

jTEP

JURNAL KETEKNIKAN PERTANIAN

P-ISSN No. 2407-0475 E-ISSN No. 2338-8439

Vol. 5, No.2, Agustus 2017



Publikasi Resmi
Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia
(Indonesian Society of Agricultural Engineering)
bekerjasama dengan
Departemen Teknik Mesin dan Biosistem - FATETA
Institut Pertanian Bogor



Jurnal Keteknikan Pertanian (JTEP) terakreditasi berdasarkan SK Dirjen Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Ristek Dikti Nomor I/E/KPT/2015 tanggal 21 September 2015. Selain itu, JTEP juga telah terdaftar pada Crossref dan telah memiliki Digital Object Identifier (DOI) dan telah terindeks pada ISJD, IPI, Google Scholar dan DOAJ. Mulai edisi ini redaksi memandang perlu untuk meningkatkan nomor penerbitan dari dua menjadi tiga kali setahun yaitu bulan April, Agustus dan Desember berisi 12 naskah untuk setiap nomornya. Hal ini dimaksudkan untuk mengurangi masa tunggu dengan tidak menurunkan kualitas naskah yang dipublikasikan. Jurnal berkala ilmiah ini berkiprah dalam pengembangan ilmu keteknikan untuk pertanian tropika dan lingkungan hayati. Penulis makalah tidak dibatasi pada anggota **PERTETA** tetapi terbuka bagi masyarakat umum. Lingkup makalah, antara lain: teknik sumberdaya lahan dan air, alat dan mesin budidaya pertanian, lingkungan dan bangunan pertanian, energi alternatif dan elektrifikasi, ergonomika dan elektronika pertanian, teknik pengolahan pangan dan hasil pertanian, manajemen dan sistem informasi pertanian. Makalah dikelompokkan dalam *invited paper* yang menyajikan isu aktual nasional dan internasional, *review* perkembangan penelitian, atau penerapan ilmu dan teknologi, *technical paper* hasil penelitian, penerapan, atau diseminasi, serta *research methodology* berkaitan pengembangan modul, metode, prosedur, program aplikasi, dan lain sebagainya. Penulisan naskah harus mengikuti panduan penulisan seperti tercantum pada website dan naskah dikirim secara elektronik (*online submission*) melalui <http://journal.ipb.ac.id/index.php/jtep>.

Penanggungjawab:

Ketua Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia
Ketua Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB

Dewan Redaksi:

Ketua : Wawan Hermawan (Scopus ID: 6602716827, Institut Pertanian Bogor)
Anggota : Asep Sapei (Institut Pertanian Bogor)
Kudang Boro Seminar (Scopus ID: 54897890200, Institut Pertanian Bogor)
Daniel Saputra (Scopus ID: 6507392012, Universitas Sriwijaya - Palembang)
Bambang Purwantana (Universitas Gadjah Mada - Yogyakarta)
Yohanes Aris Purwanto (Scopus ID: 6506369700, Institut Pertanian Bogor)
Muhammad Faiz Syuaib (Scopus ID: 55368844900, Institut Pertanian Bogor)
Salengke (Scopus ID: 6507093353, Universitas Hasanuddin - Makassar)
I Made Anom Sutrisna Wijaya (Scopus ID: 56530783200, Universitas Udayana - Bali)

Redaksi Pelaksana:

Ketua : Rokhani Hasbullah (Scopus ID: 55782905900, Institut Pertanian Bogor)
Sekretaris : Lenny Saulia (Scopus ID: 16744818700, Institut Pertanian Bogor)
Bendahara : Hanim Zuhrotul Amanah (Universitas Gadjah Mada - Yogyakarta)
Anggota : Dyah Wulandani (Scopus ID: 1883926600, Institut Pertanian Bogor)
Usman Ahmad (Scopus ID: 55947981500, Institut Pertanian Bogor)
Satyanto Krido Saptomo (Scopus ID: 6507219391, Institut Pertanian Bogor)
Slamet Widodo (Scopus ID: 22636442900, Institut Pertanian Bogor)
Liyantono (Scopus ID: 54906200300, Institut Pertanian Bogor)
Administrasi : Diana Nursolehat (Institut Pertanian Bogor)

Penerbit: Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia (PERTETA) bekerjasama dengan Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor.

Alamat: Jurnal Keteknikan Pertanian, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Kampus Institut Pertanian Bogor, Bogor 16680.
Telp. 0251-8624 503, Fax 0251-8623 026,
E-mail: jtep@ipb.ac.id atau jurnaltep@yahoo.com
Website: web.ipb.ac.id/~jtep atau <http://journal.ipb.ac.id/index.php/jtep>

Rekening: BRI, KCP-IPB, No.0595-01-003461-50-9 a/n: Jurnal Keteknikan Pertanian

Percetakan: PT. Binakerta Makmur Saputra, Jakarta

Ucapan Terima Kasih

Redaksi Jurnal Keteknikan Pertanian mengucapkan terima kasih kepada para Mitra Bebestari yang telah menelaah (me-review) Naskah pada penerbitan Vol. 5 No. 2 Agustus 2017. Ucapan terima kasih disampaikan kepada: Prof.Dr.Ir. Sutrisno, M.Agr (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor), Prof. Dr. Ir. Kamaruddin Abdullah, IPU. (Fakultas Teknologi Kelautan, Universitas Darma Persada), Dr. Yudi Chadirin, STP.,M.Agr (Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Pertanian Bogor), Dr.Ir. Edward Saleh, MS (Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya), Dr. Ir. Yandra Arkeman, M.Eng (Departemen Teknologi Industri Pertanian, Institut Pertanian Bogor), Dr. Ir. Agus Buono, MSi, MKom (Departemen Ilmu Komputer, Institut Pertanian Bogor), Dr. Ery Suhartanto, ST.,MT (Jurusan Teknik Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya), Prof.Dr.Ir.Hj. Nurpilihan Bafdal, MSc (Fakultas Teknologi Industri Pertanian, Universitas Padjadjaran), Dr.Ir. Satyanto Krido Saptomo, STP.,M. Si (Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Pertanian Bogor), Dr.Ir. Yohanes Aris Purwanto, M.Sc (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor), Dr.Ir. Lilik Pujantoro Eko Nugroho, M.Agr (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor), Prof.Dr.Ir. Thamrin Latief, M.Si (Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya), Asri Widyasanti, STP.,M.Eng (Fakultas Teknologi Industri Pertanian, Universitas Padjadjaran), Prof.Dr.Ir. Daniel Saputra, MS (Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya), Dr.Ir. I Dewa Made Subrata, M.Agr (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor), Prof.Dr.Ir. I Made Anom Sutrisna Wijaya, M.App., Sc., Ph.D. (Jurusan Teknik Pertanian, Universitas Udayana), Dr.Ir. I Wayan Budiastara, M.Agr (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor), Dr. Kurniawan Yuniarto, STP.,MP (Fakultas Teknologi Pangan dan Agroindustri Universitas Mataram), Dr.Ir. Sugiarto, MSi (Departemen Teknologi Industri Pertanian, Institut Pertanian Bogor), Dr.Ir. Dyah Wulandani, M.Si Agr (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor), Dr.Ir. Leopold Oscar Nelwan, MSi (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor).

Technical Paper

Kajian Pengeringan dan Pendugaan Umur Simpan Seledri pada Berbagai Bahan Kemasan Fleksibel

Study on Drying and Shelf Life Prediction of Celery in Various of Flexible Material Packaging

Tri Yulni, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor Email: triyulni@gmail.com

Rokhani Hasbullah, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor.

Email: rokhani.h@gmail.com

Leopold Oscar Nelwan Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor

Email: lonelwan@yahoo.com

Abstract

Celery is a perishable horticultural product due to its high water content. This condition leads to a short durability of the celery, thus efforts to prolong its shelf life are required. This study aimed at studying the effects of immersion in sodium metabisulphite and drying temperature on the quality of dried celery leaves, and determining its shelf life using acceleration method based on critical moisture content approach. The results showed that soaking treatment using solution of sodium metabisulphite prior to drying process was able to maintain the dried celery leaves qualities, which resulted in higher chlorophyll content, lower apparent density, higher rehydration ratio, and higher VRS (volatile reducing substance) in comparison without soaking treatment. Moreover chlorophyll content, apparent density, volatile reducing substance (VRS), and rehydration behaviours were affected by the drying temperature. Shelf life of dried celery leaves based on critical moisture content approach represented in linear low density polyethylene (LLDPE) plastic, polypropylene (PP), and aluminium foil oriented polypropylene (OPP) were 30, 51, and 790 days, respectively.

Keywords: *apparent density, moisture content, chlorophyll, rehydration ratio, volatile*

Abstrak

Seledri merupakan produk hortikultura yang mudah rusak karena memiliki kandungan air yang tinggi. Kondisi ini menyebabkan seledri tidak tahan lama disimpan sehingga diperlukan penanganan untuk memperpanjang umur simpannya. Tujuan penelitian ini adalah mengkaji pengaruh perendaman dalam larutan natrium metabisulfid dan suhu pengeringan terhadap mutu daun seledri kering dan menentukan umur simpan daun seledri kering berdasarkan metode akselerasi dengan pendekatan kadar air kritis. Hasil penelitian menunjukkan perendaman dalam larutan natrium metabisulfid sebelum pengeringan mampu mempertahankan mutu daun seledri kering, dimana dihasilkan kandungan klorofil lebih tinggi, densitas kamba lebih rendah, rasio rehidrasi lebih tinggi, serta kandungan VRS lebih tinggi dibandingkan seledri tanpa perlakuan perendaman. Selain kandungan klorofil, nilai densitas kamba, VRS, dan rasio rehidrasi dipengaruhi oleh suhu pengeringan. Umur simpan seledri berdasarkan metode akselerasi dengan pendekatan kadar air kritis didapat dalam kemasan LLDPE, PP, dan *aluminium foil* OPP berturut-turut adalah 30, 51, dan 790 hari.

Kata kunci: densitas kamba, kadar air, klorofil, rasio rehidrasi, volatil

Diterima: 30 Juni 2016; Disetujui: 31 Mei 2017

Latar Belakang

Seledri merupakan sayuran daun yang biasa digunakan sebagai bumbu masakan dengan aroma khas yang berasal dari senyawa *phtalide* (Sellami *et al.* 2012) dan memiliki kandungan air yang tinggi, 85.66% (Rachmat *et al.* 2005). Kandungan air yang

tinggi sangat cocok untuk tempat pertumbuhan mikroorganisme sehingga seledri tidak tahan lama disimpan. Upaya untuk memperpanjang umur simpan seledri dapat dilakukan dengan pengeringan dan pengemasan. Pengeringan bertujuan membuang air dari bahan sampai kadar air dimana pertumbuhan mikroorganisme

dan reaksi kimia penyebab kebusukan dapat diminimalkan. Bersamaan dengan terjadinya pengeringan, bahan yang dikeringkan juga mengalami perubahan yang dapat menurunkan mutu akibat dari proses pengeringan itu sendiri dan juga akibat perajangan yang merusak jaringan. Selama proses pengeringan, suhu merupakan faktor yang paling berpengaruh terhadap laju pengeringan dibandingkan dengan kelembaban relatif (RH) dan kecepatan aliran udara pengering (Krokida et al. 2003). Metabolisme jaringan yang rusak akibat perajangan dapat dihentikan dengan perlakuan pra pengeringan (*pretreatment*), selain itu *pretreatment* juga meminimalkan penurunan mutu selama pengeringan (Lewicki 1998).

Pengemasan dilakukan untuk membatasi interaksi faktor-faktor eksternal yang akan mempercepat kerusakan mutu sehingga umur simpan seledri dapat diperpanjang. Selain itu, dari sisi ekonomi harus dipertimbangkan jenis kemasan yang digunakan sehingga dapat menekan biaya pengemasan. Untuk itu perlu diketahui umur simpan seledri kering dalam berbagai kemasan sehingga dari sisi mutu dan biaya dapat dipilih kemasan yang tepat.

Penelitian ini bertujuan mengkaji pengaruh perendaman larutan natrium metabisulfid sebagai *pretreatment* dan suhu pengeringan terhadap mutu daun seledri kering serta menentukan umur simpan daun seledri kering berdasarkan metode akselerasi dengan pendekatan kadar air kritis.

Bahan dan Metode

Bahan

Bahan baku utama yang digunakan adalah seledri varietas *secalinum* dari Cipanas Jawa Barat sebanyak 12 kg. Beberapa bahan kimia digunakan dalam penelitian ini, yaitu: natrium metabisulfid, aquades, KmnO_4 , H_2SO_4 , KI, natrium tiosulfat, dan aseton. Untuk pengemasan digunakan plastik LLDPE 80 μm , polipropilen (PP) 80 μm , serta *aluminium foil* OPP 90 μm .

Prosedur Pengeringan Daun Seledri

Seledri segar disortasi untuk memisahkan daun dan batang untuk diambil bagian daunnya. Daun seledri dirajang ± 5 mm kemudian dilakukan *pretreatment* dengan perendaman dalam larutan natrium metabisulfid 500 ppm selama 30 menit dan tanpa perendaman sebagai kontrol. Sebagian sampel diambil untuk pengukuran kadar air awal. Kemudian 120 g daun seledri dalam satu rak untuk masing-masing perlakuan dikeringkan menggunakan pengering tipe rak pada suhu 40, 50, dan 60 °C. Suhu dikontrol menggunakan termokopel yang direkam oleh *Chino Recorder Yokogawa* tipe 3058. Setiap satu jam ditimbang sampel untuk dihitung kadar airnya. Proses pengeringan berakhir

setelah kadar air hasil perhitungan di bawah 10.71% bb (Roman dan Hensel 2010). Setelah dikeringkan seledri didiamkan sekitar 5 menit yang kemudian disimpan di dalam desikator pada suhu ruang selama satu hari untuk kemudian dilakukan analisis mutu yang meliputi: kadar air, klorofil, densitas kamba, rasio rehidrasi, dan VRS.

Analisis Mutu

Pengukuran Kadar Air (AOAC 1995)

Cawan aluminium dikeringkan dalam oven 105 °C selama 15 menit. Cawan kemudian dimasukkan ke desikator 10 menit, timbang (a). Sampel ± 5 g dimasukkan ke cawan kemudian ditimbang (b). Lakukan pengeringan dengan oven 105 °C hingga massa konstan, kemudian didinginkan dalam desikator, lalu timbang (c). Kadar air dapat dihitung menggunakan Persamaan (1).

$$\text{Kadar air (\% bb)} = \frac{(b - a) - (c - a)}{(b - a)} \quad (1)$$

Pengukuran Densitas Kamba (Muchtadi dan Sugiyono 1992)

Gelas ukur 50 ml ditimbang (a g), lalu sampel dimasukkan ke dalam gelas ukur sampai tanda tera, kemudian timbang (b g). Densitas kamba (ρ_a) dihitung dengan Persamaan (2).

$$\rho_a = \frac{(b - a)g}{50 \text{ ml}} \quad (2)$$

Pengukuran Rasio Rehidrasi (Abbasi et al. 2011)

Rasio rehidrasi (RR) dari sampel kering dilakukan dengan merendam sampel kering (Mo) dalam air panas 100 °C selama 10 menit. Sampel kemudian dikering-anginkan dan ditimbang (M). Rasio rehidrasi dihitung dengan Persamaan (3).

$$RR = \frac{M(g)}{Mo(g)} \quad (3)$$

Pengukuran Kandungan Klorofil (Sims dan Gamon 2002)

Pengukuran kandungan klorofil dilakukan dengan menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 537, 647, dan 663 nm. Sebanyak 2 ml aseton disiapkan dalam tabung reaksi 25 ml. Sampel daun seledri ditimbang sebanyak 0.004 ± 0.0005 g, kemudian dimasukkan ke dalam tabung reaksi. Ekstrak larutan berwarna hijau yang diperoleh, dibaca dengan spektrofotometer. Kandungan klorofil a (Chl_a) dan b (Chl_b) dihitung berdasar Persamaan (4) dan (5), kemudian dijumlahkan untuk mendapatkan kadar klorofil total.

$$Chl_a = 0.01373 A_{663} - 0.000897 A_{537} - 0.003046 A_{647} \quad (4)$$

$$Chl_b = 0.02405 A_{647} - 0.004305 A_{537} - 0.005507 A_{663} \quad (5)$$

Tabel 1 Konstanta permeabilitas uap air (k/x) masing-masing kemasan

Kemasan	WVTR (g H ₂ O mm m ⁻² hari ⁻¹)	k/x (g H ₂ O m ⁻² hari ⁻¹ mmHg)
PP 80 μ m	0.276 ^a	0.136
Kombinasi		
Aluminium foil 90 μ m	-	0.010 ^b
OPP 90 μ m	0.161 ^a	0.071
LLDPE 80 μ m	0.473 ^a	0.233

^a Pengujian dilakukan pada 38 °C dan RH 50% (Tock 1983)

^b Pengujian dilakukan pada 23 °C dan RH 85% (Lamberti dan Escher 2007)

Pengukuran VRS (Volatile Reducing Substance) (Farber dan Ferro 1956)

Sampel 1 g dimasukkan ke labu aerasi VRS apparatus, tambahkan 10 ml air destilata dan 10 ml KmnO₄. Setelah 40 menit, segera tambahkan 5 ml H₂SO₄ 6 N dan 3 ml KI 20%. Isi labu reaksi kemudian dituangkan ke dalam erlenmeyer. Titrasi dilakukan dengan natrium tiosulfat dengan normalitas (N) 0.02 N hingga terbentuk warna kuning. Indikator kanji ditambahkan pada akhir penetrasi. Titrasi dihentikan apabila warna biru hilang. Hal yang sama juga dilakukan terhadap blanko, kemudian dihitung kadar VRS dengan Persamaan (6), dimana a merupakan volume titran yang digunakan untuk mentitrasi blanko dan b volume titran yang digunakan.

$$VRS (mEq g^{-1}) = \frac{(a - b) \times N \times 1000}{\text{gram contoh}} \quad (6)$$

Rancangan Percobaan

Rancangan percobaan yang digunakan adalah rancangan acak lengkap petak terpisah (*split-plot* RAL) dengan perlakuan prapengeringan sebagai anak petak dan suhu pengeringan sebagai petak utama. Perlakuan prapengeringan terdiri atas dua taraf, yaitu perendaman dalam larutan natrium metabisulfid 500 ppm yang mengandung asam sulfid 300 ppm selama 30 menit (Andarwulan *et al.* 1992) dan tanpa perendaman. Suhu pengeringan terdiri atas tiga taraf, yaitu: 40, 50, dan 60 °C. Model linier rancangan percobaan yang digunakan terdapat pada Persamaan (7). Data dianalisis dengan analisis keragaman (ANOVA) dan apabila berpengaruh dilakukan uji lanjut dengan uji selang berganda Duncan pada taraf 5%.

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + \delta_{jk} + B_j + (AB)_{ij} + \varepsilon_{ijk} \quad (7)$$

Dimana:

$$i = 1, 2; \quad j = 1, 2, 3; \quad k = 1, 2, 3.$$

Y_{ijk} = Pengamatan pada *pretreatment* ke i, suhu pengeringan ke j, dan ulangan ke k.

μ = Rataan umum.

A_i = Pengaruh *pretreatment* taraf ke i.

B_j = Pengaruh suhu pengeringan taraf ke j.

$(AB)_{ij}$ = Komponen interaksi dari *pretreatment* ke i dan suhu pengeringan ke j.

δ_{jk} = Komponen acak dari suhu pengeringan ke j dan ulangan ke k.

ε_{ijk} = Pengaruh galat dari *pretreatment* ke i, suhu pengeringan ke j, dan ulangan ke k.

Pendugaan Umur Simpan

Pendugaan umur simpan daun seledri kering menggunakan metode pendekatan kadar air kritis. Parameter yang dibutuhkan, yaitu: kadar air awal (M_0), kadar air kritis (M_c), konstanta permeabilitas kemasan (k/x), luas kemasan (A), massa padatan (W_s), kemiringan kurva (b), kadar air kesetimbangan (M_e), dan tekanan uap murni pada suhu penyimpanan (P_0).

Penentuan M_c mengikuti metode yang digunakan oleh Kusnandar *et al.* (2010) dimana bahan disimpan terlebih dahulu di suhu kamar pada ruangan terbuka tanpa kemasan (RH 75-80%). Selama penyimpanan dilakukan uji hedonik oleh panelis (15 orang) setiap jam. Pengujian dilakukan dengan meremas daun seledri kering hingga kerenyahan mulai hilang atau daun seledri kering mulai lembab. Skala penilaian berkisar antara 1 hingga 7, dimana 1 menunjukkan skala sangat tidak suka dan skor 7 menunjukkan sangat suka. Selain uji hedonik, juga dilakukan pengukuran kadar air dengan metode *oven*. Kadar air kritis dihitung pada saat skor kerenyahan panelis bernilai 3 (agak tidak suka) berdasarkan persamaan regresi linier yang didapat.

Nilai k/x dari plastik LLDPE, PP, serta kombinasi aluminium foil dan OPP diperoleh dari literatur yang disajikan pada Tabel 1. Nilai konstanta permeabilitas uap air diperoleh dengan membagi laju transmisi uap air (WVTR) dengan hasil perkalian tekanan uap air murni pada suhu pengujian dengan nilai RH. A merupakan luasan total dari kedua muka kemasan primer yang digunakan untuk mengemas daun seledri kering. Massa daun seledri kering dalam satu kemasan ditimbang dan dikoreksi dengan nilai M_0 untuk mendapatkan massa padatannya (W_s).

Nilai b dan M_e didapat dari kurva sorpsi isotermin air daun seledri. Roman dan Hensel (2010) telah melaporkan sorpsi isotermin air daun seledri dan mendapatkan model yang paling tepat adalah modifikasi model Peleg yang dapat dilihat pada Persamaan (8) yang berlaku untuk suhu udara 25 hingga 50 °C. Kemiringan kurva (b) dilakukan

Tabel 2 Waktu pengeringan (t) dan kadar air daun seledri

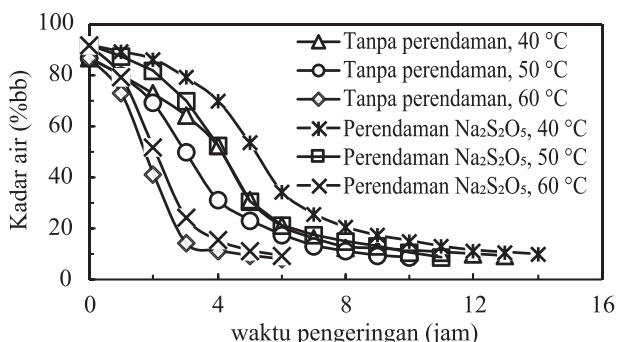
Pretreatment	Suhu pengeringan (°C)	Kadar air awal (% bb)	Kadar air akhir (% bb)
Tanpa perendaman	40	86.78 ± 0.30	9.54 ± 0.15
	50	86.78 ± 0.30	8.51 ± 0.04
	60	86.78 ± 0.30	8.52 ± 0.12
Perendaman Na ₂ S ₂ O ₅	40	91.56 ± 0.16	10.18 ± 0.02
	50	91.56 ± 0.16	9.29 ± 0.14
	60	91.56 ± 0.16	8.61 ± 0.11

dengan membuat regresi linier dari titik kadar air awal sampai titik kadar air kritis pada kurva model sorpsi isotermi air (Sugiyono et al. 2010).

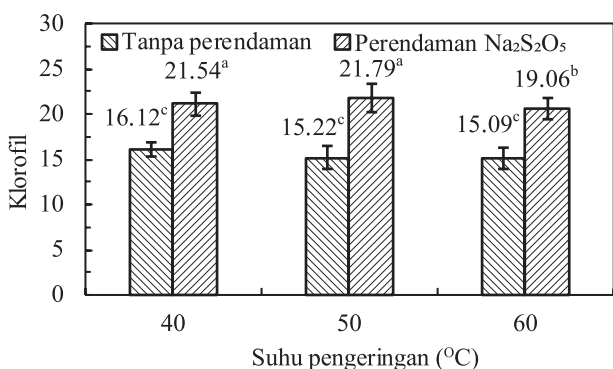
$$M = (0.5006 + 0.0052 T) RH^{4.5595} + (0.1299 - 0.0013 T) RH^{0.2102} \quad (8)$$

Umur simpan (t) ditentukan pada suhu penyimpanan 25 °C dan RH 60% (aktivitas air 0.6) menggunakan Persamaan (9) oleh Labuza (1982).

$$t = \frac{\ln \left(\frac{Me - Mo}{Me - Mc} \right)}{\frac{k}{x} \left(\frac{A}{Ws} \right) \frac{Po}{b}} \quad (9)$$



Gambar 1. Penurunan kadar air daun seledri selama pengeringan.



Gambar 2. Kandungan klorofil daun seledri dengan perlakuan perendaman Na₂S₂O₅ dan suhu pengeringan (angka-angka yang diikuti oleh huruf superskrip yang sama tidak berbeda nyata pada taraf uji 5% (uji selang berganda Duncan)).

Hasil dan Pembahasan

Penurunan Kadar Air Selama Pengeringan

Kadar air daun seledri kering dengan pretreatment dan suhu pengeringan yang berbeda disajikan pada Tabel 2 dengan nilai berkisar 8.51 hingga 10.18% bb. Hasil ini sesuai dengan yang dilaporkan Roman dan Hensel (2010), daun seledri kering harus disimpan dengan kadar air maksimum 10.71% bb pada suhu 25 °C.

Suhu pengeringan yang lebih tinggi mempercepat waktu pengeringan (Gambar 1), sedangkan perendaman dalam larutan natrium metabisulfit memperlambat pengeringan dikarenakan kadar air daun seledri sebelum pengeringan bertambah sebagai akibat perendaman.

Pengaruh Perendaman Natrium Metabisulfit dan Suhu Pengeringan terhadap Klorofil

Daun seledri cenderung memiliki kandungan klorofil yang semakin menurun dengan meningkatnya suhu pengeringan (Gambar 2). Namun, berdasarkan analisis keragaman dan uji lanjut Duncan suhu tidak berpengaruh nyata terhadap klorofil. Suhu yang lebih tinggi menyebabkan klorofil terdegradasi membentuk turunannya, pada 60 °C aktivitas enzim klorofilase meningkat yang mengubah klorofil menjadi klorofilida yang lebih rentan kehilangan magnesium sehingga menyebabkan terbentuknya feoforbida yang berwarna cokelat zaitun (Hutchings 1994). Hal inilah yang menyebabkan produk yang dikeringkan dengan suhu lebih tinggi kehilangan klorofil lebih banyak, meskipun hasil uji selang berganda Duncan tidak berbeda nyata. Namun, pada daun seledri yang direndam dalam larutan natrium metabisulfit dan dikeringkan pada suhu 50 °C memiliki kandungan klorofil yang lebih tinggi dibandingkan dengan daun seledri kering yang dikeringkan pada suhu 40 °C dengan pretreatment yang sama. Hal ini dikarenakan pengeringan pada suhu 50 °C berlangsung lebih cepat (11 jam) dibandingkan pada suhu 40 °C (14 jam).

Uji lanjut Duncan menunjukkan bahwa klorofil seledri yang direndam dalam natrium metabisulfit berbeda nyata terhadap seledri tanpa perendaman. Perendaman dalam larutan natrium metabisulfit pada daun seledri mampu mempertahankan kandungan klorofil dikarenakan sulfur dioksida

dalam natrium metabisulfit mampu menghambat reaksi enzimatik dan nonenzimatik penyebab pencoklatan (Ough 1993).

Pengaruh Perendaman Natrium Metabisulfit dan Suhu Pengeringan terhadap Densitas Kamba

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan terjadi interaksi antara perendaman dalam larutan natrium metabisulfit dan suhu pengeringan dan uji selang berganda Duncan pada taraf 5% menunjukkan bahwa kedua faktor tersebut memiliki pengaruh nyata terhadap densitas kamba. Densitas kamba mengalami penurunan dengan meningkatnya suhu pengeringan (Gambar 3). Suhu pengeringan yang tinggi menyebabkan bahan menjadi kurang padat yang berkaitan dengan penyusutan selama penguapan air (Sablani *et al.* 2007). Penyusutan menyebabkan ukuran partikel mengecil karena berkurangnya volume kosong diantara partikel sehingga menghasilkan densitas kamba yang besar (Littlefield *et al.* 2011). Selain suhu pengeringan, lamanya pengeringan juga mempengaruhi densitas kamba. Pengeringan yang paling lama (13 dan 14 jam) pada suhu pengeringan 40 °C memiliki densitas kamba paling tinggi (Gambar 3).

Gambar 3 menunjukkan perendaman dalam larutan natrium metabisulfit menyebabkan penurunan densitas kamba pada daun seledri kering. Perendaman dalam larutan sulfit menyebabkan penurunan penyusutan (Riva dan Masi 1988) sehingga nilai densitas kamba menurun. Densitas kamba terendah terjadi pada daun seledri yang dikeringkan dengan perendaman dalam larutan natrium metabisulfit dan suhu pengeringan 60 °C (0.0174 g cm⁻³). Nilai densitas kamba terkecil merupakan densitas kamba terbaik dikarenakan densitas kamba yang kecil memiliki perubahan volume yang tidak berbeda jauh dengan kondisi segar. Hasil analisis selang berganda Duncan menunjukkan bahwa perendaman dalam larutan natrium metabisulfit dan suhu pengeringan memiliki pengaruh yang signifikan terhadap densitas kamba.

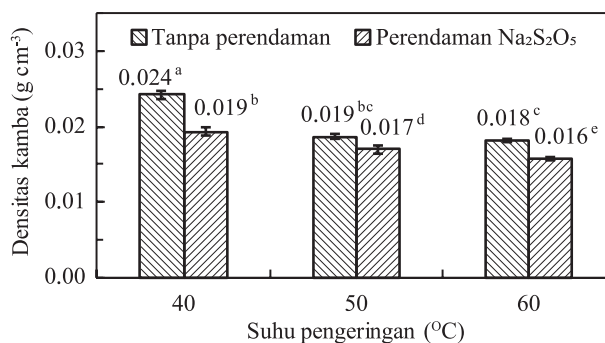
Pengaruh Perendaman Natrium Metabisulfit dan Suhu Pengeringan terhadap Rasio Rehidrasi

Berdasarkan analisis sidik ragam, diketahui terjadi interaksi antara perendaman dalam larutan natrium metabisulfit dan suhu pengeringan serta keduanya berpengaruh nyata terhadap nilai rasio rehidrasi berdasarkan uji lanjut Duncan taraf 5%. Gambar 4 menunjukkan bahwa rasio rehidrasi meningkat dengan meningkatnya suhu pengeringan. Nilai rasio rehidrasi paling tinggi dimiliki oleh daun seledri yang direndam dalam larutan natrium metabisulfit dan dikeringkan pada suhu 60 °C. Hal ini disebabkan oleh waktu pengeringan yang lebih cepat sehingga bahan hanya mengalami sedikit perubahan seluler dan

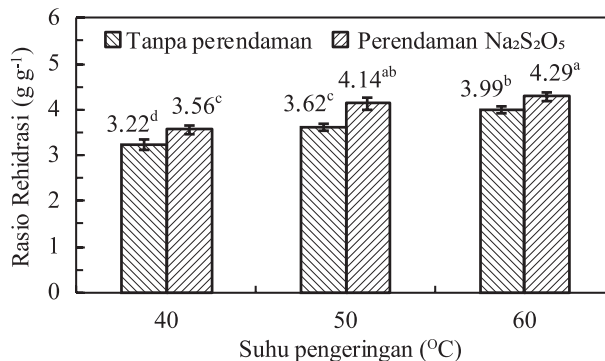
struktural serta terbentuknya struktur yang lebih berpori yang membuat bahan dapat lebih banyak menampung air ketika direhidrasi (Wu *et al.* 2014).

Pada suhu pengeringan yang lebih rendah daun seledri memiliki nilai rasio rehidrasi lebih kecil dikarenakan terpapar panas yang lebih lama. Thimm *et al.* (2000) mengamati secara mikroskopi perubahan mikrofibril daun seledri sebagai efek pengeringan. Selama proses pengeringan, diameter mikrofibril daun seledri bertambah dengan menurunnya kadar air. Peningkatan diameter selama pengeringan terjadi karena mikrofibril membentuk agregat dan dinding sel matriks polisakarida menumpuk pada permukaan mikrofibril membentuk lapisan keras. Lapisan keras ini menghambat difusi air selama rehidrasi sehingga nilai rasio rehidrasi menjadi kecil.

Perendaman dalam larutan natrium metabisulfit terbukti mampu meningkatkan rasio rehidrasi daun seledri kering (Gambar 4). Perendaman dengan larutan sulfit dapat mengurangi penyusutan (Riva dan Masi 1988) dan meningkatkan rehidrasi (Kaymak-Ertekin 2002).



Gambar 3 Densitas kamba daun seledri kering dengan perlakuan perendaman Na₂S₂O₅ dan suhu pengeringan (angka-angka yang diikuti oleh huruf superskrip yang sama tidak berbeda nyata pada taraf uji 5% (uji selang berganda Duncan))

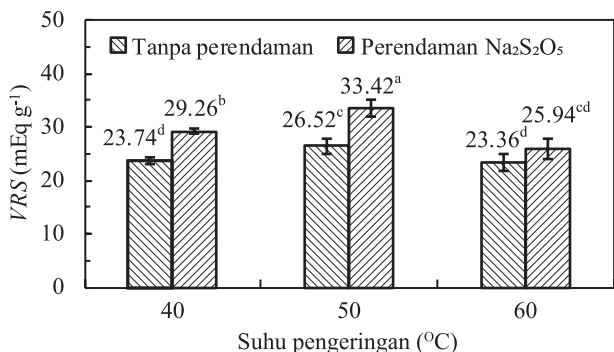


Gambar 4. Rasio rehidrasi daun seledri kering dengan perlakuan perendaman Na₂S₂O₅ dan suhu pengeringan (angka-angka yang diikuti oleh huruf superskrip yang sama tidak berbeda nyata pada taraf uji 5% (uji selang berganda Duncan))

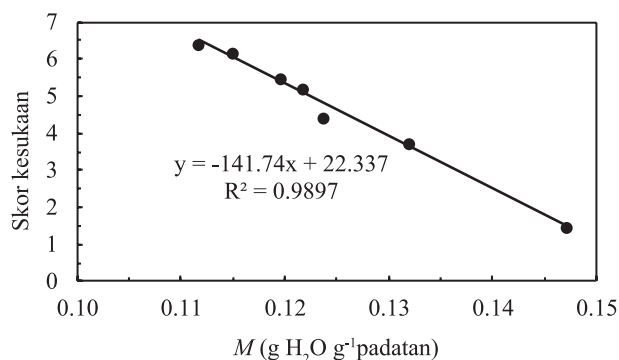
Pengaruh Perendaman Natrium Metabisulfit dan Suhu Pengeringan terhadap VRS

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa tidak ada interaksi antara perendaman dalam larutan natrium metabisulfit dan suhu pengeringan terhadap kandungan VRS. Uji lanjut Duncan menunjukkan bahwa kandungan VRS pada daun seledri tanpa perendaman yang dikeringkan pada suhu 40 °C dan 60 °C tidak berbeda nyata, sedangkan kombinasi perlakuan lainnya menunjukkan kandungan VRS yang berbeda nyata. Kandungan VRS meningkat pada suhu pengeringan 40 dan 50 °C, kemudian menurun pada 60 °C (Gambar 5). Peningkatan kandungan VRS ini disebabkan oleh waktu pengeringan yang lebih cepat (Dwivedy et al. 2012) dialami oleh seledri yang dikeringkan pada suhu 50 °C. Di sisi lain, pengeringan 60 °C meskipun berlangsung cepat, kandungan VRS mengalami penurunan. Pada pengeringan suhu tinggi, terjadinya proses transformasi termal pada volatil menyebabkan perubahan komposisi kimia yang dapat berakibat pada menguapnya volatil (Antal et al. 2011).

Perendaman dalam larutan natrium metabisulfit memberi dampak positif terhadap nilai VRS, dimana nilai VRS lebih tinggi jika dibandingkan dengan kontrol. Hal ini juga diamati Hartuti dan Histifarina



Gambar 5. Kandungan VRS daun seledri kering dengan perlakuan perendaman Na₂S₂O₅ dan suhu pengeringan (angka-angka yang diikuti oleh huruf superskrip yang sama tidak berbeda nyata pada taraf uji 5% (uji selang berganda Duncan))



Gambar 6. Hubungan kadar air dan skor kesukaan daun seledri kering.

Tabel 3. Perubahan kadar air dan skor kesukaan panelis selama periode pengamatan

Waktu (jam)	Kadar air (g H ₂ O g ⁻¹ padatan)	Skor kesukaan
1	0.112	6.41
2	0.115	6.19
3	0.120	5.47
4	0.122	5.19
5	0.124	4.45
6	0.132	3.73
7	0.147	1.49

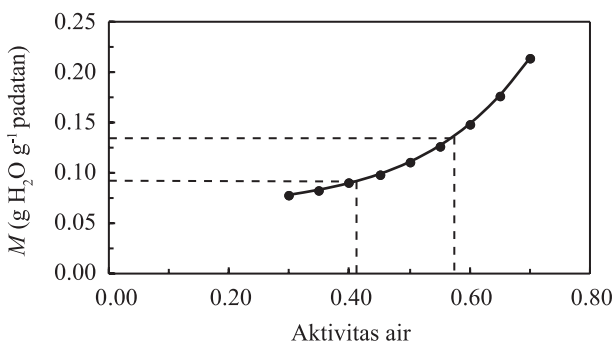
(1997) pada tepung bawang merah, dimana perendaman dalam larutan natrium metabisulfit dapat meningkatkan kandungan VRS.

Pendugaan Umur Simpan Daun Seledri Kering pada Berbagai Kemasan

Pendugaan umur simpan diawali dengan penentuan kadar air kritis melalui uji hedonik yang disajikan pada Tabel 3. Hubungan skor kesukaan panelis terhadap kadar air daun seledri menghasilkan persamaan regresi linier $y = -141.74x + 22.337$ (Gambar 6). Persamaan tersebut digunakan untuk menentukan kadar air kritis yang nilainya ditentukan saat skor kesukaan bernilai 3 (agak tidak suka). Kadar air kritis (*Mc*) diperoleh sebesar 0.136 g H₂O g⁻¹ padatan.

Kadar air awal (*Mo*) yang digunakan adalah kadar air daun seledri kering yang dikeringkan dengan perendaman natrium metabisulfit pada suhu pengeringan 50 °C, yaitu 9.29% bb (0.102 g H₂O g⁻¹ padatan).

Langkah selanjutnya penentuan kemiringan kurva yang diperoleh dari kurva sorpsi isotermi air. Kurva sorpsi isotermi air daun seledri dibuat dari Persamaan (8) dengan menghubungkan nilai aktivitas air dan kadar air kesetimbangan daun seledri pada suhu 25 °C (Gambar 7). Kemiringan kurva (*b*) diperoleh dengan membuat regresi linier dari kadar air 0.102 hingga 0.136 g H₂O g⁻¹ padatan sehingga didapat persamaan $y = 0.317x - 0.046$



Gambar 7. Kurva sorpsi isotermi air daun seledri pada suhu 25 °C.

Tabel 4. Pengaruh jenis kemasan terhadap umur simpan daun seledri kering.

Kemasan	Umur simpan	
	Hari	Bulan
LLDPE	30	1.0
PP	51	1.7
<i>Aluminium foil</i> dan OPP	790	26.3

dengan b sebesar 0.317. Gambar 5 juga digunakan untuk mendapatkan nilai kadar air kesetimbangan (M_e) pada a_w 0.6 yaitu 0.149 g H₂O g⁻¹ padatan.

Parameter lain yang dibutuhkan untuk menduga umur simpan daun seledri kering adalah luas kemasan dan massa padatan daun seledri kering. Kemasan yang digunakan berukuran (A) 2 × 8 × 10 cm² dengan massa daun seledri kering 7.00 g dalam setiap kemasan. Massa padatan (W_s) dari 7.00 g seledri dengan kadar air 0.102 g H₂O g⁻¹ padatan adalah 6.35 g.

Data parameter yang telah diperoleh, dimasukkan ke dalam Persamaan (9) untuk mendapatkan umur simpan daun seledri kering pada berbagai kemasan yang disajikan pada Tabel 4. Umur simpan ditentukan pada suhu 25 °C dan a_w 0.6 untuk masing-masing kemasan dengan nilai tekanan uap murni (P_o) sebesar 23.76 mmHg.

Simpulan

Perendaman daun seledri ke dalam larutan natrium metabisulfit sebelum pengeringan berpengaruh nyata terhadap kandungan klorofil, densitas kamba, rasio rehidrasi, dan VRS, dimana kandungan klorofil, rasio rehidrasi, dan VRS lebih tinggi, serta densitas kamba lebih rendah dibandingkan kontrol. Suhu pengeringan berpengaruh nyata terhadap densitas kamba, rasio rehidrasi, dan VRS, namun tidak berpengaruh nyata terhadap klorofil. Semakin tinggi suhu pengeringan (40-60 °C) menghasilkan densitas kamba yang rendah, serta rasio rehidrasi dan VRS yang tinggi. Daun seledri kering terbaik adalah daun seledri dengan perendaman natrium metabisulfit dan dikeringkan pada suhu 50 °C. Umur simpan daun seledri dipengaruhi oleh jenis kemasan, dimana pada kemasan plastik LLDPE, PP, dan *aluminium foil* OPP memiliki umur simpan berturut-turut 30, 51, dan 790 hari.

Daftar Pustaka

Abbasi S, Mousavi SM, Mohebbi M. 2011. Investigation of changes in physical properties and microstructure and mathematical modeling of shrinkage of onion during hot air drying. *Iran*

Food Sci Technol Res J. 7(1):92-98.

Andarwulan N, Syah D, Koswara S, Palupi NS. 1992. Teknik pembuatan seledri kering untuk bumbu siap pakai. Bogor (ID): LPPM IPB.

Antal T, Figiel A, Kerekes B, Sikolya L. 2011. Effect of drying methods on the quality of the essential oil of spearmint leaves (*Mentha spicata* L.). *Dry Technol.* 29:1836-1844. doi:10.1080/07373937.2011.606519.

[AOAC]. Association of Official Analytical Chemists. 1996. Official methods of analysis, 16th ed. 45:5-6. Washington DC (US).

Dwivedy S, Rayaguru K, Sahoo GR. 2012. Effect of drying methods on quality characteristics of medicinal indian borage (*Coleus aromaticus*) leaves. *J Food Process Technol.* 3:188. doi:10.4172/2157-7110.1000188.

Farber L, Ferro M. 1956. Volatile reducing substance and volatile nitrogen compounds in relation to spoilage in canned fish. *Food Technol.* 10:303-304.

Hartuti N, Histifarina D. 1997. Pengaruh natrium metabisulfit dan lama perendaman terhadap mutu tepung bawang merah. *J Hort.* 7(1):583-589.

Hutchings JB. 1994. Chapter 10: chemistry of food color. In *Food Color and Appearance* 10:308-356. London (UK): Blackie Academic & Professional Publisher Inc.

Kaymak-Ertekin F. 2002. Drying and rehydrating kinetics of green and red peppers. *Food Eng Physic Prop.* 67:168-175.

Krokida MK, Karathanos VT, Maroulis ZB, Marinou-Kouris D. 2003. Drying kinetics of some vegetables. *J Food Eng.* 59:391-403.

Kusnandar F, Adawiyah DR, Fitria M. 2010. Pendugaan umur simpan produk biskuit dengan metode akselerasi berdasarkan pendekatan kadar air kritis. *J Teknol Industri Pangan.* 21(2):117-122.

Labuza TP. 1982. Open shelf-life dating of foods; food science and nutrition. Westport (US): Connecticut Pr Inc.

Lamberti M, Escher F. 2007. Aluminium foil as a food packaging material in comparison with other materials. *Food Rev Int.* 23(4):407-433. doi: 10.1080/87559120701593830.

Lewicki PP. 1998. Effect of pre-drying treatment, drying and rehydration on plant tissue properties: a review. *Intl J Food Prop.* 1(1):1-22.

Littlefield B, Fasina OO, Shaw J, Adhikari A, Via B. 2011. Physical and flow properties of pecan shells-particle size and moisture effects. *Powder Technol* 212:173-180. doi:10.1016/j.powtec.2011.05.011.

Muchtadi TR, Sugiyono. 1992. Petunjuk laboratorium ilmu pengetahuan bahan pangan. Bogor (ID): PAU IPB.

Ough CS. 1993. Sulphur dioxide and sulphites. Davidson PM, Larry A, editors. *Dalam*

- Antimicrobials in foods. New York (US): Marcel Dekker.
- Rachmat R, Lubis S, Hadipernata M, Agustina I. 2005. Perubahan senyawa volatil pada sayuran kering akibat radiasi far infra red. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Inovatif Pascapanen untuk Pengembangan Industri Berbasis Pertanian, Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian*.
- Riva M, Masi P. 1988. The influence of the blanching procedure on the quality and shelf life of dried apples. Di dalam: *Progress in food preservation proceses. International Symposium, Brussels (Belgium), 12-14 Apr 1988*.
- Roman F, Hensel O. 2010. Sorption isotherms of celery leaves (*Apium graveolens* var. *secalinum*). *Agric Eng Int: CIGR J*. 13(2):137–141.
- Sablani SS, Rahman MS, Al-Kuseibi MK, Al-Habsi NA, Al-Belushi RH, Al-Marhubi I, Al-Amri IS. 2007. Influence of shelf temperature on pore formation in garlic during freeze drying. *J Food Eng*. 80:68–79. doi:10.1080/07373930600558904.
- Sellami IH, Bettaieb I, Bourgou S, Dahmani R, Limam F, Marzouk B. 2012. Essential oil and aroma composition of leaves, stalks and roots of celery (*Apium graveolens* var. *dulce*) from Tunisia. *J Essent Oil Res*. 24(6): 513-521. doi:10.1080/10412905.2012.728093.
- Sims DA, Gamon JA. 2002. Relationships between leaf pigment content and spectral reflectance across a wide range of species, leaf structures and developmental stages. *J Remote Sens Environ*. 81:337-354.
- Sugiyono, Fransisca, Yulianto A. 2010. Formulasi tepung penyalut berbasis tepung jagung dan penentuan umur simpannya dengan pendekatan kadar air kritis. *J Teknol Industri Pangan*. 21(2):95-101.
- Thimm JC, Burritt DJ, Ducker WA, Melton LD. 2000. Celery (*Apium graveolens* L.) parenchyma cell walls examined by atomic force microscopy: effect of dehydration on cellulose microfibrils. *Planta*. 212:25-32.
- Tock RW. 1983. Permeabilities and water vapor transmission rates for commercial polymer films. *Adv Polym Tech*. 3(3):223-231. doi: 10.1002/adv.1983.060030304.
- 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. doi:10.1111/jfpe.12066.