

## Original Article

# Pengaruh Suhu Pengeringan terhadap Struktur Amorf dan Sifat Fisik Nira Kelapa Serbuk dengan Penambahan Maltodekstrin

Muhammad Rizky Ramanda\*

Institut Teknologi Sumatera, Jl. Terusan Ryacudu, Way Huwi, Kec. Jati Agung, Kab. Lampung Selatan, Lampung, Indonesia 35365

\* Corresponding email: [muhammad.ramanda@tp.itera.ac.id](mailto:muhammad.ramanda@tp.itera.ac.id)

**Abstract:** *One of the sucrose sources or food with high sugar content in Indonesia is sap/nira. Processed innovations from coconut sap besides brown sugar, can be made into powdered sugar. Powdered sugar can be crystalline or amorphous. One of the advantages of amorphous structures in high sugar products is the bright color and more soluble in water. Amorphous powdered coconut sugar in its manufacture has constraints, one of which is stickiness. This is because coconut sap is a food ingredient with high sugar content and has a low glass transition temperature of around 62°C, so it is necessary to add maltodextrin with a Tg value of 135-140°C to increase the value of the product's glass transition. In addition, the impact of the drying rate will affect the resulting structure. This research focused on testing coconut sap powder with the addition of maltodextrin with a temperature comparison during the drying process where the temperature used was 50°C, 60°C, 70°C, 80°C using a vacuum dryer. Data analysis was carried out, namely the amorphous-crystalline structure test, hygroscopicity rate test, and color test. The resulting data showed that the higher the temperature used, the higher the amorphous structure that was formed, and also had an impact on the hygroscopicity rate and color intensity.*

**Keywords:** *amorphous, coconut sap powder, drying rate, hygroscopicity, maltodextrin, sugar*

**Abstrak:** Salah satu sumber sukrosa atau bahan pangan berkadar gula tinggi yang ada di Indonesia adalah nira. Selain gula cetak, nira kelapa dapat diinovasikan menjadi gula serbuk. Gula serbuk dapat berupa kristal dan dapat berupa bentuk amorf. Salah satu kelemahan gula kelapa serbuk amorf adalah kelengketan. Hal ini disebabkan karena nira kelapa merupakan bahan pangan berkadar gula tinggi yang memiliki suhu transisi gelas (Tg) rendah berkisar 62°C sehingga perlu ditambahkan maltodekstrin dengan nilai Tg 135-140°C untuk menaikkan nilai Tg produk. Selain itu, dampak dari laju pengeringan akan berpengaruh terhadap struktur yang dihasilkan. Penelitian ini bertujuan untuk menguji nira kelapa serbuk dengan penambahan maltodekstrin dengan perbandingan suhu saat proses pengeringan. Suhu yang digunakan yaitu 50°C, 60°C, 70°C, 80°C dengan menggunakan alat *vacuum dryer*. Pengujian struktur amorf-kristalin menggunakan alat X-Ray Diffraction (XRD) dengan menganalisis struktur fasa kristalin dan ukuran partikel, uji laju higroskopitas, waktu larut, dan uji warna. Perhitungan presentase Amorf-Kristalin menggunakan software OriginPro. Hasil penelitian menunjukkan semakin tinggi suhu yang digunakan maka semakin tinggi struktur amorf yang terbentuk, serta berdampak terhadap laju higroskopisitas, waktu larut dan intensitas warna.

**Kata Kunci:** amorf, gula, higroskopisitas, laju pengeringan, maltodekstrin, nira kelapa serbuk

## PENDAHULUAN

Gula merupakan salah satu bahan pangan sumber karbohidrat dan sumber energi atau tenaga yang dibutuhkan oleh tubuh manusia. Menurut Koswara, gula pasir atau sukrosa adalah jenis gula terbanyak di alam [1], diperoleh dari ekstraksi batang tebu, umbi, nira kelapa dan nira pohon maple (*Acer saccharum*). Salah satu sumber sukrosa atau bahan pangan berkadar gula tinggi yang ada di Indonesia adalah nira kelapa.

Nira kelapa segar yang belum mengalami proses fermentasi mempunyai rasa manis, berbau harum, dan jernih serta mempunyai pH 6-7. Pemanfaatan nira sebagai gula sudah ada dalam bentuk gula cetak dan gula semut yang dibuat dengan cara tradisional. Bentuk gula kelapa cetak ini tidak praktis dalam penggunaannya selayaknya gula tebu biasa. Solusi dalam pemanfaatan nira kelapa sebagai bahan pangan dengan umur simpan lebih lama yaitu dengan cara proses pengeringan menjadi gula kelapa serbuk. Pengeringan nira kelapa menjadi gula kelapa serbuk dapat meningkatkan nilai kepraktisan, yaitu mudah larut sehingga praktis dalam penyajian, mudah dikemas dan dibawa, serta daya simpan yang lama karena memiliki kadar air yang rendah [2].

Gula serbuk dapat berupa kristal dan dapat berupa bentuk amorf. Perbedaan pada kristalin dan amorf dilihat dari molekul yang tersusun dimana kristalin memiliki molekul yang tersusun secara berulang dan teratur sedangkan amorf memiliki molekul yang tersusun cukup abstrak [3]. Faktor seperti laju pengeringan dan komposisi bahan berpengaruh terhadap struktur amorf (*glassy*) yang dihasilkan. Untuk memperoleh struktur *amorphous-glassy state*, laju pengeringan harus cepat [3][4]. Bila laju pengeringan terjadi secara cepat maka tidak ada waktu untuk terbentuknya struktur kristal sehingga struktur amorf yang dominan akan dihasilkan dan sebaliknya [5].

Gula kelapa serbuk dalam pembuatannya memiliki kendala, salah satunya adalah kelengketan. Hal ini disebabkan karena nira kelapa merupakan bahan pangan berkadar gula tinggi memiliki suhu transisi gelas yang rendah [6]. Sukrosa merupakan bagian zat padat dari nira kelapa yang terbesar berkisar antara 12.30 – 17.40 % [7] dan memiliki suhu transisi gelas sebesar 62°C [6].

Penyebab gula kelapa serbuk akan mengalami kelengketan apabila dipanaskan diatas suhu transisi gelas tersebut adalah sukrosa. Untuk mengatasi hal tersebut, suhu transisi gelas ( $T_g$ ) sukrosa dapat ditingkatkan dengan penambahan bahan penyalut yang memiliki suhu transisi gelas yang lebih tinggi. Terdapat beberapa jenis bahan penyalut yang dapat ditambahkan ke dalam pangan jenis karbohidrat seperti maltodekstrin, siklodekstrin, gum arab dan pati [14]. Diantara keempat bahan tersebut, maltodekstrin memiliki beberapa kelebihan seperti tidak meningkatkan laju higroskopitas dan mengurangi rasa manis, mudah larut dalam air dingin, mengalami dispersi cepat, memiliki sifat daya larut yang tinggi maupun membentuk film, membentuk sifat higroskopis yang rendah, sifat *browning* yang rendah, mampu menghambat kristalisasi, dan memiliki daya ikat yang kuat serta harganya yang murah [8]. Oleh karena itu, maltodekstrin menjadi pilihan untuk meningkatkan suhu transisi gelas pada sukrosa dan nira kelapa. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis struktur amorf-kristalin, laju higroskopisitas, waktu larut, dan intensitas warna nira kelapa yang ditambahkan maltodekstrin dengan perbandingan suhu pengeringan. Penelitian ini dilakukan untuk menentukan varian suhu terbaik berdasarkan parameter struktur amorf-kristalin, laju higroskopisitas, waktu larut, dan intensitas warna.

## METODE PENELITIAN

### Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan oven vakum Binder VD 23 (Jerman), cawan petridish, cawan, grinder, kain saring, *beaker glass*, spatula, *magnetic stirrer*, *hot plate stirrer*, neraca analitik, cawan silica, botol vial, aw meter, *Chromameter* CM-5 Konica Minolta (Jepang), refraktometer ATAGO NAR-1TLiquid 60-100 °Brix, *X-Ray Diffraction* (XRD) Merk PANalytical (Belanda), *Clampmeter* VIP 8106 (Jepang) dan desikator merk Duran. Bahan-bahan yang digunakan terdiri dari nira kelapa (Pangandaran desa Kertamukti), maltodekstrin DE 18-20 (Lihua Starch), aquades, K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, KCl, NaCl, NaNO<sub>2</sub>, Mg(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, MgCl<sub>2</sub>, CH<sub>3</sub>COOK, LiCl (Pro Analys Merck), silica gel.

### Metode

Metode yang digunakan dalam penelitian kali ini yaitu metode analisis deskriptif yaitu dengan cara mengumpulkan data hasil penelitian dan data tersebut disusun, diolah dan dianalisis dengan memberikan gambaran hasil penelitian tersebut. Penelitian terdiri dari 2 tahap, tahap pertama melakukan pengeringan nira kelapa:maltodekstrin dengan perbandingan (7:3) menggunakan oven vakum (Binder Vacuum Dryer 23) dengan suhu 50°C, 60°C, 70°C, 80°C. Sampel yang didapatkan berjumlah 4 sampel berdasarkan varian suhu dengan dua kali ulangan. Tahapan kedua melakukan pengujian struktur amorf-kristalin menggunakan alat *X-Ray Diffraction* (XRD) Merk PANalytical dengan menganalisis struktur fasa kristalin dan ukuran partikel [3], laju higroskopisitas menggunakan perbandingan waktu dengan berat pada bahan [14], intensitas warna menggunakan *Benchstop Chromameter* dengan menggunakan metode CIE L\*a\*b, dan waktu larut sampel [14].

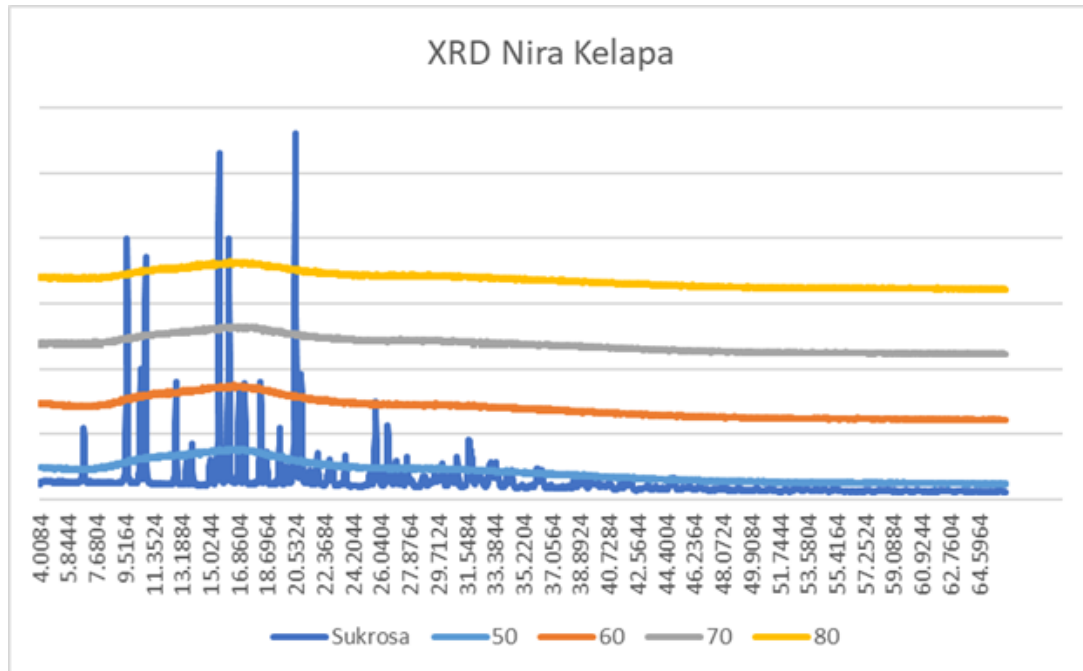
### Analisis

Hasil perbandingan struktuf amorf ditentukan menggunakan software OriginPro (OriginLab Corporation, USA) dengan cara melihat *peak* dan *baseline* dari pembacaan grafik dari analisis XRD. Laju higroskopisitas, warna dan waktu larut dianalisis menggunakan SPSS dengan nilai signifikansi >5% maka nilai rata-rata pada setiap varian adalah sama. Namun, jika nilai signifikansi <5% maka rata-rata pada setiap varian adalah berbeda dan akan diuji lebih lanjut menggunakan uji *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT) untuk melihat perbedaan nyata pada setiap kelompok perlakuan atau varian.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Struktur Kristalin-Amorf Bubuk Nira Kelapa (XRD)

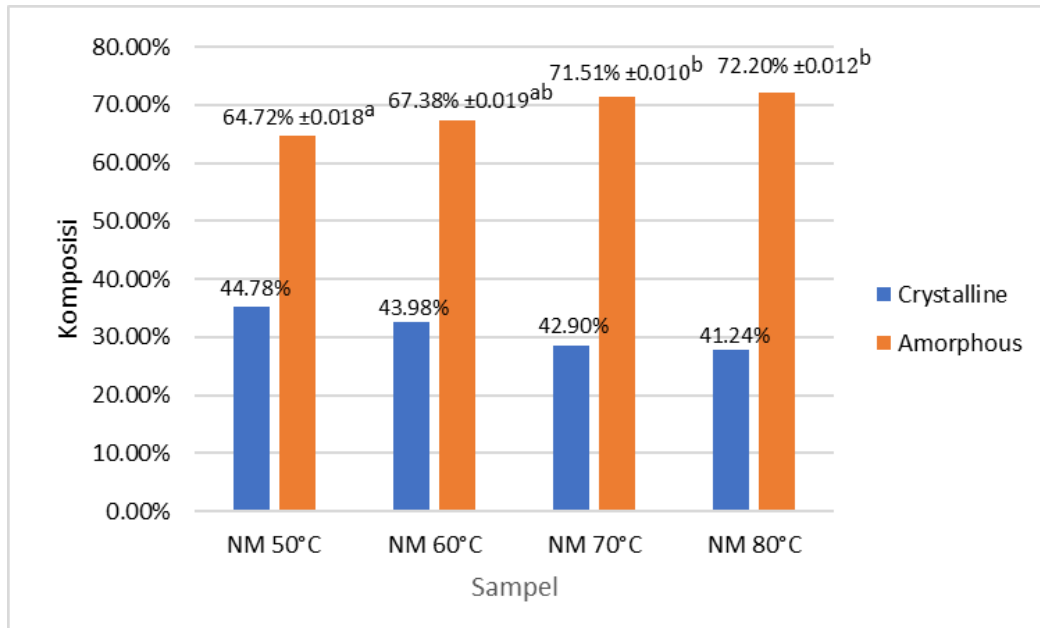
XRD bertujuan untuk mengidentifikasi fase kristalin dalam material dengan cara menentukan parameter struktur kisi serta untuk mendapatkan ukuran partikel. Data struktur XRD pengeringan nira kelapa menunjukkan semakin tinggi suhu pada proses pengeringan maka semakin banyak pula struktur amorf yang terbentuk begitu pula sebaliknya. Sukrosa bubuk dijadikan sampel kontrol dalam penentuan struktur amorf-kristalin pada nira kelapa serbuk dikarenakan sifat struktur sukrosa bubuk bersifat kristalin [10]. Gambar 1 menunjukkan profil gabungan dari hasil analisis XRD variasi suhu pengeringan nira kelapa dan sukrosa bubuk.



**Gambar 1** Profil gabungan XRD nira kelapa pengeringan oven vakum dengan variasi suhu dan sukrosa

Pada penelitian sebelumnya, bubuk nira kelapa yang dihasilkan dari metode tradisional membentuk struktur kristalin lebih banyak dibanding amorf dengan presentase perbandingan 90.50% (kristalin) dan 9.5% (amorf) [9]. Penambahan maltodekstrin dengan berbagai variasi menunjukkan semakin banyak maltodekstrin yang ditambahkan maka semakin banyak amorf yang terbentuk. Hal ini menjadi rujukan dalam penentuan standarisasi perbandingan struktur amorf dan kristalin dalam penelitian ini. Terdapat perbedaan signifikan antara profil XRD dari sukrosa standar dengan bubuk nira kelapa metode pengeringan oven vakum. Hal tersebut disebabkan struktur pada sukrosa berbentuk kristalin dan nira kelapa pengeringan vakum dominan berbentuk amorf [11]. Gambar 1 menunjukkan grafik sukrosa memiliki jumlah *peak* yang cukup banyak. Pembentukan partikel amorf juga terjadi pada bahan pangan berkadar gula tinggi yang dikeringkan dengan metode pengeringan dengan laju evaporasi yang tinggi seperti tepung mangga metode *freeze drying* [12], laktosa metode *spray drying* dan *freeze drying* [13], tepung madu metode pengeringan vakum [10], dan tepung nira kelapa dengan berbagai perbandingan maltodekstrin [14].

Model persamaan trapezoid merupakan model yang digunakan dalam menghitung persentase antara struktur kristalin dan amorf pada bahan yang sudah dikeringkan. Menurut Haque dan Roos, struktur kristalin dapat dilihat dari banyaknya titik puncak dalam grafik XRD dimana titik tersebut memiliki intensitas yang cukup tinggi dibanding titik lainnya [13]. Berdasarkan penelitian tersebut, dapat disimpulkan untuk menentukan persentase perbandingan antara partikel kristalin dan amorf dapat dihitung dengan cara mencari luas dari titik-titik puncak pada grafik sukrosa standar dan bubuk nira tradisional (kristalin) serta grafik sukrosa, sukrosa-maltodekstrin dan nira kelapa yang sudah dikeringkan dengan metode oven vakum (amorf) dengan persamaan trapezoid. Komposisi persentase perbandingan struktur kristalin dan amorf dari nira kelapa ditunjukkan pada Gambar 2.

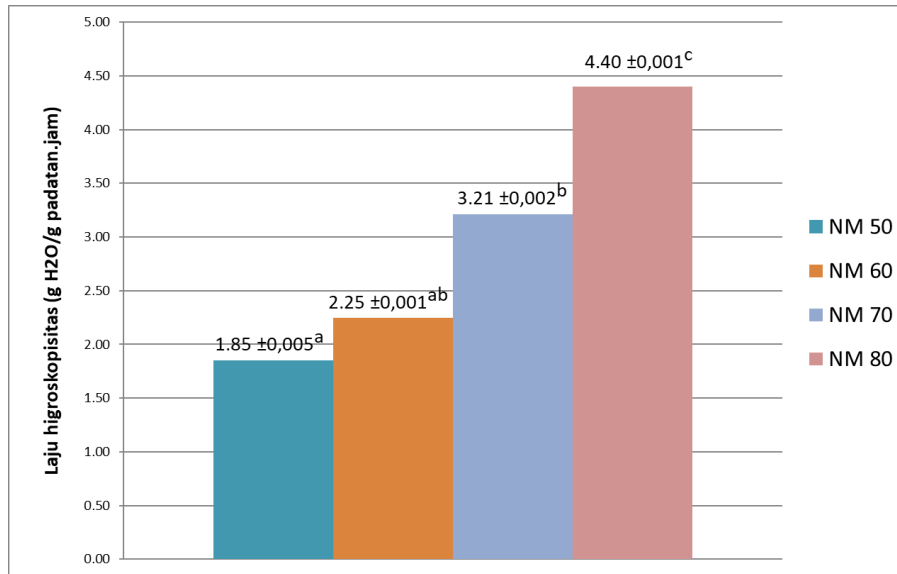


**Gambar 2** Komposisi Struktural Kelapa-Maltodekstrin  
Keterangan: NM: Nira Kelapa-Maltodekstrin

Bubuk nira kelapa suhu 50°C memiliki persentase sebanyak 35.28% partikel kristalin dan 64.72% partikel amorf serta pada suhu 80°C memiliki persentase sebanyak 27.80% partikel kristalin dan 72.20% partikel amorf. Hal tersebut menunjukkan bahwa struktur bubuk nira kelapa sesuai dengan permodelan sukrosa dimana semakin tinggi suhu pengeringan maka semakin banyak amorf yang terbentuk. Kesimpulan dari data tersebut juga bahwa struktur bubuk nira kelapa sangat mirip dengan struktur bubuk sukrosa maltodekstrin karena nira kelapa itu sendiri memiliki kandungan sukrosa sejumlah 12.30 – 17.40 % (berat basah), lebih banyak dibanding kandungan gula lainnya [7].

### Laju Higroskopisitas Nira Kelapa

Laju higroskopisitas diuji untuk melihat daya adsorpsi air pada gula kelapa serbuk. Kenaikan berat air yang terserap terhadap waktu akan menghasilkan nilai *slope* yang akan dibaca sebagai laju higroskopisitas (g air/g berat kering x menit). Hasil analisis pada laju higroskopisitas menunjukkan bahwa bubuk nira kelapa-maltodekstrin dan variasi suhu pengeringan memberikan pengaruh yang nyata pada laju higroskopisitas bubuk nira kelapa yang dihasilkan. Grafik laju higroskopisitas nira kelapa dapat dilihat pada Gambar 3.



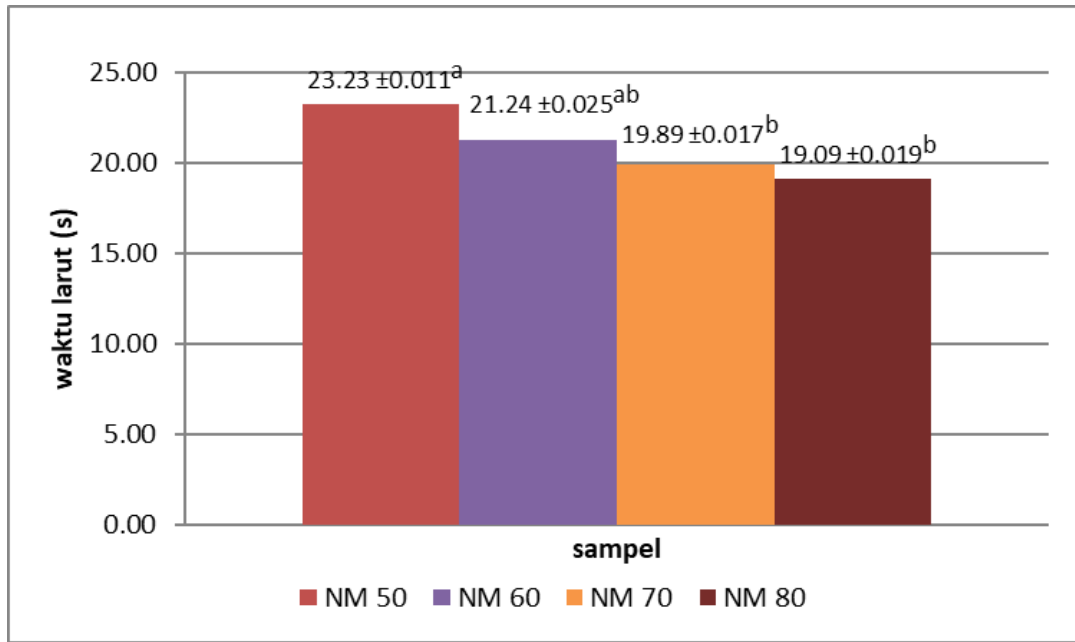
**Gambar 3** Laju Higroskopisitas Nira Kelapa Maltodekstrin  
(Keterangan: NM yaitu (Nira Kelapa-Maltodekstrin))

Laju higroskopisitas dari keempat perlakuan berkisar dari  $1.85 \times 10^4 - 4.40 \times 10^4$  g air/g berat kering.menit. Dapat disimpulkan bahwa perbandingan variasi suhu pengeringan memberikan pengaruh terhadap laju higroskopisitas bubuk nira kelapa. Gambar 3 menunjukkan bahwa nilai laju higroskopisitas bubuk nira kelapa-maltodekstrin tidak berbeda jauh dari nilai laju higroskopisitas dari sukrosa maltodekstrin [10].

Menurut Nurhadi, peningkatan suhu dalam pengeringan dapat menambah laju higroskopisitas [9]. Hal tersebut terjadi karena semakin tinggi suhu pengeringan maka semakin cepat laju pengeringan sehingga membentuk struktur amorf dan memiliki kadar air lebih tinggi dan membuat bubuk mampu menyerap air lebih banyak dibanding bubuk dengan suhu pengeringan yang lebih rendah. Menurut Shi, Fang dan Bhandari, penambahan konsentrasi maltodekstrin dapat mengurangi laju higroskopisitas [15]. Peristiwa ini disebabkan karena kemampuan maltodekstrin untuk menyeimbangkan bagian hidrofilik dan hidrofobik pada partikel sehingga mengurangi jumlah air yang diserap dan kemampuannya meningkatkan suhu transisi gelas. Pada penelitian Nurhadi disimpulkan bahwa untuk menghasilkan perbedaan hasil yang signifikan maka perlu ditambahkan maltodekstrin sebesar  $\geq 50\%$  (b/b per total berat kering) [14].

### Waktu Larut

Waktu larut dari nira kelapa diuji dengan menghitung waktu pelarutan bubuk tersebut hingga larut sempurna dengan pengadukan menggunakan *magnetic stirrer* dengan indikasi tidak ada partikel yang terlihat pada larutan [14]. Waktu larut merupakan parameter penting bagi serbuk instan. Gambar 4 menunjukkan bahwa variasi suhu pengeringan dan penambahan maltodekstrin memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap waktu larut bubuk sukrosa dan nira kelapa. Berikut adalah hasil pengujian waktu larut nira kelapa (Gambar 4).



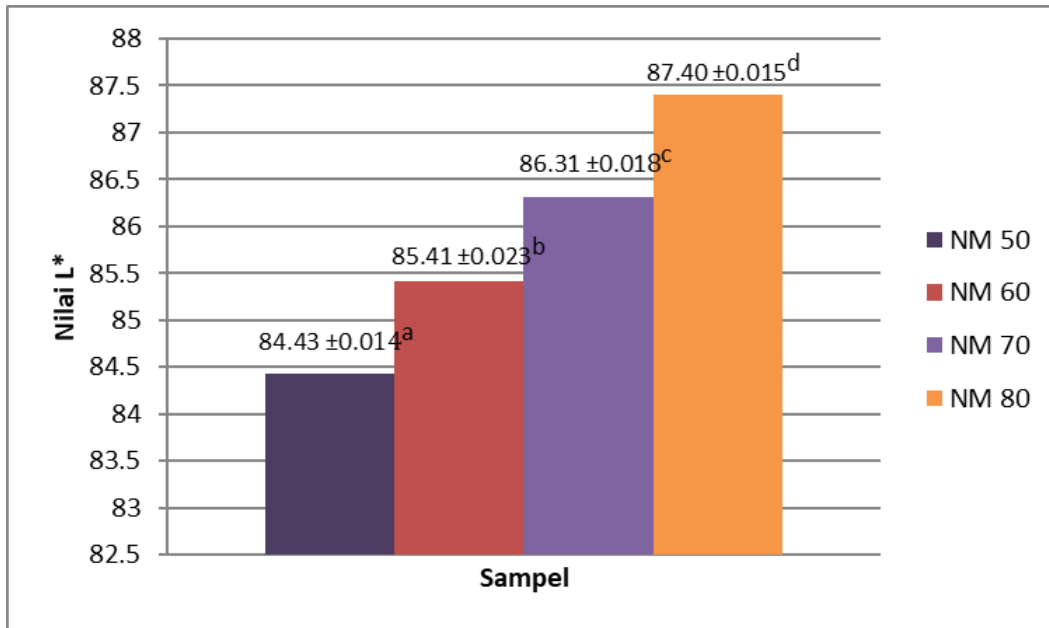
**Gambar 4** Waktu Larut Nira Kelapa-Maltodekstrin  
(Keterangan: NM yaitu (Nira Kelapa-Maltodekstrin))

Berdasarkan Gambar 4, waktu larut dari bubuk nira maltodekstrin berkisar dari 19.09 – 23.23 detik. Nilai waktu larut tertinggi bubuk nira kelapa-maltodekstrin ditunjukkan oleh perlakuan suhu 50°C dengan nilai 23.23 detik dan nilai waktu larut terendah ditunjukkan oleh perlakuan suhu 80°C dengan nilai 19.09 detik. Hasil tersebut menunjukkan semakin rendah suhu saat pengeringan maka semakin lama waktu larut yang terjadi. Hal ini disebabkan semakin banyak struktur amorf pada bubuk maka semakin cepat waktu larut terjadi. Hasil ini juga sesuai dengan hasil penelitian [16] [17] yang menyatakan semakin tinggi kandungan partikel amorf suatu bahan pangan maka semakin cepat waktu larut bahan pangan tersebut. Maltodekstrin berperan dalam mempercepat waktu larut. Hal ini disebabkan bahan yang ditambah dengan maltodekstrin saat pengeringan, membuat partikel amorf menjadi lebih banyak. Hasil ini sesuai dengan penelitian [14], pengeringan dengan metode *vacuum drying* dapat menghasilkan gula kelapa serbuk dengan waktu larut yang lebih cepat dibanding dengan metode *spray drying*. Sementara gula kelapa serbuk hasil metode *vacuum drying* dengan penambahan maltodekstrin (6:4) menunjukkan waktu larut yang lebih cepat.

### Intensitas Warna

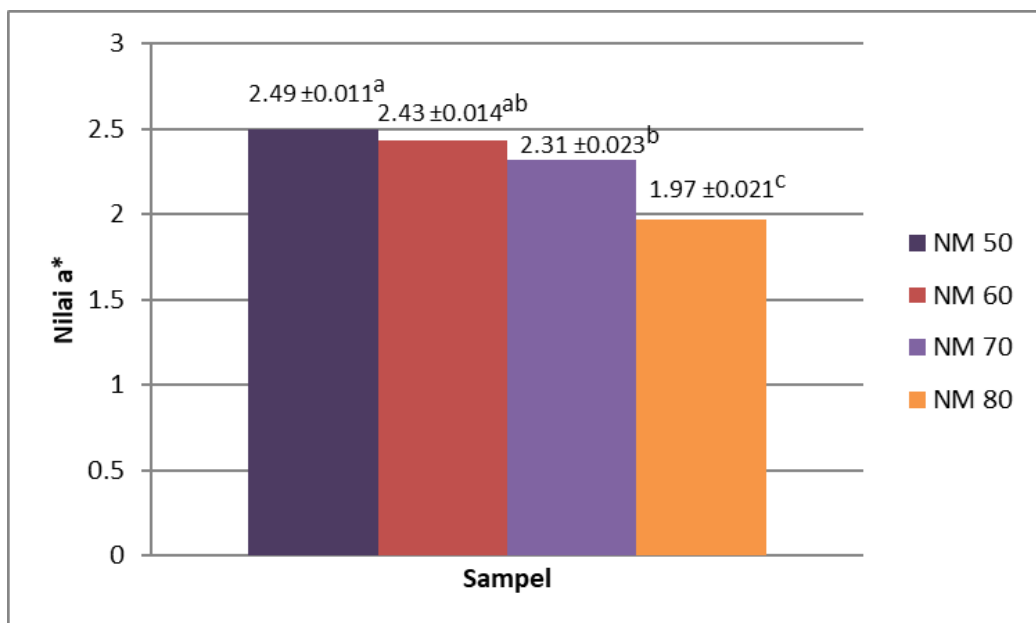
Pengamatan warna gula kelapa bubuk dalam penelitian ini menggunakan metode CIE  $L^*a^*b^*$ ,  $L^*$  menandakan lightness ( $L^* = 0$  paling gelap,  $L^* = 100$  paling cerah), sementara  $a^*$  dan  $b^*$  merupakan koordinat *chromacity*.  $+a^*$  adalah arah merah,  $-a^*$  adalah arah hijau,  $+b^*$  adalah arah kuning dan  $-b^*$  adalah arah biru. Secara kasat mata, nira kelapa berwarna kuning putih hingga kuning kecoklatan. Hasil pengamatan intensitas warna dapat dilihat dalam Gambar 5.

Gambar 5 menunjukkan bahwa nilai  $L^*$  bubuk nira kelapa meningkat seiring dengan meningkatnya suhu saat pengeringan. Seiring kenaikan suhu maka semakin tinggi pula nilai  $L^*$ , hal ini disebabkan oleh suhu yang semakin tinggi akan mempercepat pengeringan dan menurunkan kadar air pada bahan, dimana kadar air ini berpengaruh terhadap nilai kecerahan pada bahan pangan [18]. Nilai  $L^*$  menyatakan cahaya pantul yang akan menghasilkan warna akromatik putih, abu-abu, dan hitam.



**Gambar 5** Nilai L\* Nira Kelapa-Maltodekstrin  
(Keterangan: NM yaitu (Nira Kelapa-Maltodekstrin))

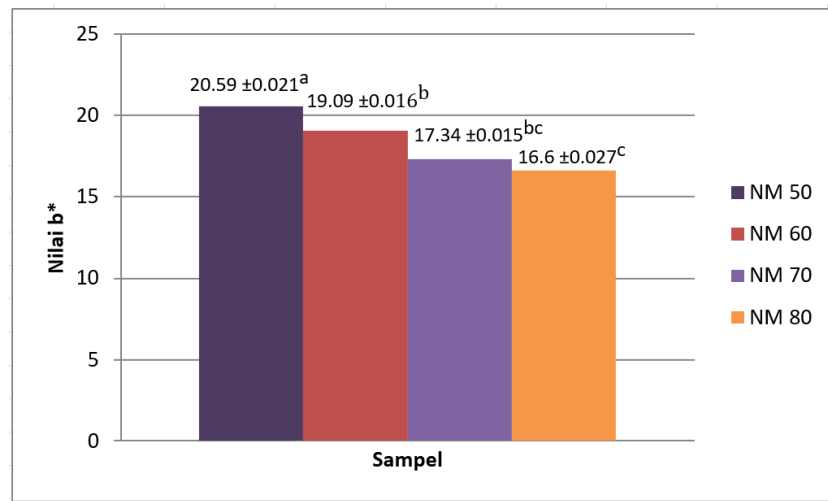
Warna yang dihasilkan bubuk nira kelapa hasil suhu 50°C lebih gelap jika dibandingkan warna bubuk nira kelapa suhu lainnya, hal ini disebabkan selama pembuatan gula secara pengeringan oven vakum melibatkan reaksi maillard. Reaksi maillard terjadi akibat adanya reaksi kelompok asam amino dan gula pereduksi [19]. Menurut Erminawati, pencoklatan akibat reaksi maillard akan meningkat seiring dengan meningkatnya suhu pengolahan yang digunakan [20]. Selain itu, lama waktu proses pengeringan mempengaruhi terjadinya pencoklatan pada bubuk nira kelapa dimana proses pada suhu 50°C lebih lama dibanding suhu 80°C. Selanjutnya Gambar 6 akan menunjukkan tingkat warna hijau sampai merah (a\*) pada bubuk nira kelapa.



**Gambar 6** Nilai a\* Nira Kelapa-Maltodekstrin  
(Keterangan: NM yaitu (Nira Kelapa-Maltodekstrin))



Hasil pembacaan spektrofotometer CM-5 menunjukkan angka positif dan semakin tinggi suhu saat pengeringan maka semakin rendah nilai  $a^*$  tersebut. Warna merah pada sampel nira kelapa disebabkan karena reaksi maillard yang dapat menghasilkan pigmen coklat kemerahan [21]. Hal ini disebabkan karena sampel dengan suhu pengeringan rendah dan kadar air tinggi membutuhkan waktu pengeringan yang lebih lama, dimana semakin lama waktu pengeringan, seperti yang telah dijelaskan waktu pengeringan yang lama ini akan menyebabkan terjadi nya reaksi *maillard* pada sampel bubuk gula. Selanjutnya Gambar 7 menunjukkan intensitas warna biru hingga kuning pada bubuk nira kelapa.



**Gambar 7** Nilai  $b^*$ ; Nira Kelapa-Maltodekstrin  
(Keterangan: NM yaitu (Nira Kelapa-Maltodekstrin))

Hasil pembacaan spektrofotometer CM-5 menunjukkan bubuk nira kelapa memiliki warna kuning karena menunjukkan angka positif. Semakin meningkat intensitas warna  $+b^*$  maka warna gula bubuk semakin kuning. Data tersebut menunjukkan semakin tinggi suhu maka semakin turun nilai  $b^*$ , hal tersebut disebabkan semakin rendah suhu yang digunakan saat pengeringan maka semakin lama waktu proses pengeringan sehingga membuat bahan berubah warna kearah kuning kecoklatan. Pada bubuk nira kelapa, warna kuning ini berasal dari zat warna alami nira, yaitu saccharetin. Nilai  $b^*$  bubuk nira kelapa semakin menurun sejalan dengan kenaikan suhu pada proses pengeringan. Warna kuning yang dihasilkan pada bubuk nira kelapa disebabkan oleh peningkatan kadar gula pereduksi, dimana gula pereduksi ini merupakan reaktan dari reaksi *maillard* yang menghasilkan pigmen karamel, ketika gula pereduksi bereaksi dengan asam amino sehingga makanan menjadi kekuningan [22]. Pengeringan bubuk nira kelapa dengan suhu 50°C menghasilkan warna yang lebih kuning dibandingkan dengan pengeringan dengan suhu 80°C. Hal ini disebabkan karena aktivitas enzim invertasi yang akan bekerja secara optimal pada suhu 50°C. Menurut Nurhadi [14], aktivitas enzim invertasi akan mencapai puncaknya pada suhu 50°C dan akan menurun pada suhu 70°C.

## KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan perbedaan suhu sangat berpengaruh pada proses pengeringan vakum gula serbuk nira kelapa-maltodekstrin, semakin tinggi suhu pada proses pengeringan maka semakin tinggi struktur amorf yang terbentuk karena semakin cepat laju

pengeringan. Penambahan maltodekstrin juga mampu membentuk struktur amorf lebih banyak dibanding sukrosa kontrol serta penambahan maltodekstrin juga mampu membentuk amorf lebih banyak dengan persentase 72.41% dibanding sukrosa tanpa maltodekstrin dengan persentase 58.76% dan dapat menaikkan laju higroskopisitas berkisar  $1.96 \times 10^{-4}$  g H<sub>2</sub>O/g padatan.jam hingga  $4.66 \times 10^{-4}$  g H<sub>2</sub>O/g padatan. Kecepatan larut selama 19.09 detik dan warna lebih cerah berdasarkan nilai L\* 87.405, a\* 1.97 dan b\* 16.6.

### **UCAPAN TERIMA KASIH**

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Bambang Nurhadi, S.T.P., M.Sc., Ph.D yang sudah memberikan inspirasi, motivasi dan wawasan ilmu pengetahuan tentang pengeringan dan bahan berkadar gula tinggi. Karena beliau penulis menyelesaikan penelitian ini.

### **KONFLIK KEPENTINGAN**

Tidak ada konflik kepentingan dalam artikel ini.

### **REFERENSI**

- [1] Koswara, S., 2008 “Makanan Bergula dan Kerusakan Gigi”, Toko Ebook
- [2] Zuliana, C., Widyastuti, E. and Susanto, W. H. (2016) “Pembuatan Gula Semut Kelapa (Kajian pH Gula Kelapa dan Konsentrasi Natrium Bikarbonat”.
- [3] Roos, Y. H. (1995). “Phase Transitions in Foods”. California: Academic Press, Inc.
- [4] Roos, Y.H. and S. Drusch. (2016). Phase transition in foods second edition. Academic Press. Oxford.
- [5] Nurhadi, B., & Roos, Y.H. (2016) a. Dynamic Water Sorption for the Study of Amorphous Content of vacuum dried honey powder. *Journal of Powder Technology* 301: 981-988.
- [6] Nurhadi, B. and Nurhasanah, S. (2010) *Sifat Fisik Bahan Pangan*. Bandung: Widya Padjadjaran.
- [7] Santoso, H. B. (1993) ‘Pembuatan Gula Kelapa’. Yogyakarta: Penerbit Kanisius.
- [8] Carlos, L. de A.; Resende, J. V. de.; Cal-Vidal, J. 2005. Redução da higroscopicidade de pós liofilizados pela indução da cristalização em soluções-modelo de açúcares constituintes de frutas. *Brazilian Journal of Food Technology*, v.8, p.163-173.
- [9] Rizaldi, A. 2012. *Kajian Penggunaan Maltodekstrin pada Pembuatan Gula Aren Serbuk dengan Metode Spray Drying*. Skripsi. Fakultas Teknologi Industri Pertanian. Universitas Padjadjaran, Jatinangor.
- [10] Nurhadi, B., & Roos, Y. H. (2016) b. Water Sorption and Water Plasticization Behavior of Vacuum Dried Honey. *International Journal of Food Properties* 19: 1370-1380.
- [11] Nofliani, Z. 2018. *Perbandingan Karakteristik Fisik Gula Bubuk Asal Nira Kelapa Hasil Pengolahan Tradisional dan Hasil Pengeringan Vakum*. Skripsi. Fakultas Teknologi Industri Pertanian. Universitas Padjadjaran, Jatinangor.
- [12] Harnkarnsujarit N, Charoenrein S (2011). Influence of collapsed structure on stability of beta-carotene in freeze drying mangoes. *Food Res Int* 44:3188-3194
- [13] Haque, M.K., dan Y.H. Roos. 2005. Crystallization and X-ray Diffraction of Spray-dried and Freeze-dried Amorphous Lactose. *Carbohydrate Research*. 340(2): 293-301.

- [14] Nurhadi, B., Sukri, N., Sugandi, W. K., Widanti, A. P., Restiani, R., Nofliandrini, Z., Herudiyanto, M. 2018. Comparison of Crystallized Coconut Sugar Produced by Traditional Method and Amorphous Coconut Sugar Formed by Two Drying Methods: Vacuum Drying and Spray Drying. *International Journal of Food Properties*, 21(1), 2339–2354. <https://doi.org/10.1080/10942912.2018.151778>
- [15] Shi, Q., Fang, Z. and 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(13–14), pp. 1681–1692. doi: 10.1080/07373937.2013.783593.
- [16] Cano-Chauca, M., P.C. Stringheta, A.M. Ramos, J. Cal-Vidal. 2005. Effect of the Carriers on the Microstructure of Mango Powder Obtained by Spray Drying and its Functional Characterization. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 6(4): 420-428.
- [17] Caparino, O.A., J. Tang, C.I. Nindo, S.S. Sablani, J.R. Powers, J.K. Fellman. 2012. Effect of Drying Methods on the Physical Properties and Microstructures of Mango (Philippine ‘Carabao’ var.) Powder. *Journal of Food Engineering*. 111(1): 135-148.
- [18] Apriliani, I. 2019. Pengaruh Suhu Pengeringan Dan Kadar Air Gula Cetak Terhadap Karakteristik Gula Semut. Skripsi. Fakultas Teknologi Industri Pertanian. Universitas Padjadjaran, Jatinangor.
- [19] Putra, I.N.K., 2016. Upaya Perbaikan Gula Semut dengan Pemberian NaMetabidulfit. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan* 5.
- [20] Erminawati, K., Yanto, T., Setyowati, R., & P. Haryanti. 2018. Effect of pH and Temperature on Browning Intensity of Coconut Sugar and Its Antioxidant Activity. *Food Research*, 2(1), Pp. 32–38.
- [21] Bemiller, J.N., 2007. *Carbohydrate Chemistry for Food Scientists*, 2nd Edition, 2 edition. ed. Amer Assn of Cereal Chemists, St. Paul, Minn.
- [22] Reis, L. R., Lenzi, M. K., & Masson, M. L. 2012. Effect of Vacuum Drying Conditions on The Quality of Yacon (*Smaallanthus Onc hifolius*) Slices : Process Optimization Toward Color Quality. *Journal of Food Processing and Preservation*, 36(1), 67–73. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4549.2011.00555>.