

KARAKTERISTIK FISIKOKIMIA BUBUK SPRAY DRIED SARI BUAH *Citrus maxima* KULTIVAR NAMBANGAN

Physicochemical Properties of Spray Dried Juice Powder of Citrus maxima Cultivar Nambangan

Setyaning Pawestri, Endang Prangdimurti*, Nur Wulandari

Departemen Ilmu Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor (IPB University),
Kampus IPB Dramaga Bogor 16680
*e-mail: prangdimurti@apps.ipb.ac.id

ABSTRAK

Bubuk buah lebih praktis dan lebih stabil untuk ditawarkan ke konsumen. Namun, proses yang digunakan untuk mendapatkan bubuk harus memperhatikan kandungan bioaktif pada buah dan menghasilkan karakteristik fisikokimia yang baik. Bubuk sari buah pamelon (*C.maxima*) kultivar Nambangan diperoleh dari pengeringan semprot dengan penambahan bahan penyalut (maltodekstrin/MD DE12 dan gum arab/GA) dari empat perlakuan (10:0, 9:1, 8:2, dan 7:3 MD/GA) sebesar 15% w/v bahan penyalut/sari buah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa bubuk 10:0 MD/GA menghasilkan rendemen tertinggi. Bubuk 7:3 MD/GA memiliki tingkat kelarutan tertinggi, aw dan sudut repose terkecil. Penampakan morfologi dari hasil uji SEM menunjukkan bahwa keempat perlakuan mampu mengenkapsulasi komponen bioaktif. Berdasarkan standar FDA untuk produk pangan, bubuk yang dihasilkan dari keempat perlakuan berukuran nanometer.

Kata kunci: bahan penyalut, enkapsulasi, karakteristik fisikokimia, pamelon

ABSTRACT

*Powdered fruit is more practical and stable to be offered to the consumer. However, the process used in obtaining the powder should consider the bioactive compounds of fruit while achieving adequate physicochemical properties. Different pummelo (*C.maxima*) cultivar Nambangan powders obtained by spray drying with prior addition of coating agents (maltodextrin/MD 12 DE and arabic gum/AG) were studied in order to investigate the effect of different carrier ratios (10:0, 9:1, 8:2, and 7:3) with same concentration of 15% w/v juice on the powder physicochemical properties. Results analysis showed that 10:0 MD/AG powder obtained the highest yield. Meanwhile, 7:3 MD/AG powder showed the highest solubility as well as the smallest aw and repose angle. The result of SEM indicated that all of treatments successfully encapsulated the bioactive compound. By FDA standard for food product, the particle size produced by the four treatments were categorized as nanoparticle*

Keywords : coating agents, encapsulation, physicochemical properties, pummelo

PENDAHULUAN

Jeruk pamelon (*Citrus maxima*) kultivar Nambangan merupakan kultivar asli pamelon berukuran besar dan tahan terhadap CVPD (*Citrus Vein Ploem Degeneration*) yang dibudidayakan secara luas di Nambangan, Magetan, Jawa Timur (Susanto, 2004). Menurut data BPS, hasil panen pamelon di Indonesia mencapai lebih dari 100.000 ton pada 2013 (BPS, 2015). *C. maxima* kaya kandungan flavonoid (Xu et al., 2008) dan polifenol (Fikrinda et al., 2015) terutama pada daging buah. Isolasi flavonoid pada *Citrus* mendapatkan flavonoid jenis naringin, naringenin, nobelitin, narirutin dan hesperidin (Tripoli et al., 2007).

Meskipun memiliki komponen bioaktif dan kandungan nutrisi tinggi, konsumsi pamelon dan grapefruit masih rendah, kemungkinan karena rasa pahit menyebabkan buah tidak disukai konsumen (Chen et al., 2015). Kandungan air yang tinggi pada buah menyebabkan umur simpan buah pendek, dapat memicu pertumbuhan mikroba dan menurunkan kualitas buah (Garofulic et al., 2016). Jeruk pamelon adalah buah musiman dan memiliki waktu simpan terbatas pada suhu ruang. Enkapsulasi dapat menjadi solusi untuk memperpanjang umur simpan.

Mikroenkapsulasi mampu mempertahankan dan melindungi ingredient pangan dari kemungkinan penurunan kualitas dan kehilangan senyawa volatil. Hal ini dikarenakan enkapsulasi mampu melindungi bahan inti dari lingkungan

yang tidak menguntungkan. Sehingga, enkapsulasi dapat melindungi dan menjaga stabilitas komponen sekaligus meningkatkan daya simpan (Krisnaiah et al., 2015). Mekanisme perlindungan disebabkan oleh pembentukan dinding membran yang membungkus partikel dari bahan yang dienkapsulasi (Fang dan Bhandari, 2011).

Keunggulan bubuk hasil pengeringan semprot adalah aktivitas air rendah, konsentrasi lebih tinggi, biaya penyimpanan rendah, mudah didistribusikan dan substansi stabil (Obon et al., 2009; Krisnaiah et al., 2014). Bentuk kering meningkatkan fleksibilitas bubuk untuk digunakan dalam formulasi produk dan memperluas pasar. Pasar industri pangan, industri farmasi dan kosmetik adalah beberapa industri yang memanfaatkan bubuk buah dan sayuran berukuran mikro dengan nutrisi tinggi (Shishir dan Chen, 2017).

Karakteristik fisikokimia produk bergantung pada variabel proses dan parameter prosedur operasi (Phisut, 2012), diantaranya suhu inlet, laju alir udara, laju alir bahan, kecepatan atomizer, jenis bahan penyalut dan konsentrasinya (Obon et al., 2009). Bentuk kristalin dan amorf bubuk dari bahan yang sama dapat menghasilkan perbedaan ukuran partikel, bentuk partikel, bulk density, kelarutan air dan higroskopisitas bila bahan penyalut dan konsentrasi yang digunakan berbeda (Yousefi et al., 2011). Pemilihan bahan penyalut mempengaruhi karakteristik dan stabilitas produk hasil pengeringan semprot. Bahan penyalut paling

sering digunakan untuk enkapsulasi sari buah dan ekstrak buah adalah maltodekstrin dan gum arab (Tonon et al., 2008). Selain bahan penyalut, konsentrasi bahan penyalut juga memengaruhi karakteristik bubuk dikarenakan penambahan bahan penyalut dengan konsentrasi terlalu rendah dapat menyebabkan aglomerasi (Nguyen et al., 2017).

Maltodekstrin mampu meningkatkan stabilitas komponen sensitif panas seperti karotenoid, mudah didapat dan harganya cukup murah sehingga cocok sebagai bahan penyalut (Kha et al., 2010). Maltodekstrin memiliki aroma dan rasa netral, viskositas rendah, dan mampu melindungi komponen antioksidan, tetapi maltodekstrin memiliki kemampuan emulsi rendah dan retensi volatil marjinal sehingga membutuhkan pencampuran dengan bahan penyalut lain guna meminimalisir kelemahan tersebut (Fernandez et al., 2014). Gum arab dapat digunakan dalam kombinasi penyalut dengan maltodekstrin karena kelarutannya tinggi, kemampuan emulsi yang baik dan viskositas rendah pada konsentrasi tinggi (Atefi et al., 2017). Penggunaan gum arab sebagai bahan penyalut memiliki kendala harga yang mahal dan ketersediaan bahan (Krishnan et al., 2005).

Penelitian ini menggunakan spray drying dengan suhu inlet 160 oC dan suhu outlet 80 oC untuk memperoleh bubuk sari buah *C.maxima* kultivar Nambangan. Perlakuan berupa perbedaan rasio penambahan bahan penyalut maltodekstrin dan gum arab dengan konsentrasi 15% (w/v) dari

berat sari buah. Perlakuan rasio dimaksudkan untuk mendapatkan karakteristik fisikokimia (rendemen, kadar air, aktivitas air (aw), kelarutan, bulk density, flowability dengan sudut repose, morfologi partikel, ukuran partikel dan distribusi ukuran partikel, dan warna) yang baik

METODOLOGI

Bahan dan Alat

Bahan utama adalah jeruk pamelo (*C.maxima*) kultivar Nambangan usia 4.0-5.0 bulan dengan berat 1.5 – 2.0 kg dari perkebunan jeruk di Desa Tamanan, Magetan, Jawa Timur, maltodekstrin 12 DE dan gum arab (Pervetti Van Melle). Alat yang digunakan adalah spray dryer (Buchi 190 Mini, Switzerland), rotary evaporator (Buchi Rotavapor R-300), DelsaTM nano particle analyzer (Beckman coulter), scanning electron microscope (JCM JEOL), oven (WTC Binder Tuttlingen), vakum filter (Yamato Scientific).

Prosedur Penelitian

Pembubukan Sari Buah *C. maxima* kultivar Nambangan

Daging buah dijadikan sari buah dengan *hidrolic presser* (Muzaffar et al. 2016), kemudian disaring dengan 100 mesh nilon (Kha et al., 2010) dan dipekatkan dengan *rotary evaporator* (Buchi Rotavapor R-300) pada suhu 70 °C (Mishra et al., 2014) selama ± 15 menit untuk memperoleh 11 - 12 °Bx (Garofulic et al., 2016). Konsentrat sari buah ditambah bahan penyalut sebanyak 15 % (w/v) dengan perbedaan rasio maltodekstrin (MD)

dan gum arab (GA) sebesar 10:0, 9:1, 8:2, dan 7:3. Suspensi tersebut dihomogenisasi pada 5000 rpm selama 5 menit menggunakan homogenizer (Silverson L4R, Armfield) (Angel *et al.*, 2009).

Pembubukan menggunakan pengering semprot (Buchi 190) dengan suhu inlet 160 ± 3 °C dan suhu outlet 80 ± 3 °C (Battista *et al.*, 2015). Bubuk yang dihasilkan dikumpulkan setelah pengeringan semprot selesai dan suhu inlet turun di bawah 50 °C. Bubuk dimasukkan dalam plastik polietilen gelap guna menghindari paparan cahaya. Bubuk yang telah ditimbang kemudian disimpan pada suhu 4 °C hingga digunakan untuk analisis

Analisis Karakteristik Fisikokimia

Parameter fisikokimia meliputi rendemen (Tontul dan Topuz, 2017), aktivitas air (a_w) (Quek *et al.*, 2007), kelarutan (Caparino *et al.*, 2012), *bulk density* (Cynthia *et al.*, 2015), pengukuran *flowability* dengan sudut *repose* (Kim *et al.*, 2005), warna (Caparino *et al.*, 2012), morfologi partikel (Mishra *et al.*, 2014), dan ukuran partikel dan distribusi ukuran partikel (Botrel *et al.*, 2012; Horiba Scientific, 2012)

Rendemen (Tontul dan Topuz, 2017)

Rendemen diperoleh dari rasio antara berat bubuk hasil pengeringan terhadap berat total padatan dalam suspensi. Berat padatan awal adalah berat bahan penyalut yang ditambahkan. Rendemen bubuk dihitung berdasar rumus :

$$\text{Rendemen (\%)} = \frac{\text{bubuk yang dihasilkan (g)}}{\text{berat padatan awal (g)}} \times 100 \%$$

Kelarutan (Caparino *et al.*, 2012)

Kelarutan merujuk pada metode Caparino *et al.* (2012) dengan sedikit modifikasi. Sebanyak 1 g sampel dilarutkan dengan 100 mL akuades dan dihomogenisasi dengan kecepatan 8000 rpm selama 10 menit kemudian disentrifugasi pada kecepatan 2727 x g selama 5 menit. Supernatan (25 mL) dipipet ke wadah aluminium dan dikering oven dengan suhu 105 °C selama 5 jam. Pengeringan dilanjutkan dan ditimbang setiap 2 jam, hingga diperoleh berat konstan. Kelarutan dihitung sebagai rasio antara berat supernatan dan berat sampel yang dinyatakan dalam persentase (%).

Bulk Density (Cynthia *et al.*, 2015)

Sebanyak 2 g bubuk dimasukkan secara perlahan ke dalam silinder ukur 10 mL yang telah diketahui beratnya dan letakkan silinder di atas vortex vibrator selama 1 menit. Rasio massa dari bubuk dan volume yang ditempati dalam silinder menentukan nilai *bulk density* (w/v) (g/mL).

Pengukuran Flowability dengan Sudut Repose (Kim *et al.*, 2005)

Flowability bubuk diukur dengan sudut *repose* merujuk pada metode Kim *et al.* (2005) dengan modifikasi. Sebanyak 50 g bubuk dituangkan ke corong dan dibiarkan mengalir. Pengukuran dilakukan pada tinggi dan diameter gundukan untuk mendapatkan sudut *repose poured* (β).

Karakteristik Warna (Caparino et al., 2012)

Pengukuran warna bubuk menggunakan kromameter terkalibrasi dengan standar putih. Bubuk dituang ke *dish* dan digerakan perlahan membentuk lapisan dengan ketebalan 10 mm dan ditutup dengan film transparan. Hasil dinyatakan dalam sistem CIE Lab. dengan parameter L^* , a^* , dan b^* . Nilai L^* menyatakan kecerahan warna dari 0 (hitam) hingga 100 (putih), nilai a^* menyatakan kemerahan (0 s/d 60) atau kehijauan (0 s/d -60), dan nilai b^* menyatakan kekuningan (0 s/d 60) atau kebiruan (0 s/d -60). *Chroma*, mengindikasikan intensitas warna, kemudian dihitung dengan rumus $C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$. Nilai *hue angle* (h_{ab}) dihitung dengan rumus $h_{ab} = \arctan(b^*/a^*)$. Nilai *hue angle* diekspresikan dalam derajat dari 0° - 360° , dimana 0° (merah), 90° (kuning), 180° (hijau) hingga 270° (biru) dan $360^\circ = 0^\circ$.

Morfologi Partikel (Mishra et al., 2014)

Morfologi partikel dievaluasi dengan menggunakan *scanning electron microscopy* (SEM) (JCM JEOL). Bubuk diletakkan pada dua sisi *adhesive tape* pada SEM *stubs*. Sampel dilapisi dengan lapisan paladium 3-5 mA di bawah vakum dan diamati dengan SEM pada 15 kV dengan perbesaran 1000 x dan 2000 x.

Distribusi Ukuran Partikel (Botrel et al., 2012; Horiba Scientific, 2012)

Ukuran partikel diukur menggunakan *laser diffraction particle size analyzer* (Beckman coulter). Kondisi pengukuran berupa suhu operasi

25°C , index refraktif 1.3328 dan diluent air. Data ukuran partikel dilaporkan sebagai D10, D50, dan D90 serta indeks polidispersitas.

Analisis Data

Data dieskpresikan sebagai means \pm SD dengan N=3. Perbedaan antar sampel dan uji signifikansi diuji secara statistik dengan uji ANOVA (Analysis of Variance). Uji beda lanjut dilakukan menggunakan uji Duncan dengan nilai $p < 0.05$ dianggap berbeda signifikan. Analisis data menggunakan software IBM SPSS Statistic 22.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran parameter fisikokimiawi bubuk *spray dried* disajikan pada Tabel 1. Rendemen bubuk *spray dried* yang dihasilkan berkisar antara 52 – 59 %. Menurut Bhandari et al. (1997), rendemen di atas 50% menunjukkan keberhasilan proses pengeringan semprot. Hasil rendemen menunjukkan bahwa semakin besar rasio GA yang ditambahkan, semakin kecil rendemen yang diperoleh. Hasil ini didukung hasil penelitian Nadeem et al. (2011) yang membandingkan 4 bahan penyalut berbasis karbohidrat menunjukkan maltodekstrin 12 DE menghasilkan rendemen tertinggi diikuti gum arab, maltodekstrin 19 DE dan β -siklodekstrin. Cynthia et al. (2015) melakukan *spray drying* daging buah *tamarind* (asam jawa) dengan bahan penyalut maltodekstrin menghasilkan rendemen tertinggi diikuti oleh kombinasi 50:50 maltodekstrin dan

gum arab serta rendemen terkecil dihasilkan oleh bubuk dengan bahan penyalut gum arab saja.

Aktivitas air (a_w) merupakan parameter yang mengukur keberadaan air bebas dalam sistem pangan dan bertanggung jawab terhadap terjadinya reaksi-reaksi biokimia. Semakin tinggi a_w menunjukkan semakin banyaknya air bebas untuk reaksi biokimia sehingga memperpendek masa simpan (Quek *et al.*, 2006, Kha *et al.*, 2010). a_w bubuk sari buah pamelon (Tabel 1) berkisar antara 0.26 - 0.33. Nilai a_w ini tergolong stabil secara mikrobiologi dimana penurunan kualitas bubuk karena mikroorganisme dan reaksi biokimia dapat dicegah bila bahan pangan memiliki $a_w <$

0.6 (Kha *et al.*, 2010). Penelitian Quek *et al.* (2006) pada bubuk semangka menemukan bahwa kenaikan suhu *inlet* tidak berpengaruh nyata pada a_w , sedangkan konsentrasi maltodekstrin yang lebih tinggi menurunkan kadar a_w . Pada penelitian ini pengaruh perlakuan tidak berbeda nyata, tetapi rasio MD yang lebih besar menghasilkan a_w lebih tinggi. Hal ini dapat dihubungkan dengan biopolimer, maltodekstrin adalah bahan penyalut berbasis karbohidrat. Semakin tinggi DE, semakin pendek rantai gulanya, semakin mudah terhidrolisis sehingga cenderung mempertahankan air pada permukaan dan meningkatkan aktivitas air pada bubuk (Campelo *et al.*, 2017).

Tabel 1. Karakteristik fisikokimia bubuk sari buah pamelon Nambangan

Parameter	Perlakuan			
	10:0 MD/GA	9:1 MD/GA	8:2 MD/GA	7:3 MD/GA
Rendemen (%)	59.15 ± 2.05 ^A	57.75 ± 1.69 ^A	55.52 ± 0.88 ^{AB}	52.06 ± 1.60 ^B
a_w	0.32 ± 0.02 ^A	0.33 ± 0.05 ^A	0.32 ± 0.03 ^A	0.26 ± 0.01 ^A
Bulk Density	0.48 ± 0.01 ^A	0.49 ± 0.01 ^A	0.49 ± 0.01 ^A	0.51 ± 0.01 ^B
Sudut repose (°)	38.85 ± 0.79 ^A	36.19 ± 0.72 ^B	32.79 ± 0.29 ^C	31.35 ± 0.66 ^C
Kelarutan (%)	62.00 ± 0.27 ^A	64.72 ± 0.89 ^B	68.03 ± 0.67 ^C	71.77 ± 0.46 ^D
Warna				
L	95.01 ± 0.16 ^A	94.38 ± 0.10 ^B	93.65 ± 0.14 ^C	93.54 ± 0.25 ^C
a*	0.75 ± 0.04 ^A	1.23 ± 0.05 ^B	1.50 ± 0.03 ^C	1.57 ± 0.05 ^C
b*	10.23 ± 0.25 ^A	9.75 ± 0.11 ^B	10.36 ± 0.05 ^A	9.70 ± 0.05 ^B
C*	10.26 ± 0.25 ^A	9.83 ± 0.11 ^B	10.47 ± 0.05 ^A	9.83 ± 0.6 ^B
^o h	85.77 ± 0.12 ^A	82.80 ± 0.22 ^B	81.76 ± 0.12 ^C	80.80 ± 0.25 ^D

Notasi *superscript* huruf besar pada baris yang sama menunjukkan tidak beda nyata ($\alpha = 5\%$).

Densitas bubuk berhubungan dengan ruang penyimpanan yang diperlukan oleh bubuk. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa seiring kenaikan rasio GA yang ditambahkan, nilai *bulk density* bubuk semakin tinggi. Keuntungan dari bubuk dengan densitas lebih tinggi adalah bubuk dapat disimpan dalam jumlah besar pada wadah

yang lebih kecil dibanding bubuk dengan densitas lebih rendah. Semakin rendah *bulk density*, semakin besar udara dalam bubuk sehingga meningkatkan kemungkinan oksidasi dan menurunkan stabilitas penyimpanannya (Cynthia *et al.*, 2015).

Kelarutan menunjukkan sifat bubuk dalam larutan (Chen dan Patel, 2008). Uji statistik mengindikasikan adanya perbedaan nyata pada 4 perlakuan dimana tingkat kelarutan formula 7:3 MD/GA paling tinggi. Kelarutan tinggi dari bubuk *spray dried* dapat disebabkan oleh bahan penyalut dimana dalam pengujian kelarutan didapat bahwa semakin tinggi konsentrasi GA, semakin tinggi daya larut. Gum arab sebagai bahan penyalut memiliki daya larut tinggi mencapai lebih dari 50% baik pada air dingin maupun air panas (Tontul dan Topuz, 2017).

Densitas bubuk berkaitan dengan ruang penyimpanan yang diperlukan bubuk. Hasil *bulk density* menunjukkan tidak ada perbedaan signifikan pada perlakuan 10:0 MD/GA, 9:1 MD/GA, dan 8:2 MD/GA, sedangkan 8:2 MD/GA tidak menunjukkan beda signifikan dengan 7:3 MD/GA (Tabel 1). Hasil pengukuran menunjukkan bahwa seiring kenaikan rasio GA yang ditambahkan, nilai *bulk density* bubuk semakin tinggi. Keuntungan dari bubuk dengan densitas tinggi adalah bubuk dapat disimpan dalam jumlah besar pada wadah yang lebih kecil dibanding bubuk dengan densitas lebih rendah. Semakin rendah *bulk density*, semakin besar udara dalam bubuk sehingga meningkatkan kemungkinan oksidasi dan menurunkan stabilitas penyimpanannya (Cynthia *et al.*, 2015).

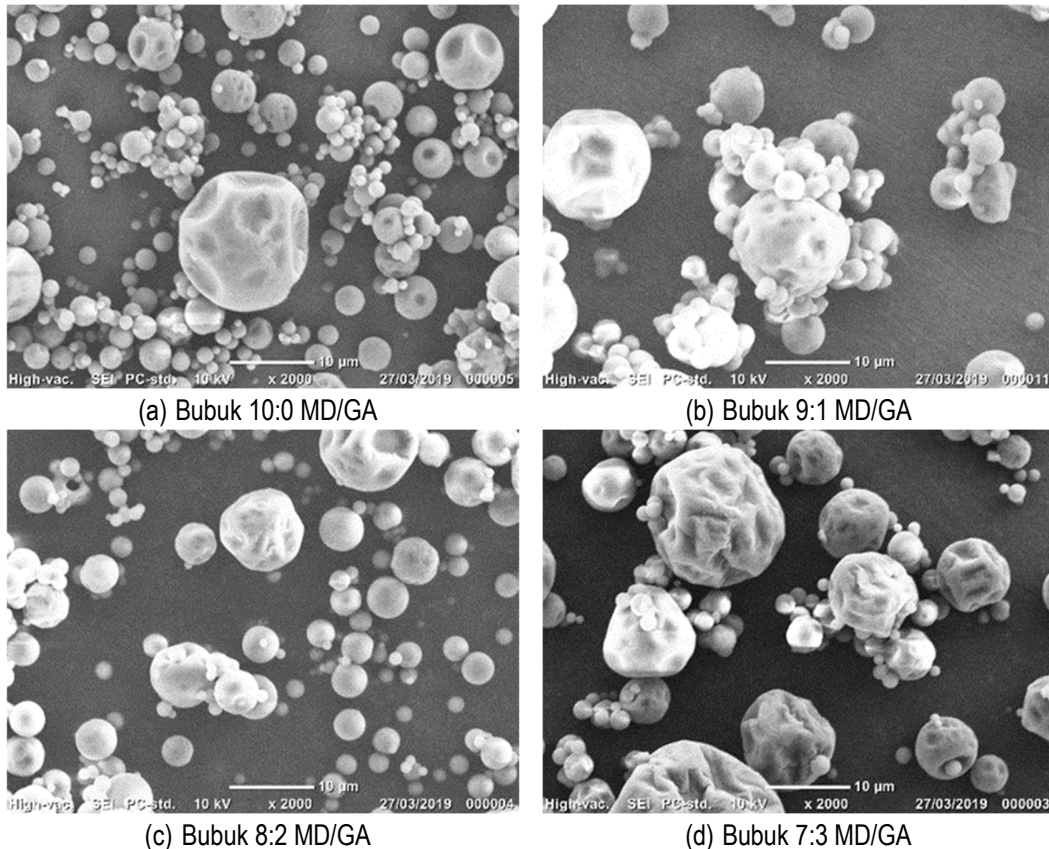
Pengertian sederhana dari daya awur (*flowability*) adalah kemampuan bubuk untuk mengalir, tetapi pada hakikatnya sifat mengalir bersifat multidimensi dan bergantung pada

karakteristik-karakteristik bubuk. Daya awur tidak bisa diekspresikan sebagai satu nilai atau indeks (Prescott dan Barnum, 2000). Sudut *repose* adalah salah satu aspek dalam *flowability* yang berhubungan dengan friksi atau resistensi interpartikulat yang berpengaruh pada pergerakan antar partikel. Pengukuran sudut *repose* pada bubuk sari buah pamele menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi GA, sudut *repose* semakin kecil. Menurut Kim *et al.* (2005), semakin kecil ukuran partikel maka semakin luas area permukaan per unit massa dari bubuk sehingga mengurangi daya awur, sedangkan untuk parameter kadar air bila terjadi peningkatan akan mengurangi daya awur dikarenakan meningkatkan daya kapiler yang bereaksi di antara partikel bubuk. Sudut *repose* bubuk 7:3 dan 8:2 MD/GA tergolong baik karena berada pada kisaran 31 – 35°.

Warna berhubungan dengan sensori dan kualitas bubuk (Quek *et al.*, 2007). Karakteristik warna menunjukkan adanya pengaruh dari perlakuan terhadap warna bubuk berdasarkan sistem CIE Lab. Hasil berupa nilai warna *Hunter* dari a^* dan b^* , dimana a^* menyatakan kemerahan (+) dan kehijauan (-) dan b^* menyatakan kekuningan (+) dan kebiruan (-). Nilai a^* tertinggi diperoleh oleh bubuk 7:3 MD/GA. Nilai L^* menunjukkan penurunan seiring peningkatan rasio GA yang ditambahkan, dimana warna paling tua ditunjukkan oleh bubuk 7:3 MD/GA. Hal ini dapat dikarenakan warna bahan penyalut, dimana maltodekstrin berwarna putih dan gum arab

berwarna putih kecoklatan. Hasil Nilai C^* dari 4 sampel bubuk tidak berbeda nyata. Nilai a^* cenderung menurun seiring kenaikan GA. Nilai C^* tinggi dan nilai a^* rendah mengindikasikan bubuk

berwarna kuning yang lebih terang. Warna kuning lebih cerah dapat menarik perhatian dan meningkatkan preferensi konsumen (Caparino *et al.*, 2012).



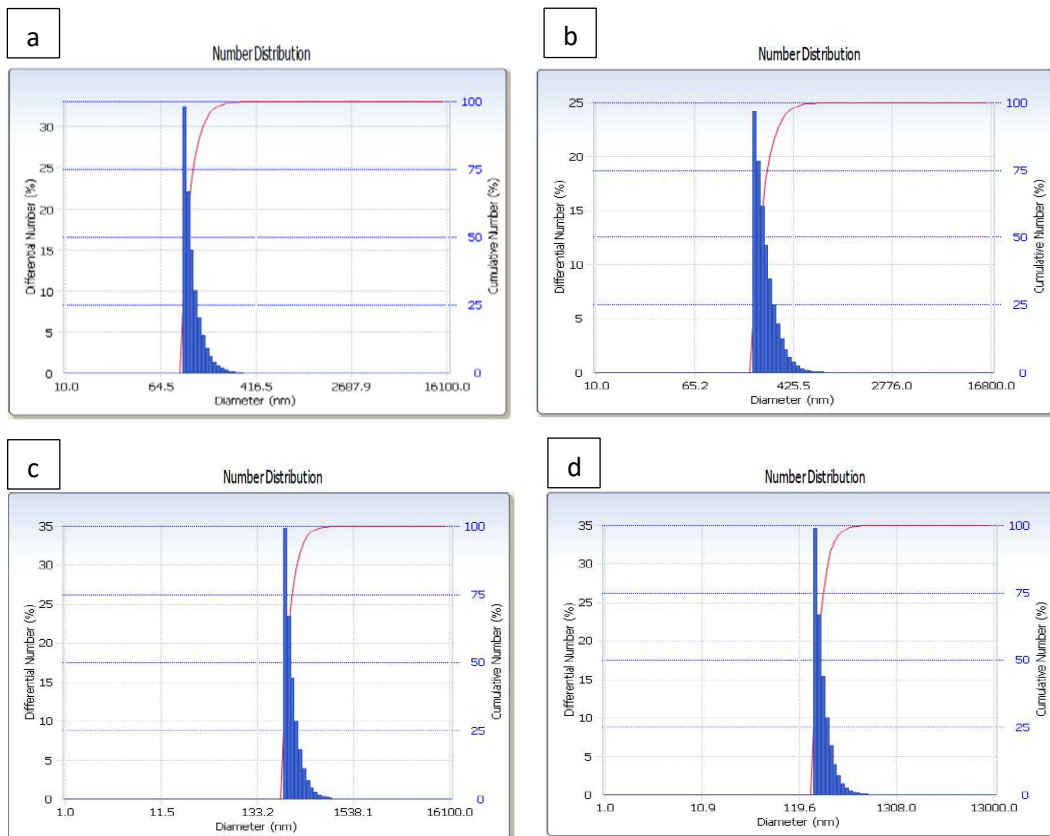
Gambar 1. Pencitraan SEM sampel bubuk *spray dried* dengan perbesaran 2000x

Pengamatan morfologi partikel bubuk menggunakan perbesaran 2000x tersaji pada **Gambar 1**. Morfologi partikel merupakan parameter kualitas yang penting dalam enkapsulasi sebab adanya pecahan pada struktur dapat mengganggu stabilitas bahan yang terenkapsulasi (Botrel *et al.*, 2012). Berdasar SEM mikrograf, bubuk 10:0 MD/GA menghasilkan permukaan paling halus, bentuk bulat dan *void*

(ruang kosong) antar partikel paling kecil. Bubuk 9:1 MD/GA dan 8:2 MD/GA memiliki partikel yang kurang halus dan partikel kecil cenderung menempel pada partikel lebih besar. Partikel bubuk 7:3 MD/GA paling berkeriput dan memiliki ukuran yang lebih seragam dibandingkan bubuk perlakuan lainnya. Hasil ini didukung oleh penelitian Islam *et al.* (2016) pada buah sari buah jeruk dimana semakin besar konsentrasi

maltodekstrin, permukaan bubuk semakin halus. Penelitian Ferrari *et al.* (2012) pada bubuk *blackberry* menunjukkan bahwa partikel dari gum arab menunjukkan keseragaman yang lebih tinggi,

sedangkan penggunaan maltodekstrin meningkatkan aglomerasi partikel kecil dengan partikel lebih besar sehingga ukuran partikel membesar.



Gambar 2 Distribusi ukuran partikel bubuk sari buah pamelo Nambangan (a) bubuk 10:0 MD/GA, (b) bubuk 9:1 MD/GA, (c) bubuk 8:2 MD/GA, (d) bubuk 7:3 MD/GA

Ukuran partikel memengaruhi stabilitas komponen fungsional terhadap kondisi lingkungan dan mempengaruhi pengemasan, distribusi dan penyimpanan bubuk (Shi *et al.*, 2013). Indeks polidispersitas (PDI) menunjukkan tingkat keseragaman partikel, standar PDI partikel nano adalah 0-0.7 (Jardim *et al.*, 2015). Keempat perlakuan menghasilkan bubuk berukuran nano

untuk produk pangan yakni 1-1000 nm (FDA 2012). Hasil uji PSA (**Gambar 2**) dapat diwakili oleh D10, D50, dan D90 (Tabel 2) yang diasumsikan mewakili persebaran keseluruhan partikel. D50 adalah median diameter (memisahkan distribusi setengah bagian atas dan bawah diameter). D90 adalah diameter dimana 90% distribusinya memiliki ukuran partikel lebih

kecil dan 10% dengan ukuran partikel besar. Sedangkan, D10 menggambarkan distribusi

dengan diameter 10% partikel lebih kecil dan 90% ukuran partikel lebih besar (Botrel *et al.* 2012.

Tabel 2. Ukuran dan distribusi partikel bubuk sari buah pameo Nambangan

Perlakuan	Distribusi Ukuran Partikel (nm)			Ukuran Partikel (nm)	Index Polidispersitas
	D10	D50	D90		
10:0 MD/GA				119.9 ± 27.3	0.326
9:1 MD/GA	192.3	223.2	313	251.0 ± 62.8	0.478
8:2 MD/GA	246.5	281.5	390.2	320.4 ± 79.7	0.528
7:3 MD/GA	163.8	186.7	257.9	212.1 ± 52.2	0.427

KESIMPULAN

Rendemen tertinggi dihasilkan oleh bubuk 10:0 MD/GA. Bubuk 7:3 MD/GA menunjukkan tingkat kelarutan tertinggi dan a_w terendah. Penampakan morfologi pada uji SEM menunjukkan bahwa keempat perlakuan mampu mengenkapsulasi material aktif dari sari buah. Keempat bubuk yang dihasilkan berukuran nanopartikel

DAFTAR PUSTAKA

Angel, R.C.M., Espinosa-Munoz, L.C, Aviles-Avile, C., Gonzalez-Garcia, R., Moscota-Santillan, M., Grajales-Lagunes, A., Abud-Archila, M. (2009). Spray-drying of passion fruit juice using lactose-maltodextrin blends as the support material. *Brazilian Archive Biology and Technology*. 52(4):1011-1018. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-89132009000400026>

Atefi, M., Nayebedeh, K., Mohammadi, A., Mortazavian, A.M. (2017). Using β -cyclodextrin and arabic gum as wall materials for encapsulation of saffron essential oil. *Iranian Journal of*

Pharmaceutical Research. 16(1):93-102.

Bhandari, B.R., Datta, N., Howes, T. (1997). Problems associated with spray drying of sugar-rich foods. *Drying Technology*. 15:671-684. <http://dx.doi.org/10.1080/07373939708917253>

Battista, C.A.D., Constela, D., Ramirez-Rigo, M., Pina, J. (2015). The use of arabic gum, maltodextrin and surfactants in the microencapsulation of phytosterols by spray drying. *Powder Technology*. 286:193-201. <http://dx.doi.org/10.1016/j.powtec.2015.08.016>

Botrel, D.A., Borges, S.V., Fernandes, R.V.B., Viana, A.D., Gomes da Costa, J.M., Marques, G.R. (2012). Evaluation of spray drying conditions on properties of microencapsulated oregano essential oil. *International Journal of Food Science and Technology*. 47(11):1-8. doi:10.1111/j.1365-2621.2012.03100.x

Campelo, P.H., do Camo, E.L., Zacarias, R.D., Yoshida, M.I., Ferraz, V.P., de Barros Fernandes, R.V., Botrel, D.A., Borges, S.V. (2017). Effect of dextrose equivalent on physical and chemical properties of lime essential oil microparticles. *Industrial Crops and Products*. 102:105-114.

- Caparino, O.A., Tang, J., Nindo, C.I., Sablani, S.S., Powers, J.R., Fellman, J.K. (2012). Effect of drying methods on the physical properties and microstructures of mango (Philippine 'Carabao' kultivar) powder. *Journal of Food Engineering*. 111:135-148.
- Cynthia, S.J., Bosco, J.D., Bhol, S. (2015). Physical and structural properties of spray dried tamarind (*Tamarindus indica* L.) pulp extract powder with encapsulating hydrocolloids. *International Journal of Food Properties*. 18(8): 1793-1800. <https://doi.org/10.1080/10942912.2014.940536>
- Chen, J., Li, S., Xu, J., Ding, F., Wang, Z., Cheng, Y., Deng, X. (2015). Concentration and distribution of main bitter compounds in fruit tissues of 'Oroblanco' (*Citrus grandis* L. x *Citrus paradisi* Macf.). *Science Horticulture*. 193:84-89. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2015.05.034>
- Fang, A., Bhandari, B. (2012). Comparing the efficiency of protein and maltodextrin on spray drying of bayberry juice. *Food Research International*. 48:478-483. doi:10.1016/j.foodres.2012.05.025
- Ferrari, C.C., Marconi-Germer, S.P., Alvim, I.D., de Aguirre, J.M. (2013). Storage stability of spray-dried blackberry powder produced with maltodextrin or gum Arabic. *Drying Technology*. 31:470-478.
- Fernandes, R.V.B., Borges, S.V., Botrel, D.A. (2014). Gum arabic/starch/maltodextrin/inulin as wall materials on the microencapsulation of rosemary essential oil. *Carbohydrate Polymers*. 101:524-532. <http://dx.doi.org/10.1016/j.carbpol.2013.09.083>
- Fikrinda, W., Susanto, S., Efendi, D., Melati, M. (2015). Study on fruit quality of selected seeded pummelo cultivars and its relationship with antioxidant activity content during storage period. *Agrivita* 37(3):210-219.
- [FDA] Food and Drug Administration. (2012). FDA regulation of nanotechnology [internet]. [diakses 2019 Jul 8]. Tersedia dari : <http://apps.americanbar.org>.
- Horiba Scientific. (2012). TN156, Particle size result interpretation: Understanding particle size distribution calculations [internet]. [diakses 2019 Juli 27]. Tersedia dari : www.horiba.com/us/particle.
- Islam, M.Z., Kitamura, Y., Yamano, Y., Kitamura, M. (2016). Effect of vacuum spray drying on the physicochemical properties, water sorption and glass transition phenomenon of orange juice powder. *Journal of Food Engineering*. 169:131-140. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2015.08.024>
- Jardim, K.V., Joanitti, G.A., Azevedo, R.B., Parize, A.L. (2015). Physico-chemical characterization and cytotoxicity evaluation of curcumin loaded in chitosan/chondroitin sulphate nanoparticles. *Materials Science and Engineering: C*. 56: 294 - 304. <https://doi.org/10.1016/j.msec.2015.06.036>
- Kha, T.C., Nguyen, M.H., Roach, P.D. (2010). Effects of spray drying conditions on the physicochemical and antioxidant properties of the Gac (*Momordica cochinchinensis*) fruit aril powder. *J. Food Eng.* 98, 385-392. doi:10.1016/j.jfoodeng.2010.01.016
- Kim, G.N., Shin, M.R., Lee, A.R., Lee, J.Y., Bu, I.S., Kim, M.Y., Kim, T.H., Noh, J.S., Rhee, M.H., Roh, S.S. (2016). Study of antiobesity effect through inhibition of pancreatic lipase activity of *Diospyros kaki* fruit and *Citrus unshiu* peel. *BioMed. Res. Int.* 2016(1723042), 1-7. <http://dx.doi.org/10.1155/2016/1723042>

- Krishnan, S., Krishirsagar, A.C., Singhal, S. (2005). The use of gum arabic and modified starch in the microencapsulation of food flavor agent. *Carbohydr. Polym.* 62, 309-315.
<https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2005.03.020>
- Krisnaiah, D., Bono, W., Sarbatly, R., Nithyanandam, R., Anisuzzaman, S.M. (2015). Optimisation of spray drying operating conditions of *Morinda citrifolia* L. fruit extract using response surface methodology. *Journal of King Saud University – Engineering Sciences.* 27:26-36.
- Mishra, P., Mishra, S., Mahanta, C.L. (2014). Effect of maltodextrin concentration and inlet temperature during spray drying on physicochemical and antioxidant properties of amla (*Emblca officinalis*) juice powder. *Food and Bioproducts Processing.* 92:252-258.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.fbp.2013.08.003>
- Muzaffar, K., Dinkarrao, B.V., Kumar, P. (2016). Optimization of spray drying conditions for production of quality pomegranate juice powder. *Cogent Food and Agriculture.* 2:1-9.
<http://dx.doi.org/10.1080/23311932.2015.1127583>
- Nadeem, H., Torun, M., Ozdemir, F. (2011). Spray drying of the mountain tea (*Sideritis stricta*) water extract by using different hydrocolloid carriers. *LWT Food Science and Technology.* 44:1626-1635.
- Obon, J.M., Castellar, M.R., Alacid, M., Fernández-López, J.A. (2009). Production of a red-purple food colorant from *Opuntia stricta* fruits by spray drying and its application in food model systems. *Journal of Food Engineering.* 90:471-479.
doi:10.1016/j.jfoodeng.2008.07.013
- Prescott, J.K, Barnum, R.A. (2000). On powder flowability. *Pharmaceutical Technology.* 24(10):60-84.
- Quek SY, Chok NK, Swedlund P. (2007). The physicochemical properties of spray-dried watermelon powders. *Chemical Engineering and Processing.* 46:386-392.
doi:10.1016/j.cep.2006.06.020
- Phisut, N. (2012). Spray drying technique of fruit juice powder: some factors influencing the properties of product. *International Food Research Journal.* 19(4): 1297-1306.
- Shishir, M.R.I., Chen, W. (2017). Trends of spray drying: A critical review on drying of fruit and vegetable juices. *Trends in Food Science & Technology.* 65:49-67.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.tifs.2017.05.006>
- Shi, Q., Fang, Z., Bhandari, B. (2013). Effect of addition of whey protein isolate on spray-drying behavior of honey with maltodextrin as a carrier material. *Drying Technology.* 31:1681-1692.
<https://doi.org/10.1080/07373937.2013.783593>.
- Susanto, S. (2004). Changes in fruit quality of pummelo experiencing storage and remaining on the tree (in Indonesian). *Hayati.* 11(1), 25-28.
- Tonon, R.V., Brabet, C., Hubinger, M.D. (2008). Influence of process conditions on the physicochemical properties of acai (*Euterpe oleraceae* Mart.) powder produced by spray drying. *Journal of Food Engineering.* 88:411-418. doi:10.1016/j.jfoodeng.2008.02.029
- Tontul, I., Toyuz, A. (2017). Spray-drying of fruit and vegetable juices: Effect of drying conditions on the product yield and physical properties. *Trends in Food Science & Technology.* 63:91-102.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.tifs.2017.03.009>
- Tripoli, E., Guardia, M.L., Giammanco, S., Majo, D.D., Giammanco, M. (2007). Citrus

flavonoids: molecular structure, biological activity and nutritional properties: a review. *Food Chemistry*. 104:466–79. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.11.054>

Xu, G., Liu, D., Chen, J., Ye, X., Ma, Y., Shi, J. (2008). Juice components and antioxidant capacity of citrus varieties cultivated in China. *Food Chemistry*. 106:545-551. doi :

10.1021/jf062517l

Yousefi, S., Emam-Djomeh, Z., Mousavi, M.S. (2011). Effect of carrier type and spray drying on the physicochemical properties of powdered and reconstituted pomegranate juice (*Punica granatum* L.). *Journal of Food Science and Technology*. 48: 677-684. doi 10.1007/s13197-010-0195-x