menunjukkan semua parameter berbeda nyata antara dua jenis pengering, kecuali pada parameter warna dan *overall* daun salam. Hal ini diduga terjadi akibat panelis yang

mayoritas ibu rumah tangga terbiasa dengan daun salam kering yang dijumpai sehari-hari.

Tingkat kesukaan panelis terhadap parameter warna produk rempah daun kering menunjukkan hasil yang berbeda nyata (Tabel 4). Panelis lebih menyukai produk kering yang dihasilkan alat pengering FBD. Hal ini sejalan dengan penelitian Wastawati dan Marwati (2019) yang mengeringkan manisan tomat, panelis cenderung menyukai bahan yang dikeringkan pada suhu yang rendah dengan waktu pengeringan yang lebih lama karena menghasilkan produk dengan kenampakan fisik yang tidak jauh berbeda dengan produk segar.

Uji T pada parameter aroma menunjukkan hasil yang berbeda nyata. Pada uji hedonik panelis lebih menyukai aroma produk yang dihasilkan FBD. Suhu pengeringan memiliki peran yang penting dalam menjaga komponen volatil pada herba kering setelah proses pengeringan (Thamkaew *et al.*, 2020). Saat pengujian, TD memiliki kisaran suhu pengeringan 58-61°C sedangkan FBD memiliki suhu pengeringan pada kisaran 40-42°C. Thamkaew *et al.* (2020) menuliskan, pengeringan herba menggunakan udara panas dapat menyebabkan kehilangan lebih banyak komponen aromatik, sehingga menurunkan kualitas

aroma pada herba kering dan dapat menyebabkan penurunan minyak esensial dalam jumlah yang besar. Menurut Rubinskiene *et al.* (2015), suhu terbaik untuk menjaga komponen volatil adalah di bawah 50°C.

Pengujian *overall* menunjukkan panelis lebih menyukai produk yang dihasilkan oleh FBD. Pengeringan bahan yang dilakukan pada suhu rendah dengan waktu yang lebih lama menghasilkan produk dengan kerusakan komponen yang minimum. Menurut Babu *et al.* (2018), selama pengeringan dengan udara panas, daun mengalami perubahan fisik, struktural, kimia dan gizi yang dapat memengaruhi atribut kualitas seperti tekstur, warna, rasa dan nilai gizi. Kehilangan bahan aktif akan terus meningkat seiring meningkatnya suhu pengeringan daun.

Preferensi panelis terhadap rempah daun kering yang telah direhidrasi tidak jauh berbeda dengan pengujian produk keringnya. Pada Tabel 5 terlihat panelis cenderung lebih menyukai produk hasil pengeringan dengan alat FBD pada sebagian besar parameter untuk setiap jenis bahan uji baik pada pengujian hedonik maupun pada saat dilakukan uji lanjut.

Tabel 3. Rasio rehidrasi rempah daun
Table 3. Rehydration ratio of herb leaves

Rempah Daun (<i>Herb Leaves</i>)	Waktu Rehidrasi (Menit) (<i>Rehydration Time (Minute)</i>)	Rasio Rehidrasi (<i>Rehydration Ratio</i>)
Daun salam FBD (<i>Bay leaves FBD</i>)	20	2.33±0.06 ^a
Daun salam TD (<i>Bay leaves TD</i>)	20	2.60±0.18 ^b
Daun jeruk purut FBD (<i>Kaffir lime leaves FBD</i>)	20	2.53±0.06 ^a
Daun jeruk purut TD (<i>Kaffir lime leaves TD</i>)	15	2.77±0.05 ^b
Daun pandan FBD (<i>Pandan leaves FBD</i>)	20	5.24±0.28 ^a
Daun pandan TD (<i>Pandan leaves TD</i>)	15	5.98±0.30 ^b

Keterangan: Proses rehidrasi dilakukan dengan air pada kisaran suhu 90-100°C. Huruf yang berbeda di belakang angka menunjukkan hasil yang berbeda nyata pada jenis daun dan parameter uji yang sama pada tingkat kepercayaan 95% dalam uji T

Note: The rehydration process is carried out with water at a temperature 90-100°C. Different letters behind the numbers indicate significantly different results on the same type of leaf and parameters at 95% confidence level in the T-test

Tabel 4. Tingkat kesukaan panelis terhadap produk hasil pengeringan
Table 4. Panelist preference level of dried products

Rempah Daun (<i>Herb Leaves</i>)	Warna (<i>Color</i>)	Aroma (<i>Odor</i>)	Keseluruhan (<i>Overall</i>)
Salam FBD (<i>Bay leaves FBD</i>)	5.50±0.78 ^a	4.83±0.79 ^a	4.83±0.65 ^a
Salam TD (<i>Bay leaves TD</i>)	3.73±0.79 ^b	3.60±0.72 ^b	4.80±0.71 ^a
Jeruk purut FBD (<i>Kaffir lime leaves FBD</i>)	5.80±0.71 ^a	5.80±0.71 ^a	5.80±0.66 ^a
Jeruk purut TD (<i>Kaffir lime leaves TD</i>)	4.17±0.75 ^b	5.03±0.67 ^b	4.83±0.65 ^b
Pandan FBD (<i>Pandan leaves FBD</i>)	5.43±0.50 ^a	5.27±0.74 ^a	5.27±0.58 ^a
Pandan TD (<i>Pandan leaves TD</i>)	4.00±0.74 ^b	3.40±0.81 ^b	3.93±0.74 ^b

Keterangan: Penilaian dilakukan dalam skala 1 (sangat tidak suka) sampai 7 (sangat suka) oleh 35 orang panelis semi terlatih. Huruf yang berbeda di belakang angka menunjukkan hasil yang berbeda nyata pada jenis daun dan parameter uji yang sama pada tingkat kepercayaan 95% dalam uji T

Note: Assessment was carried out on a scale of 1 (totally dislike) to 7 (totally like) by 35 semi-trained panelists. Different letters behind the numbers indicate significantly different results on the same type of leaf and parameters at 95% confidence level in the T-test

Tabel 5. Tingkat kesukaan panelis terhadap produk setelah rehidrasi

Table 5. Panelist preference level of rehydrated products

Rempah Daun (<i>Herb Leaves</i>)	Warna (<i>Color</i>)	Aroma (<i>Odor</i>)	Keseluruhan (<i>Overall</i>)
Salam FBD (<i>Bay leaves FBD</i>)	4.93±0.45 ^a	5.27±0.69 ^a	4.17±0.83 ^a
Salam TD (<i>Bay leaves TD</i>)	4.97±0.56 ^a	3.60±0.81 ^b	3.80±0.85 ^b
Jeruk purut FBD (<i>Kaffir lime leaves FBD</i>)	5.23±0.68 ^a	5.37±0.77 ^a	5.20±0.81 ^a
Jeruk purut TD (<i>Kaffir lime leaves TD</i>)	4.10±0.85 ^b	4.10±0.85 ^b	4.40±0.72 ^b
Pandan FBD (<i>Pandan leaves FBD</i>)	5.00±0.74 ^a	4.97±0.72 ^a	5.07±0.74 ^a
Pandan TD (<i>Pandan leaves TD</i>)	4.17±0.79 ^b	3.77±0.82 ^b	4.63±0.74 ^b

Keterangan: Penilaian dilakukan dalam skala 1 (sangat tidak suka) sampai 7 (sangat suka) oleh 35 orang panelis semi terlatih. Huruf yang berbeda di belakang angka menunjukkan hasil yang berbeda nyata pada jenis daun dan parameter uji yang sama pada tingkat kepercayaan 95% dalam uji T

Note: Assessment was carried out on a scale of 1 (totally dislike) to 7 (totally like) by 35 semi-trained panelists. Different letters behind the numbers indicate significantly different results on the same type of leaf and parameters at 95% confidence level in the T-test

Tingkat kesukaan terhadap warna daun salam yang telah direhidrasi tidak berbeda nyata ($\alpha=0,05$) antara kedua jenis pengering. Friskilla dan Rahmawati (2018) menyebutkan, perebusan daun teh mengakibatkan senyawa flavanol teroksidasi sehingga terbentuk senyawa fenol. Senyawa fenol yang terkena panas akan teroksidasi dan membentuk senyawa kuinon. Oksidasi kuinon lebih lanjut menghasilkan tearubigin yang berwarna merah kekelatan sehingga formulasi teh daun kelor dengan teh hitam yang direbus menjadi tampak lebih gelap. Hal ini juga dapat terjadi karena biasanya penilaian yang dilakukan oleh panelis. Panelis yang mayoritas ibu rumah tangga sudah terbiasa menemui dan menggunakan daun salam dengan warna yang lebih gelap.

Perlakuan rehidrasi dengan air panas memperburuk tampilan daun pandan dan daun jeruk yang zat klorofilnya sudah terlebih dahulu terdegradasi selama masa pengeringan menggunakan TD. Menurunnya komponen aromatik selama proses pengeringan pada suhu yang lebih panas, menyebabkan produk hasil TD yang direhidrasi juga memiliki aroma yang lebih lemah dibandingkan produk hasil FBD. Total fenol yang berperan terhadap aroma daun pandan terdeteksi lebih tinggi (67,42 mg/g) pada pengeringan menggunakan *freeze drier* dibandingkan dengan pengeringan *cabinet drier* pada suhu 40°C yang sebesar 48,87 mg/g (Adhamatika *et al.*, 2021). Pengeringan daun *spearmint* dengan *freeze drier* menghasilkan total fenol 34,6 mg/g lebih tinggi dibandingkan dengan pengering oven sebesar 12,0 mg/g (Orphanides *et al.*, 2013).

KESIMPULAN

Pengeringan menggunakan *fluidized bed drier* dan *tray drier* mampu menghasilkan rempah daun kering dengan kadar air yang sesuai dengan standar (<10%). Pengeringan yang dilakukan dengan *tray drier* pada kisaran suhu 58-61°C menghasilkan rempah daun kering dengan nilai rendemen dan kadar air yang lebih kecil dibandingkan hasil

pengeringan dengan *fluidized bed drier* pada kisaran suhu pengeringan 40-42°C. Model pengeringan lapis tipis model Page dinilai lebih sesuai untuk menggambarkan pengeringan rempah daun dengan kedua jenis pengering. Nilai R² pada model Page lebih mendekati nilai 1 pada setiap jenis pengering (R² antara 0,93-0,99 untuk FBD dan 0,96-0,98 untuk TD) dibandingkan dengan nilai R² pada model Lewis (R² antara 0,89-0,96 untuk FBD dan 0,90-0,95 untuk TD).

Pengeringan pada suhu yang lebih tinggi menyebabkan produk kering yang dihasilkan oleh *tray drier* berwarna lebih gelap dengan struktur daun kering yang lebih menggulung serta memiliki nilai rasio rehidrasi yang lebih tinggi. Panelis lebih menyukai produk yang dikeringkan dengan *fluidized bed drier* baik produk kering ataupun produk yang telah direhidrasi. Perlakuan pendahuluan pada daun seperti pemotongan berpengaruh pada setiap hasil pengujian.

DAFTAR PUSTAKA

- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2021. Ekspor Tanaman Obat, Aromatik, dan Rempah-Rempah menurut Negara Tujuan Utama. <https://www.bps.go.id> [17 Januari 2023].
- [Kemenkes RI] Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. 2017. Farmakope Herbal Indonesia Edisi II. Kemenkes RI, Jakarta.
- Adhamatika A, Murtini ES, Sunarharum WB. 2021. The Effect of Leaf Age and Drying Method on Physico-chemical Characteristics of Pandan (*Pandanus amaryllifolius* Roxb.) Leaves Powder. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 733: 012073. International Conference on Green Agro-industry and Bioeconomy 25 August 2020, Malang, Indonesia. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/733/1/012073>

- Andrea R, Nasution IS, Agustina R. 2019. Perbandingan berbagai model matematika pada pengeringan lapisan tipis belimbing wuluh (*Averhoa belimbi*). J Ilmiah Mahasiswa Pertanian 4: 442-451.
- [AOAC] Association of Official Analytical Chemists. 2012. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists: Official Methods of Analysis of AOAC International. 13th Edition, AOAC, Washington DC.
- Babu AK, Kumaresan G, Raj VAA, Velraj R. 2018. Review of leaf drying: Mechanism and influencing parameters, drying methods, nutrient preservation, and mathematical models. Renew Sustain Energy Rev 90: 536-556. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.04.002>
- Budiarto R, Poerwano R, Santosa E, Efendi D, Agusta A. 2021. Sensory evaluation of the quality of kaffir lime (*Citrus hystrix* dc.) leaves exposed to different postharvest treatments. J Tropical Crop Sci 8: 71-79. <https://doi.org/10.29244/jtcs.8.02.71-79>
- Dharma MA, Nocianetri KA, Yusasrini NLA. 2020. Pengaruh metode pengeringan simplisia terhadap kapasitas antioksidan wedang uwuh. J Ilmu Teknologi Pangan 9: 88-95. <https://doi.org/10.24843/itepa.2020.v09.i01.p11>
- Erni F, Kadirman, Fadilah R. 2018. Pengaruh suhu dan lama pengeringan terhadap sifat kimia dan organoleptik tepung umbi talas (*Colocasia esculenta*). J Pendidikan Teknol Pertanian 4: 95-105.
- Friskilla Y, Rahmawati. 2018. Pengembangan minuman teh hitam dengan daun kelor (*Moringa oleifera* L) sebagai minuman menyegarkan. J Industri Kreatif dan Kewirausahaan 1: 23-32. <https://doi.org/10.36441/kewirausahaan.v1i1.53>
- Handoyo DLP, Pranoto ME. 2020. Pengaruh variasi suhu pengeringan terhadap pembuatan simplisia daun mimba (*Azadirachta indica*). J Farmasi Tinctura 1: 45-54. <https://doi.org/10.35316/tinctura.v1i2.988>
- Hasizah A, Djalal M, Mochtar AA, Salengke S. 2022. Fluidized bed drying characteristics of moringa leaves and the effects of drying on macronutrients. Food Sci Technol 42: 1-11. <https://doi.org/10.1590/fst.103721>
- Indrasti D, Andarwulan N, Purnomo EH, Wulandari N. 2018. Stability of chlorophyll as natural colorant: a review for suji (*Dracaena angustifolia* (medik.) Roxb.) leaves' case. Curr Res Nutr Food Sci 6: 609-625. <https://doi.org/10.12944/CRNFSJ.6.3.04>
- Kaushal P, Sharma HK. 2013. Convective dehydration kinetics of noodles prepared from taro (*Colocasia esculenta*), rice (*Oryza sativa*) and pigeonpea (*Cajanus cajan*) flours. Agric Eng Int 15: 202-212.
- Lagawa INC, Kencana PKD, Aviantara IGNA. 2020. Pengaruh waktu pelayuan dan suhu pengeringan terhadap karakteristik teh herbal daun bambu tabah (*Gigantochloa nigrociliata* BUSE-KURZ). J Beta (Biosistem Teknik Pertanian) 8: 223-230. <https://doi.org/10.24843/JBETA.2020.v08.i02.p05>
- Mardiah, Zakaria FR, Prangdimurti E, Damanik R. 2015. Perubahan kandungan kimia sari rosela merah dan ungu (*Hibiscus sabdariffa* L.) hasil pengeringan menggunakan cabinet dryer dan fluidized bed dryer. J Teknol Industri Pertanian 25: 1-7.
- Mbegbu NN, Nwajinka CO, Amaefule DO. 2021. Thin layer drying models and characteristics of scent leaves (*Ocimum gratissimum*) and lemon basil leaves (*Ocimum africanum*). Heliyon 7: e05945. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e05945>
- Muhandri T, Yulianti SD, Herliyana EN. 2017. Karakteristik pengeringan jamur tiram (*Pleurotus ostreatus* var. *florida*) menggunakan pengering tipe *fluidized bed drier*. Agritech 37: 420-427. <https://doi.org/10.22146/agritech.10619>
- Mujaffar S, Loy AL. 2017. The rehydration behavior of microwave-dried amaranth (*Amaranthus dubius*) leaves. Food Sci Nutr 5: 399-406. <https://doi.org/10.1002/fsn3.406>
- Nurmuliana E, Jamaluddin, Mustarin A. 2022. Model matematika lapisan tipis pengeringan buah mahkota dewa (*Phaleria macrocarpa*). J Pendidikan Teknol Pertanian 8: 57-70. <https://doi.org/10.26858/jptp.v8i1.21675>
- Orphanides A, Goulas V, Gekas V. 2013. Effect of drying method on the phenolic content and antioxidant capacity of spearmint. Czech J Food Sci 31: 509-513. <https://doi.org/10.17221/526/2012-CJFS>
- Pratama BP, Pranoto Y, Supriyadi, Swasono RT. 2022. The properties of salam leaf extract (*Syzygium polyanthum*) with different solvent ratio and processing time using ultrasonication-assisted extraction method. J Appl Sci Eng 26: 581-587.
- Raviteja G, Champawat PS, Jain SK, Chavan S. 2019. Drying characteristics of mint leaves in tray dryer. Int J Curr Microbiol App Sci 8: 543-551. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2019.803.066>

- Razak NA, Shaari AR, Simbas AFN, Abdullah S. 2014. Effect of initial leaf moisture content on the herbal quality parameter of *Orthosiphon stamineus* dried leaf during storage. *Int J Agric Innov Res* 2: 1131-1135.
- Rubinskienė M, Viškelis P, Dambrauskienė E, Viškelis J, Karklelienė R. 2015. Effect of drying methods on the chemical composition and colour of peppermint (*Mentha piperita* L.) leaves. *Zemdirbyste-Agriculture* 102: 223-228. <https://doi.org/10.13080/z-a.2015.102.029>
- Samad NA, Jusoh YMM, Yunus NA, Muhamad II, Dailin DJ, Zainol N, Zaidel DNA. 2023. Drying behavior of *Moringa oleifera* leaves using tray dryer. *J Adv Res Fluid Mechanics Thermal Sci* 105: 182-191. <https://doi.org/10.37934/arfmts.105.2.182191>
- Silaen S. 2021. Pengaruh transpirasi tumbuhan dan komponen di dalamnya. *Agroprimattech* 5: 14-20. <https://doi.org/10.34012/agroprimattech.v5i1.2081>
- Suaidah F, Taruna I. 2021. Potential of Microwave Drying Technology for Increase Drying Rate and Physical Quality of Kaffir Lime (*Citrus hystrix* DC) Leaves. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 924: 012045. International Conference on Green Agro-industry and Bioeconomy 6-7 July 2021, Malang, Indonesia. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/924/1/012045>
- Thamkaew G, Sjöholm I, Galindo FG. 2021. A review of drying methods for improving the quality of dried herbs. *Crit Rev Food Sci Nutr* 61: 1763-1786. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1765309>
- Tobing ANL, Darmanti S, Hastuti ED, Izzati M. 2018. Struktur anatomi daun mangrove api-api putih [*Avicennia marina* (forsk.) vierh] di Pantai Mangunharjo, Semarang. *Buletin Anatomi dan Fisiologi* 6: 96-103. <https://doi.org/10.14710/baf.6.1.2021.96-103>
- Turan OY, Firatligil FE. 2019. Modelling and characteristics of thin layer convective air-drying of thyme (*Thymus vulgaris*) leaves. *Czech J Food Sci* 37: 128-134. <https://doi.org/10.17221/243/2017-CJFS>
- Wastawati, Marwati. 2019. Pengaruh suhu dan lama pengeringan terhadap sifat kimia dan sensoris manisan kering buah tomat (*Lycopersicon commune* L.). *J Tropical AgriFood* 1: 41-47. <https://doi.org/10.35941/jtaf.1.1.2019.2412.41-47>
- Widyasanti A, Sudaryanto, Arini R, Asgar A. 2018. Pengaruh suhu terhadap karakteristik fisikokimia dan optik brokoli selama proses pengeringan vakum dengan tekanan 15cmHg. *J Teknol Pertanian Andalas* 22: 45-51. <https://doi.org/10.25077/jtpa.22.1.44-51.2018>
- Winangsih, Prihastanti E, Parman S. 2013. Pengaruh metode pengeringan terhadap kualitas simplisia lempuyang wangi (*Zingiber aromaticum* L.). *Bul Anatomi Fisiologi* 21: 19-25.
- Wu B, Ma H, Qu W, Wang B, Zhang X, Wang P, Wang J, Atungulu GG, Pan Z. 2014. Catalytic infrared and hot air dehydration of carrot slices. *J Food Process Eng* 37: 111-121. <https://doi.org/10.1111/jfpe.12066>
- Yulni T, Hasbullah R, Nelwan LO. 2017. Kajian pengeringan dan pendugaan umur simpan seledri pada berbagai bahan kemasan fleksibel. *J Keteknikan Pertanian* 5: 145-152. <https://doi.org/10.19028/jtep.05.2.145-152>