

**TEKNOLOGI MEMBRAN ULTRAFILTRASI UNTUK PROSES PENJERNIHAN
NIRA SORGUM : EVALUASI SIFAT FISIKOKIMIA DAN SENSORI PRODUK
GULA KRISTAL SORGUM**

ARTIKEL HASIL PENELITIAN

*Diajukan untuk Memenuhi Syarat Kelulusan
Program Magister Teknologi Pangan*

Oleh :

Rizal Maulana Ghaffar
208050001



PROGRAM MAGISTER TEKNOLOGI PANGAN

UNIVERSITAS PASUNDAN

BANDUNG

2022

Teknologi Membran Ultrafiltrasi Untuk Proses Penjernihan Nira Sorgum : Evaluasi Sifat Fisikokimia Dan Sensori Produk Gula Kristal Sorgum

Ultrafiltration Membrane Technology For Sorghum Juice Purification Process: Evaluation of Physicochemical And Sensory Properties Of Sorghum Crystal Sugar Products

Rizal Maulana Ghaffar^{1*}, Wisnu Cahyadi², dan Sandi Darniadi³

^{1,2} Program Studi Teknologi Pangan, Universitas Pasundan, Bandung

³ Pusat Riset Teknologi Tepat Guna, Badan Riset dan Inovasi Nasional, Subang

*E-mail : rizalmaulanag@unpas.ac.id

ABSTRAK

Sorghum (*Sorghum bicolor L.*) merupakan tanaman serealia yang potensial untuk digunakan sebagai bahan pemanis karena pada niranya memiliki kandungan gula yang cukup tinggi. Nira mengandung komponen pengotor seperti zat-zat non gula, bahan pereduksi yang tidak dapat difermentasi, pati, dan mineral seperti natrium, magnesium dan kalsium yang cukup besar terdapat pada kulit batang sorgum ikut terlarut yang membuat warna nira menjadi tidak jernih. Oleh karena itu, pada pengolahan nira menjadi gula diterapkan teknologi membran ultrafiltrasi sehingga dapat memperbaiki tingkat kejernihan, kandungan bahan pengotor rendah. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penggunaan membran ultrafiltrasi terhadap karakteristik fisikokimia nira, mengetahui pengaruh penggunaan membran ultrafiltrasi pada nira sorgum terhadap karakteristik fisikokimia gula kristal sorgum, serta mengetahui preferensi konsumen terhadap gula kristal sorgum. Penelitian ini terdiri dari : (1) Efek ultrafiltrasi terhadap nira sorgum, dengan faktor intensitas perlakuan ultrafiltrasi (0,1,2, dan 3 kali) dengan respon uji meliputi pH, warna, total padatan terlarut, turbidity, viskositas, kadar gula total dan asam total; (2) Pembuatan gula kristal dari nira sorgum, dengan faktor jenis gula kristal sorgum (non UF dan UF) dengan respon uji meliputi rendemen, warna, wettability, solubility, bulk density, tap density, flowability, kadar air, kadar abu, kadar gula total, kadar protein, kadar lemak, dan kalori total; serta (3) Uji preferensi gula kristal sorgum tanpa aplikasi dan diaplikasikan sebagai bahan pemanis seduhan teh hitam. Analisis data yang digunakan adalah MANOVA (*Multivariate Analysis of Variance*) dan uji non parametrik Friedman dengan taraf signifikansi 5% pada aplikasi *Statistical Package for the Social Science* (SPSS) versi 26.0. Hasil penelitian menunjukkan perlakuan ultrafiltrasi secara simultan berpengaruh terhadap karakteristik nira sorgum; Perlakuan ultrafiltrasi pada nira sorgum secara simultan berpengaruh terhadap karakteristik gula kristal sorgum; Gula kristal sorgum non UF lebih disukai dalam hal aroma dibandingkan gula kristal sorgum UF, sedangkan dalam hal warna, rasa dan tekstur keduanya tidak berbeda; serta seduhan teh hitam dengan pemanis gula semut aren mendapatkan tingkat preferensi konsumen tertinggi, diikuti gula batu, gula pasir, gula kristal sorgum UF dan gula kristal sorgum non UF.

Kata kunci : Membran Ultrafiltrasi, Nira Sorgum, Gula Kristal Sorgum

ABSTRACT

Sorghum (Sorghum bicolor L.) is a cereal plant that has the potential to be used as a sweetener because its juice has a fairly high sugar content. Sorghum juice contains impurity components such as non-sugar substances, non-fermentable reducing agents, starch, and minerals such as sodium, magnesium and calcium which are large enough to be found in the skin of the sorghum stem are dissolved which makes the color of the sap not clear. Therefore, in the processing of sap into sugar, ultrafiltration membrane technology is applied so that it can improve the level of clarity, low impurity content. The purpose of this study is to determine the effect of ultrafiltration membrane use on the physicochemical characteristics of sorghum juice, determine the effect of ultrafiltration membrane use on sorghum juice on the physicochemical characteristics of sorghum crystal sugar, and find out consumer preferences towards sorghum crystal sugar. This study consisted of: (1) The effect of ultrafiltration on sorghum juice, with ultrafiltration treatment intensity factors (0, 1, 2, and 3 times) with test responses including pH, color, total dissolved solids, turbidity, viscosity, total sugar content and total acid; (2) Making crystal sugar from sorghum juice, with factors of sorghum crystal sugar type (non UF and UF) with test response including yield, color, wettability, solubility, bulk density, tap density, flowability, water content, ash content, total sugar content, protein content, fat content, and total calories; and

(3) *Test the preference of sorghum crystal sugar without application and applied as a sweetening agent for black tea brewing. The data analysis used was MANOVA (Multivariate Analysis of Variance) and Friedman's non-parametric test with a significance level of 5% in the Statistical Package for the Social Science (SPSS) application version 26.0. The results showed that ultrafiltration treatment simultaneously affects the characteristics of sorghum juice; Ultrafiltration treatment of sorghum juice simultaneously affects the characteristics of sorghum crystal sugar; Non-UF sorghum crystal sugar is preferred in terms of aroma over UF sorghum crystal sugar, while in terms of color, taste and texture the two are no different; and black tea brewing sweetened with palm suiker sweetener gets the highest level of consumer preference, followed by lump sugar, granulated sugar, UF sorghum crystal sugar and non UF sorghum crystal sugar.*

Keywords : Ultrafiltration Membrane, Sorghum Juice, Sorghum Crystal Sugar

PENDAHULUAN

Kebutuhan gula sebagai bahan pemanis makanan dan minuman di Indonesia semakin meningkat seiring dengan perkembangan trend konsumsi masyarakat. Sampai saat ini, tebu merupakan tanaman utama sebagai bahan baku pemanis di Indonesia. Kementerian Perindustrian RI (2021) menyatakan bahwa kebutuhan gula di Indonesia mencapai 6 juta ton per tahun, sedangkan total produksi gula hanya sebesar 2,2 juta ton per tahun. Angka tersebut meningkat 5,9% produksi tahun 2020 yang sebesar 975,6 ton, sekaligus menjadi yang terbesar dalam 5 tahun terakhir. Meskipun angkanya meningkat, produksi gula tebu ini masih sangat jauh di bawah kebutuhan gula nasional. Indonesia sendiri tercatat selalu mengimpor gula di atas 4 juta ton per tahun selama periode 2016-2019. Berdasarkan hal tersebut, perlu adanya alternatif bahan baku pemanis selain tanaman tebu untuk memenuhi kebutuhan gula nasional serta mengurangi ketergantungan akan gula impor.

Salah satu jenis tanaman yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber pemanis adalah sorgum manis (sweet sorghum) yang batangnya dapat menyimpan gula. Sorgum manis (*Sorghum bicolor L.*) merupakan tanaman serealia yang cukup potensial untuk dikembangkan di Indonesia karena mempunyai adaptasi lingkungan yang cukup luas, khususnya pada lahan kering marginal. Sorgum juga merupakan komoditas alternatif untuk pangan dan pakan yang sangat prospektif ditinjau dari seluruh hasil komponen biomasanya yang dapat didayagunakan. Namun, tanaman ini belum banyak dibudidayakan dan diusahakan secara optimal untuk menjadi komoditas yang dapat menghasilkan nilai ekonomis setara dengan palawija lainnya. Sorgum manis sangat potensial untuk digunakan sebagai tanaman penghasil gula karena memiliki banyak kandungan air dan gula. Tsuchihashi dan Goto (2004) menambahkan kandungan gula dalam batang sorgum manis cukup tinggi yaitu 76-78% sama dengan kandungan gula dalam tebu yang mencapai 68-80%.

Pembuatan gula dari nira sorgum secara umum sama dengan gula dari nira tebu. Hubbert (2006) dalam Vu dkk (2020) menyatakan bahwa nira segar mengandung komponen pengotor, seperti zat-zat non gula, bahan pereduksi yang tidak dapat difermentasi, pati, dan mineral seperti natrium, magnesium dan kalsium yang cukup besar terdapat pada kulit batang sorgum ikut terlarut yang membuat warna nira menjadi tidak jernih (Ali dkk, 2018). Sampai saat ini, produksi gula nasional saat masih menghadapi berbagai masalah besar, diantaranya adalah rendahnya mutu produk dan produktivitas, serta tingginya biaya produksi. Hal ini menyebabkan kinerja dan daya saing gula dalam negeri sangat rendah.

Membran merupakan suatu lapisan tipis antara dua fasa fluida yaitu fasa umpan (*feed*) dan fasa permeat yang bersifat sebagai penghalang (*barrier*) terhadap suatu spesi tertentu, yang dapat memisahkan zat dengan ukuran yang berbeda serta membatasi berbagai spesi berdasarkan sifat fisik dan kimianya. Membran bersifat semipermeabel, sehingga dapat menahan spesi-spesi tertentu yang lebih besar dari ukuran pori dan melewatkan spesi-spesi lain dengan ukuran lebih kecil. Sifat selektif dari membran ini dapat digunakan dalam proses pemisahan. Metode ini umumnya digunakan untuk memisahkan koloid, mengurangi konsentrasi, pemurnian dan fraksionasi makromolekul seperti protein, zat warna dan bahan-bahan polimerik lainnya. Teknologi membran mempunyai beberapa keunggulan yaitu proses pemisahannya berlangsung pada suhu kamar, dapat

dilakukan secara kontinyu, sifat yang bervariasi, dapat diatur sesuai dengan kebutuhan. Jenis membran yang saat ini banyak digunakan dalam pengolahan pangan adalah ultrafiltrasi (UF).

Penerapan teknologi membran ultrafiltrasi dalam pengolahan gula dapat meningkatkan mutu hasil, yakni pada memperbaiki tingkat kejernihan, kandungan bahan pengotor rendah, serta bebas dari unsur sulfur (Supriatin, 2007). Metode ini dapat memperpendek tahapan proses, mereduksi kebutuhan bahan kimia dan energi sehingga biaya yang dikeluarkan lebih rendah. Sourirajan dan Matsura (1985) dalam Wenten (2002) menjelaskan bahwa ultrafiltrasi dapat digunakan untuk meningkatkan efisiensi proses pemurnian nira tebu. Proses ultrafiltrasi berpotensi mengurangi biaya operasional hingga 80%. Proses penjernihan ini tentu berdampak pada mutu dan preferensi produk yang dihasilkan.

Beberapa metode penjernihan nira sorgum yang sudah diteliti yaitu cara enzimatik dengan menggunakan enzim desktranase (Assadam, 2017), penggunaan natrium metabisulfit (Putri, 2018), kombinasi sentrifugasi dan adsorben (Ali, dkk 2018), penggunaan koagulan Ca(OH)_2 dan MgO (Costa, 2014), serta kombinasi penggunaan gel kitosan dan pengaturan pH pada nira sorgum (Lestari, 2020). Adapun penelitian terkait penggunaan membran ultrafiltrasi untuk penjernihan nira sejauh ini baru diterapkan pada nira tebu, seperti yang dilakukan oleh Abbara (2004), Suprihatin (2007), V. Jegatheesan dkk. (2012), dan Vu dkk. (2020). Percobaan klarifikasi nira dilakukan dengan cara mensirkulasikan nira tebu selama 180 menit dengan laju alir (v) = 0,42 m/s menggunakan 3 tingkat tekanan (p) yaitu 0,7, 1,4 dan 2,1 bar sesuai dengan prinsip aliran silang (*crossflow*) yang dilakukan Suprihatin (2007) mampu meningkatkan kejernihan nira dari sekitar hanya 10 menjadi 60% transmisi (air distilata memiliki kejernihan 100% transmisi), dan menurunkan warna sekitar 80-90%, pH 5,4 – 6,0, brix 8,6 – 10.1 %, polaritas: 7,6 – 9,9 %, warna: 2.242 – 13.614 IU, dan kejernihan 58,6 – 64,8 % transmisi. Oleh karena itu, pada penelitian ini akan dilakukan penelitian pembuatan gula kristal berbasis nira sorgum yang dijernihkan menggunakan membran ultrafiltrasi. Diharapkan, penerapan membran ini menjadi teknologi tepat guna yang dapat membuat proses penjernihan nira lebih efektif, efisien dan dapat diterima oleh masyarakat.

METODE PENELITIAN

Bahan yang digunakan untuk penelitian ini meliputi batang sorgum manis (*Sorghum bicolor* L. Moench) varietas bioguma yang dipanen setelah 2,5-3 bulan penanaman dari perkebunan sorgum sekitar Bandung, sukrosa, CaO, aquades, serta reagen untuk keperluan analisis.

Tabel 1. Spesifikasi Membran Ultrafiltrasi (*Oxfil*)

Panjang	10 inch
Diameter	4 inch
Housing material	PVC
Membrane material	PVDC
Type	Hollow fiber
Feed turbidity	50 ntu
Permeate turbidity	0,1 ntu
Max working temperature	45 °C
pH range	3-9
Max feed	0.3 MPa ~ 43 psi.

Peralatan penunjang yang digunakan untuk penelitian ini meliputi mesin gilingan tebu, open pan evaporator (oxone), buchner (buchi), booster pump 24V DC type DP-A-050 (Tianjin Daehwa), pressure gauge bar units, filter cloth, Selang RO ¼ ", Valve type straight L ¼ ", Stop valve ¼ ", klem, statif, fitting type straight L T ¼", lem araldite biru, gunting PVC, stem connector type straight L T ¼", timbangan, beaker glass (Iwaki), aluminium foil, plastik, botol gelap, corong, kertas saring, dan hotplate stirrer. Spesifikasi membran ultrafiltrasi (*Oxfil*) yang akan digunakan dapat dilihat pada Tabel 1. Peralatan yang digunakan untuk analisis

meliputi erlenmeyer, cawan petri, tabung reaksi, Colorimeter (Hunter's Lab Colorimetric System), spektrofotometer UV-vis, refractometer (ATAGO), pH meter (Hanna).

Penelitian ini terdiri dari : (1) Efek ultrafiltrasi terhadap karakteristik nira sorgum, dengan faktor intensitas perlakuan ultrafiltrasi (0,1,2, dan 3 kali) dengan respon uji meliputi pH, warna, total padatan terlarut, turbidity, viskositas, kadar gula total dan asam total; (2) Pembuatan gula kristal dari nira sorgum, dengan faktor jenis gula kristal sorgum (non UF dan UF) dengan respon uji meliputi rendemen, warna, *wettability*, *solubility*, *bulk density*, *tap density*, *flowability*, kadar air, kadar abu, kadar gula total, kadar protein, kadar lemak, dan kalori total; serta (3) Uji preferensi gula kristal sorgum tanpa aplikasi dan diaplikasikan sebagai bahan pemanis seduhan teh hitam.

Analisis data yang digunakan adalah MANOVA (*Multivariate Analysis of Variance*) dan uji non parametrik Friedman dengan taraf signifikansi 5% pada aplikasi *Statistical Package for the Social Science* (SPSS) versi 26.0. Prosedur penelitian adalah sebagai berikut.

Analisis Bahan Baku Nira Sorgum

1. Ekstraksi Nira

Proses ekstraksi nira batang sorgum dilakukan secara mekanis menggunakan Rotary drum mill atau mesin pres tebu. Sebelum proses ekstraksi, batang sorgum terlebih dahulu dibersihkan dari daun dan kotoran yang masih melekat kemudian dipotong-potong menjadi ukuran ± 30 cm. Batang sorgum yang telah dipotong-potong kemudian ditempatkan pada bagian umpan ekstraktor untuk diberikan tekanan (press), hitung rendemen ekstraknya dalam satuan volume (Ali dkk., 2018).

2. Penyaringan Kasar

Nira dilakukan filtrasi secara konvensional menggunakan kain penyaring (filter clothes) dengan ukuran ± 100 mesh. Nira sorgum yang dihasilkan diukur volumenya terlebih dahulu menggunakan gelas ukur. Volume filtrasi yang akan digunakan tidak seragam setiap perlakuan tergantung dari rendemen pada ekstraksi (Ratnavathi dkk., 2016).

3. Analisis Nira Sorgum

Nira yang telah disaring kemudian disampling untuk kemudian dilakukan analisis meliputi pH, indeks warna (L^* , a^* , b^*), viskositas, total padatan terlarut (% brix), turbiditas, kadar gula total dan asam total.

Efek Ultrafiltrasi pada Nira Sorgum

1. Penyusunan Perangkat Ultrafiltrasi

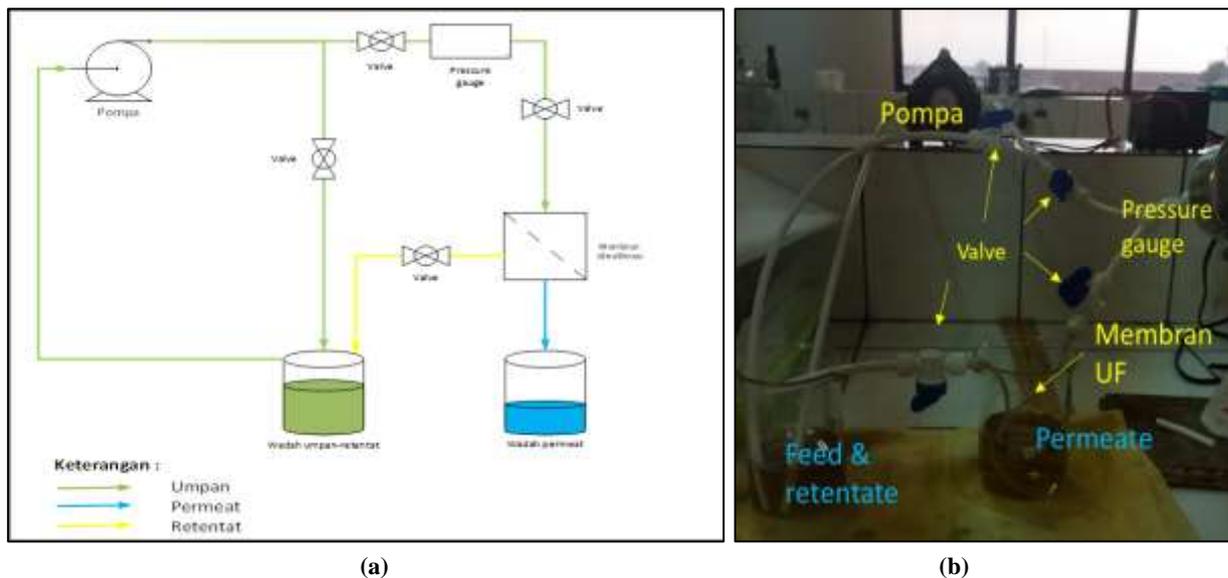
Mula-mula siapkan selang $\frac{1}{4}$ " , valve $\frac{1}{4}$ " , stem connector $\frac{1}{4}$ " , pompa booster, pressure gauge, housing membran UF $\frac{1}{4}$ " (yang sudah dibuat sebelumnya), statif, klem dan beaker glass. Bagian inlet pompa booster hubungkan dengan selang $\frac{1}{4}$ " secukupnya hingga beaker glass penampung feed tercapai. Bagian outlet pompa hubungkan dengan selang $\frac{1}{4}$ " yang sudah dibuat 2 cabang, untuk cabang pertama arahkan menuju wadah permeat, sedangkan cabang kedua arahkan menuju wadah feed. Tiap cabang dihubungkan dengan valve $\frac{1}{4}$ ". Untuk cabang pertama, valve kemudian disambungkan dengan salah satu sisi housing membrane UF $\frac{1}{4}$ ", sedangkan sisi lainnya disambungkan dengan valve $\frac{1}{4}$ " yang baru lalu diarahkan menuju wadah feed. Setelah rangkaian siap, sirkulasi aquades terlebih dahulu sekitar 1 jam sebelum nira sorgum disirkulasikan.

2. Pre-treatment Nira Sorgum

Nira sorgum dilakukan pre-treatment sebelum disirkulasikan pada rangkaian membran UF, yaitu dengan melakukan penyaringan dengan kertas saring dan pengondisian temperatur nira untuk mengurangi beban kinerja membran UF.

3. Sirkulasi Nira pada Rangkaian Membran UF

Nira sorgum yang sudah dilakukan pre-treatment lalu disirkulasikan pada rangkaian membran UF sesuai pada Gambar 1 dilakukan hingga didapatkan permeat. Permeat hasil sirkulasi pertama dijadikan *feed* untuk sirkulasi kedua, dan permeat kedua dijadikan umpan untuk sirkulasi ketiga.



Gambar 1. Rangkaian Skematis (a) dan Aktual (b) Membran Ultrafiltrasi Untuk Penjernihan Nira Sorgum

4. Analisis Nira Sorgum

Nira yang telah diultrafiltrasi kemudian dilakukan analisis meliputi pH, indeks warna (L^* , a^* , b^*), viskositas, total padatan terlarut (% brix), turbiditas, kadar gula total dan asam total.

Pembuatan Gula Kristal dari Nira Sorgum

1. Netralisasi Nira Sorgum

Nira sorgum memiliki pH asam ditambahkan larutan CaO 10% hingga mencapai pH 7 (Netral), aduk dengan menggunakan *magnetic stirrer* setelah itu dilakukan pengukuran volume.

2. Pemekatan Nira Sorgum

Sebelum dipekatkan, nira sorgum yang sudah netral kemudian ditambahkan sukrosa 30% b/v, kemudian dipanaskan sambil diaduk pada suhu 100-120°C sampai nira mengental. Lakukan tes apabila adonan nira sudah mengeras bila dicelupkan ke air, maka artinya proses pemanasan sudah dapat dihentikan. Untuk proses pengadukan dilakukan terus menerus sampai adonan mengering membentuk kristal.

3. Pengeringan Gula Kristal Sorgum

Kristal gula yang sudah terbentuk lalu dikeringkan untuk mengurangi kadar air yang masih tersisa selama 1-2 jam pada suhu 50°C.

4. Penggilingan Gula Kristal

Gula kristal kemudian digiling untuk menghasilkan tekstur yang halus dan seragam. Butiran gula kemudian dikemas ke dalam plastik yang kedap udara sebelum dianalisis.

5. Analisis Gula Kristal Sorgum

Gula kristal sorgum setiap perlakuan kemudian dilakukan analisis untuk mengetahui karakteristiknya. Respon yang akan diuji meliputi uji warna, kelarutan, kadar air, proksimat, abu, dan kalori.

Uji Preferensi Gula Kristal Nira Sorgum

Gula kristal sorgum selanjutnya dilakukan uji hedonik untuk mengetahui tingkat penerimaan (preferensi) produk oleh konsumen. Gula kristal sorgum diuji pada kondisi tanpa diaplikasikan dan yang telah diaplikasikan sebagai pemanis pada produk. Skala hedonik dan numerik yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 2.

1. Tidak diaplikasikan

Masing-masing gula kristal sorgum disiapkan pada wadah terpisah yang sudah diberi kode, 321 untuk gula tanpa perlakuan ultrafiltrasi dan 256 untuk gula dengan perlakuan ultrafiltrasi. Selanjutnya, masing-masing sampel diujikan kepada panelis sebanyak 35 orang dengan atribut penilaian warna, rasa, aroma, dan tekstur.

2. Diaplikasikan sebagai pemanis

Mula-mula siapkan air panas dengan volume yang sama (masing-masing 1 liter) pada 5 wadah yang berbeda, kemudian seduh teh celup pada masing-masing wadah selama 3 menit. Setelah itu, tambahkan bahan pemanis, yakni gula kristal sorgum non ultrafiltrasi (135), gula kristal sorgum ultrafiltrasi (246), gula pasir (357), gula batu (468) dan gula semut (579) pada sediaan teh masing-masing 60 gram. Setiap 1 jenis pemanis untuk 1 wadah teh sesuai dengan kode sampel. Selanjutnya, masing-masing sampel diujikan kepada panelis sebanyak 35 orang dengan atribut penilaian warna, rasa, aroma, dan *aftertaste*.

Tabel 2. Skala Hedonik dan Numerik pada Kuisisioner Penilaian

Skala Hedonik	Skala Numerik
Sangat Suka	7
Suka	6
Agak Suka	5
Netral	4
Agak Tidak Suka	3
Tidak Suka	2
Sangat Tidak Suka	1

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Analisis Bahan Baku Nira Sorgum

Nira sorgum yang digunakan dalam penelitian ini merupakan hasil ekstraksi batang sorgum varietas bioguma ratun kedua yang didapatkan dari perkebunan di daerah Bojong Koneng, Kabupaten Bandung Jawa Barat. Batang sorgum yang digunakan memiliki warna hijau kekuningan, tekstur agak lunak, dagingnya berwarna putih, serta nira yang dihasilkan berwarna hijau. Menurut Noerhartati dan Rahayuningsih (2013), karakteristik batang dan nira tersebut merupakan hasil dari penanaman sorgum pada ketinggian 300 m. Hasil analisis fisikokimia dari nira sorgum dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Data Karakteristik Bahan Baku Nira Sorgum

Parameter	Hasil Analisis	Literatur
Rendemen (%)	35,71	40 ¹⁾
Total Padatan Terlarut (% brix)	13,90 ± 0,14	11,60 ± 0,35 ²⁾
Warna		
L*	41,87 ± 0,01	32 ± 0,32 ²⁾
a*	-3,31 ± 0,01	-2,2 ± 0,15 ²⁾
b*	6,81 ± 0,03	8,57 ± 0,49 ²⁾
Turbiditas (Absorbansi)	4,73 ± 0,09	1,770 ± 0,005 ³⁾
Viskositas (cp)	3,19 ± 0,01	2,0 ± 0,58 ²⁾
pH	5,30	5,5 ⁴⁾
Gula Total (%)	34,11 ± 3,74	12,93 ⁴⁾
Asam Total (meq NaOH/g)	0,010 ± 0,002	-

Sumber : ¹⁾Noerhartati dan Rahayuningsih (2013); ²⁾Yulianita (2018); ³⁾Ali dkk (2018); ⁴⁾Lestari (2022).

Lestari (2022) menyatakan bahwa kulit dari batang sorgum sangat tipis dan didalamnya terdapat rongga yang rapuh sehingga sulit untuk mengupas kulit sebelum digiling, dan ini mempengaruhi komposisi dari nira tersebut. Hoeman (2012) dalam Lestari (2022) menambahkan bahwa bagian luar batang sorgum terlihat mirip dengan tebu, dilapisi lapisan lilin yang tebal, dan di dalam batang sorgum terdapat gabus yang mengandung gula. Gabus ini sangat rapuh dan mudah hancur, terutama pada kondisi kondisi kering (du Plessis, 2008 dalam Lestari, 2022).

Rendemen nira sorgum yang dihasilkan yaitu 35,71%, dihitung berdasarkan perbandingan antara berat nira setelah proses ekstraksi dengan berat bahan baku (batang sorgum) sesuai perlakuan dikalikan seratus persen. Terdapat perbedaan dengan rendemen nira sorgum yang didapatkan pada oleh Noerhartati dan Rahayuningsih (2013), yaitu sebesar 40%.

Pengujian total padatan terlarut dilakukan menggunakan refraktometer untuk mengukur derajat kandungan padatan terlarut (gula). Hasil yang didapat yaitu 13,900 % ± 0,1414 brix, sedangkan hasil pengujian brix yang didapat oleh Yulianita (2018) adalah 11,60 ± 0,35. Hal tersebut sangat mungkin terjadi diakibatkan

perbedaan jenis batang sorgum yang digunakan. Noerhartati dan Rahayuningsih (2013) menyatakan bahwa faktor bahan baku, yaitu batang sorgum dapat berpengaruh terhadap nilai brix.

Berdasarkan Tabel 3, nira sorgum memiliki nilai L (*lightness and darkness*) $41,865 \pm 0,007$, dimana pengukuran nilai L dilakukan untuk mengetahui kecerahan sampel nira sorgum. Nilai a (*red and green*) yang didapat dari nira sorgum yaitu $-3,305 \pm 0,007$. Nilai a negatif (-) menunjukkan bahwa warna nira lebih cenderung ke arah warna kehijauan. Nilai b (*yellow and blue*) sebesar $6,810 \pm 0,028$. Nilai turbiditas diukur berdasarkan nilai absorbansi yang didapat dari hasil pembacaan menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 420 nm. Hasil yang didapat yaitu $4,729 \pm 0,087$. Peningkatan konsentrasi padatan tersuspensi berbanding lurus dengan peningkatan konsentrasi kekeruhan dan berbanding terbalik dengan kecerahan. Viskositas nira sorgum yang digunakan yaitu $3,19 \pm 0,01$ sedikit lebih tinggi dari Yulianita (2018). Adapun nilai pH, nira sorgum yang digunakan sedikit lebih rendah dari Lestari (2022), namun untuk gula totalnya jauh lebih tinggi. Secara umum, kualitas nira hasil ekstraksi dari tanaman sorgum sangat bervariasi tergantung dari jenis tanaman, umur tanam, kondisi tanam dan waktu panen. sesuai dengan pernyataan Ali, dkk (2018).

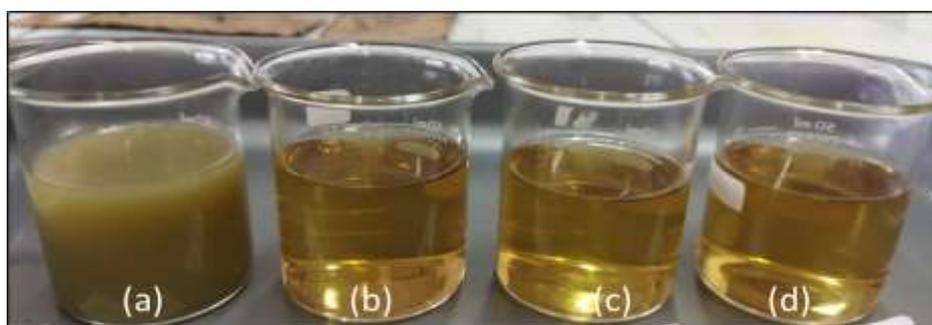
Hasil Efek Ultrafiltrasi pada Nira Sorgum

Nira sorgum hasil ekstraksi mekanis kemudian dilakukan penjernihan dengan menggunakan membran ultrafiltrasi. Perbandingan kenampakan pada nira sorgum sebelum dan setelah dilakukan ultrafiltrasi dapat dilihat pada Gambar 2. Nira sorgum sebelum ultrafiltrasi tampak hijau tua keruh, sedangkan nira sorgum yang sudah dilakukan ultrafiltrasi berwarna hijau bening (cenderung transparan).

Tabel 4. Hasil Uji Pengaruh Perlakuan Ultrafiltrasi pada Parameter Fisikokimia Nira Sorgum

Parameter	Sig.	Perlakuan			
		Non UF	1x UF	2x UF	3x UF
TPT (% brix)	.003	$13,90 \pm 0,14^c$	$12,00^a$	$13,00^b$	$13,25 \pm 0,35^b$
Warna					
L*	.000	$41,87 \pm 0,01^b$	$39,70 \pm 0,01^a$	$39,556 \pm 0,01^a$	$39,68 \pm 0,01^a$
a*	.000	$-3,31 \pm 0,01^a$	$-0,41 \pm 0,03^b$	$-0,34 \pm 0,01^c$	$-0,03 \pm 0,01^d$
b*	.000	$6,81 \pm 0,03^b$	$3,35 \pm 0,01^a$	$3,85 \pm 0,02^a$	$4,10 \pm 0,01^a$
Turbidity (A)	.000	$4,73 \pm 0,002^b$	$0,57 \pm 0,002^a$	$0,61 \pm 0,001^a$	$0,57^a$
Viskositas (cp)	.000	$3,51 \pm 0,04^b$	$3,33 \pm 0,04^b$	$3,33 \pm 0,13^b$	$2,16 \pm 0,09^a$
pH	1.000	$5,30^a$	$5,30^a$	$5,30^a$	$5,30 \pm 0,14^a$
Gula Total (%)	.001	$34,11 \pm 3,74^c$	$23,67 \pm 0,55^b$	$12,78 \pm 1,22^a$	$9,10 \pm 1,48^a$
Asam Total (mEq NaOH/g)	.020	$0,010 \pm 0,002^a$	$0,021 \pm 0,002^b$	$0,022 \pm 0,002^{bc}$	$0,031 \pm 0,006^c$

Keterangan : Nilai Sig. < 0,05 menunjukkan perlakuan berpengaruh terhadap parameter, nilai Sig. > 0,05 menunjukkan perlakuan tidak berpengaruh terhadap parameter. Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada satu baris menunjukkan tidak berbeda nyata pada taraf 5%



Gambar 2. Nira Sorgum : (a) non UF, (b) sekali UF, (c) dua kali UF, dan (d) tiga kali UF

1. Total Padatan Terlarut

Derajat brix adalah zat padat kering yang terlarut dalam larutan (g/100 g larutan) yang dihitung sebagai sukrosa dan padatan lainnya (Sjarif dkk., 2021). Yulianita (2018) menambahkan, nilai °brix merupakan total

padatan yang terlarut dalam suatu larutan yang dihitung sebagai sukrosa. Zat yang terlarut seperti gula (sukrosa, glukosa, fruktosa dan lain-lain), atau garam-garam klorida atau sulfat dari kalium, natrium, kalsium dan lain-lain dihitung juga sebagai °brix dan dianggap sebagai sukrosa. Semakin tinggi nilai °brix yang dihasilkan, diasumsikan semakin tinggi kadar gula yang terlarut di dalamnya, semakin manis produk tersebut. Sumarno (1995) dalam Diyaratnasari (2018) menjelaskan bahwa komponen zat terlarut dalam nira diantaranya air, sukrosa, garam, protein, zat warna, gums, pati, lignin, dan phospat.

Tabel 4 menunjukkan hasil analisis TPT pada nira sorgum sebelum ultrafiltrasi, 1x, 2x dan 3x proses ultrafiltrasi berturut-turut yaitu $13,90 \pm 0,14$ % brix, 12,00 % brix, 13,00 % brix dan $13,25 \pm 0,35$ % brix. Seluruh hasil yang didapat sedikit lebih rendah, umumnya batang sorghum mampu menghasilkan nira dengan nilai °brix 12,3%-17,4% (Akuba, 2004 dalam Yulianita, 2018).

Tabel 4 juga menunjukkan perlakuan ultrafiltrasi berpengaruh terhadap total padatan terlarut dari nira sorgum. Nilai TPT pada nira sorgum yang tidak dilakukan ultrafiltrasi berbeda nyata dengan nira sorgum yang telah dilakukan ultrafiltrasi sebanyak 1x, 2x dan 3x. Pada semua perlakuan ultrafiltrasi, TPT cenderung menurun. Hal tersebut dikarenakan komponen zat terlarut seperti pati dan phospat diduga tertahan pada permukaan dan pori-pori membrane karena memiliki ukuran partikel yang hampir sama dengan rentang ukuran pori membran mikrofiltrasi antara 0,05 sampai 10 μm (Mulder, 1996). Penurunan jumlah padatan terlarut ini diduga karena komponen yang digunakan sebagai filter mampu untuk mengikat padatan tersuspensi yang terdapat di dalam air.

2. Warna

Tabel 4 menunjukkan bahwa perlakuan ultrafiltrasi berpengaruh terhadap nilai L^* , a^* dan b^* dari nira sorgum. Nilai L^* pada nira sorgum yang telah dilakukan ultrafiltrasi 1x, 2x dan 3x tidak berbeda nyata, tetapi berbeda nyata dengan nira sorgum yang tidak dilakukan ultrafiltrasi. Nilai L^* pada nira sorgum cenderung menurun setelah dilakukan ultrafiltrasi. Bila dilihat secara visual hasil analisis tersebut berbanding terbalik. Pada penelitian Kailaku (2016) juga menunjukkan hal yang serupa, namun perbedaan nilai L^* ini memang bisa disebabkan adanya perbedaan karakteristik, komposisi bahan baku dan kondisi. Menurut Yulianita (2018), warna L^* menunjukkan tingkat kecerahan suatu produk, dimana semakin tinggi nilai L^* maka semakin cerah atau terang warna produk yang dihasilkan.

Nilai a^* menunjukkan perbedaan warna merah dan hijau, apabila bernilai (+) cenderung merah, sedangkan (-) cenderung hijau (Almegakm, 2015). Hasil analisis pada semua perlakuan menunjukkan nilai (-) yang berarti sesuai dengan warna kenampakannya yaitu hijau. Warna hijau pada nira segar mengindikasikan adanya pigmen klorofil. Hasil ultrafiltrasi menunjukkan permeal yang tetap berwarna hijau. Dengan demikian, diduga pigmen klorofil tersebut lolos melewati pori membrane (0,01 μ). Menurut Noor (2016) dalam Diyaratnasari (2018) rata-rata ukuran partikel pigmen klorofil sebesar $27,26 \pm 3,62$ nm. Nira yang digunakan sebagai umpan terlihat berwarna coklat kehijauan, sedangkan permeal nira yang dihasilkan lebih jernih (Fauzia dkk., 2018)

Nilai b^* menunjukkan perbedaan warna kuning dan biru, apabila bernilai (+) cenderung kuning, sedangkan (-) cenderung biru (Almegakm, 2015). Meskipun terdapat perbedaan yang nyata secara statistik dan cenderung menurun, namun seluruh hasil analisis nilai b^* masih bernilai (+) yang mengindikasikan lebih condong ke warna kuning.

Diyaratnasari (2018) menjelaskan bahwa warna nira sorgum dapat berbeda-beda disebabkan oleh umur tanaman, kesehatan tanaman, keadaan tanah, iklim, pemupukan dan pengairan selama proses penanaman. Selain itu proses penyimpanan nira juga mempengaruhi warna dari nira itu sendiri. Nira sorgum yang baru diperas akan berwarna hijau, namun ketika sudah mengalami proses penyimpanan, warna nira akan berubah menjadi hijau kekuningan.

3. Turbidity

Tabel 4 memperlihatkan hasil analisis turbidity nira sorgum pada perlakuan non UF, 1x UF, 2x UF dan 3x UF berturut-turut $4,73 \pm 0,002$; $0,57 \pm 0,002$; $0,61 \pm 0,001$; dan 0,57. Data tersebut menunjukkan bahwa perlakuan ultrafiltrasi berpengaruh terhadap turbidity dari nira sorgum. Turbidity pada nira sorgum yang telah

dilakukan ultrafiltrasi 1x, 2x dan 3x tidak berbeda nyata, tetapi ketiganya berbeda nyata dengan nira sorgum yang tidak dilakukan ultrafiltrasi. Nira sorgum yang baru diperas masih mengandung banyak pengotor sehingga dibutuhkan proses penjernihan untuk menghilangkan pengotor-pengotor dalam nira sorgum dan menghasilkan nira sorgum yang jernih (Yulianita, 2018).

Nilai *turbidity* yang merupakan absorbansi pada nira sorgum cenderung semakin menurun setelah dilakukan proses ultrafiltrasi karena pengaruh pori pada membran. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Susanto dkk (2013), yaitu ukuran pori membran berpengaruh terhadap tingkat kejernihan dan pengurangan warna larutan gula yang dihasilkan. Tingkat kejernihan ditunjukkan dengan penurunan nilai absorbansi pada permeat. Membran ultrafiltrasi merupakan membran yang permeabel dan selektif yang dapat memisahkan molekul-molekul dengan ukuran diameter 10-1.000 Å. Bahan-bahan yang dapat dipisahkan berupa makromolekul seperti protein, lemak dan senyawa koloid yang mempunyai kisaran berat molekul (BM) 2.000 –300.000 (Baker, 2004 dalam Murni & Sudarmi, 2010). Menurut Suptijah (2008) bahwa, bila molekul polimer bersentuhan dengan partikel koloid, maka beberapa gugusnya akan teradsorpsi pada permukaan partikel dan sisanya tetap berada dalam larutan.

4. Viskositas

Tabel 4 menunjukkan hasil analisis viskositas pada nira perlakuan non UF, 1x UF, 2x UF dan 3x UF berturut-turut yaitu $3,51 \pm 0,04$ cp, $3,33 \pm 0,04$ cp, $3,33 \pm 0,13$ cp dan $2,16 \pm 0,09$. Perlakuan ultrafiltrasi berpengaruh terhadap viskositas dari nira sorgum. Perlakuan non UF, 1x UF dan 2x UF berbeda nyata dengan 3x UF.

Yulianita (2018) menyatakan bahwa nilai viskositas pada suatu produk ditentukan dari banyaknya total padatan yang terlarut didalam produk tersebut. Semakin tinggi total padatan yang terlarut dalam suatu produk, maka viskositas produk tersebut akan semakin meningkat pula, atau produk akan semakin kental. Sama halnya dengan penurunan total padatan terlarut, penurunan viskositas nira sorgum pasca proses ultrafiltrasi juga disebabkan komponen zat terlarut diduga tertahan pada permukaan pori-pori membran karena sifatnya yang permeabel dan selektif sehingga dapat memisahkan molekul-molekul seperti protein, lemak dan senyawa koloid.

5. Gula Total

Hasil analisis gula total pada perlakuan nira sorgum non UF, 1x UF, 2x UF dan 3x UF berturut-turut yaitu $34,11 \pm 3,74$ %; $23,67 \pm 0,55$ %; $12,78 \pm 1,22$ %; dan $9,10 \pm 1,48$. Data tersebut menunjukkan bahwa perlakuan ultrafiltrasi berpengaruh terhadap kadar gula total dari nira sorgum ($Sig < 0,05$).

Tabel 4 menunjukkan kadar gula total setelah proses ultrafiltrasi cenderung menurun. Sejalan dengan penelitian Fauzia dkk (2018), dimana kandungan sukrosa setelah proses ultrafiltrasi yang menurun. Hal tersebut dapat diakibatkan karena flux dan tingkat rejeksi dari membran. Semakin besar nilai fluks membran, maka nilai koefisien rejeksinya akan kecil karena kandungan sukrosa yang tertahan lebih sedikit, begitu juga sebaliknya. Fluks menentukan berapa banyak permeat yang dapat dihasilkan (kuantitas), sedangkan selektivitas berkaitan dengan kualitas permeat. Kelemahan teknologi membran filtrasi yaitu adanya kecenderungan penurunan fluks sepanjang waktu pengoperasian akibat pengendapan atau pelekatan material pada permukaan membran yang dikenal dengan proses *fouling* dan *scaling*.

Selain itu, adanya waktu tunda giling pada batang sorgum manis, seperti yang diketahui bahwa semakin lama batang disimpan maka brix yang dihasilkan akan semakin menurun hal ini sesuai dengan Putrianti dkk. (2016), yang menyatakan keterlambatan waktu giling sangat berpengaruh terhadap tingkat kehilangan gula, seperti yang diketahui sesaat setelah dipotong batang dapat terinfeksi oleh mikroba dan bakteri. Meskipun dalam jumlah kecil mikroba dan bakteri memanfaatkan gula yang terdapat pada batang tebu sebagai sumber energinya.

6. pH dan Asam Total

Tabel 4 menunjukkan bahwa perlakuan ultrafiltrasi tidak berpengaruh terhadap nilai pH dari nira sorgum ($Sig > 0,05$). Nilai pH yang didapatkan untuk semua perlakuan sama yaitu 5,30. Sedangkan untuk hasil analisis asam total pada perlakuan non UF yaitu $0,010 \pm 0,002$ mEq NaOH/g; sekali UF $0,021 \pm 0,002$ mEq

NaOH/g; dua kali UF $0,022 \pm 0,002$ mEq NaOH/g; dan tiga kali UF $0,021 \pm 0,002$ mEq NaOH/g. Data tersebut menunjukkan bahwa perlakuan ultrafiltrasi berpengaruh terhadap asam total dari nira sorgum. Pada penelitian ini, membran ultrafiltrasi ini cenderung menaikkan asam total, menurut Indriyani (2017) hal ini dikarenakan adanya sebagian zat-zat organik, asam mineral, bakteri, senyawa-senyawa asam dan zat pengotor lain yang menyebabkan keasaman pada air, dapat tertahan pada permukaan membran sehingga permeate yang diperoleh pH-nya meningkat. Meskipun asam total meningkat, namun tidak begitu signifikan sehingga nilai pH yang terbaca tetap.

Kualitas nira dapat dilihat dari tingkat keasamannya. Menurut Sumarno (1995) dalam Diyaratnasari (2018), nira mentah dari stasiun gilingan dalam keadaan normal mempunyai harga pH 5,4 – 5,8 dengan suhu sekitar 27 – 35°C. Kondisi ini merupakan media yang baik untuk pertumbuhan dan perkembangbiakan bakteri yang dapat menguraikan sukrosa menjadi asam-asam organik. Pada umumnya sukrosa dalam nira dapat bertahan dalam lingkungan pH lebih besar dari 7,0 (alkalis). Jadi apabila nira dalam keadaan asam tidak segera dinetralkan maka akan segera mengalami inversi (kerusakan). Proses fermentasi nira sudah dapat berlangsung dalam hitungan jam, sehingga jika dibiarkan terus menerus akan semakin banyak bakteri yang tumbuh dan akan membentuk asam organik, seperti asam asetat.

Yulianita (2018) menambahkan, nira yang telah diekstrak mengandung senyawa pengotor seperti ampas, asam, protein, dan polisakarida. Sejumlah kecil senyawa flavonoid, polifenolik dan asam organik pada nira dapat memberi warna coklat gelap pada nira. Pada nira sorgum juga mengandung asam akonitat yang kemungkinan asam akonitat ini yang terdeteksi dan mempengaruhi nilai pH.

Pada industri berbasis gula, proses penjernihan nira biasanya menggunakan susu kapur (MOL). Adanya penambahan MOL ini mampu mengubah lingkungan asam dari nira menjadi lebih basa (Eggleston dkk., 2002 dalam Eggleston dkk, 2013). Namun pada penelitian ini, penambahan susu kapur digunakan setelah proses ultrafiltrasi.

Secara umum, perlakuan ultrafiltrasi berpengaruh terhadap parameter warna, total padatan terlarut, turbidity, viskositas, gula total dan asam total, sedangkan nilai pH tidak berpengaruh nyata. Dapat disimpulkan bahwa mayoritas karakteristik nira sorgum yang diuji dapat dipengaruhi oleh perlakuan ultrafiltrasi sesuai dengan *Multivariate test*, didapatkan nilai *Sig.* pada *Wilk's Lambda* $0,000 < 0,05$ sehingga dapat diketahui bahwa secara simultan terdapat pengaruh yang signifikan pada taraf 5% dari perlakuan ultrafiltrasi terhadap karakteristik nira sorgum.

Hasil Pembuatan Gula Kristal dari Nira Sorgum

Tabel 5. Hasil Pengamatan Gula Kristal Nira Sorgum

Pengamatan	Perlakuan	
	Non UF	UF
Rendemen (%)	32,38	34,28
Visual (mata secara langsung)		
Mikroskop		
Perbesaran 400x		
Perbesaran 1000x		

Tabel 5 menunjukkan bahwa rendemen tertinggi diperoleh pada perlakuan ultrafiltrasi yaitu 34,28%, sedangkan non UF 32,38%. Hal tersebut disebabkan kandungan padatan terlarut yang lebih tinggi pada gula kristal sorgum non UF sehingga memicu terbentuknya kerak yang dianggap sebagai lost product. Menurut Sudarmaji & Saroso (2021), dalam pembentukan kerak yang keras pada permukaan evaporator disebabkan karena kecenderungan suatu larutan untuk mengendap menjadi lewat jenuh dan melekat pada permukaan dalam keadaan supersaturasi. Keadaan supersaturasi adalah suatu keadaan dimana larutan mengandung konsentrasi padatan terlarut yang lebih tinggi dari pada konsentrasi kesetimbangan. Suatu larutan dalam keadaan lewat jenuh memiliki beberapa molekul yang memiliki muatan ion yang lebih rendah, molekul ini memiliki kecenderungan untuk menggumpal dan terbentuklah kerak.

Perlakuan proses ultrafiltrasi pada nira sorgum berpengaruh terhadap warna gula kristal, hal tersebut ditinjau secara visual, gula kristal tanpa ultrafiltrasi berwarna coklat, sedangkan gula kristal dengan ultrafiltrasi berwarna putih kecoklatan. Tekstur dari kedua gula kristal tersebut halus, dan secara keseluruhan, kenampakan gula kristal sorgum yang dihasilkan cenderung lebih menyerupai gula semut (gula palma serbuk). Dengan menggunakan alat mikroskop, bentuk partikel yang dapat diamati pada gula kristal sorgum tanpa ultrafiltrasi cenderung bulat, sedangkan gula kristal sorgum ultrafiltrasi berbentuk jajar genjang.

Tabel 6. Hasil Uji Pengaruh Perlakuan Ultrafiltrasi pada Nira Sorgum Terhadap Parameter Fisikokimia Gula Kristal Sorgum

Parameter	Sig. 95%	Perlakuan	
		Non UF	UF
<i>Wettability</i> (s)	.087	0,57 ± 0,14	0,24 ± 0,05
<i>Solubility</i> (s)	.020	1,38 ± 0,02	1,14 ± 0,04
<i>Bulk density</i> (g/cm ³)	.001	0,45 ± 0,001	0,57 ± 0,01
<i>Tap density</i> (g/cm ³)	.002	0,46 ± 0,01	0,62 ± 0,01
<i>Flowability</i>			
<i>Carr index</i>	.068	0,013 ± 0,01	0,07 ± 0,02
<i>Hausner ratio</i>	.069	1,01 ± 0,01	1,08 ± 0,02
Warna			
L*	.003	73,20 ± 0,18	75,46 ± 0,06
a*	.001	9,41 ± 0,06	6,53 ± 0,07
b*	.000	23,13 ± 0,50	25,98 ± 0,50
Air (%)	.009	2,70 ± 0,21	4,25
Abu (%)	.757	0,95 ± 0,03	0,94 ± 0,02
Gula Total (%)	.001	74,30 ± 0,03	70,62 ± 0,83
Protein (%)	.388	1,24 ± 0,02	1,22 ± 0,02
Lemak (%)	.360	0,396 ± 0,003	0,398 ± 0,001
Kalori (kkal/100g)	.000	305,64 ± 0,02	288,40 ± 0,54

Keterangan : Nilai Sig. < α 0,05 menunjukkan perlakuan berpengaruh terhadap parameter, nilai Sig. > α 0,05 menunjukkan perlakuan tidak berpengaruh terhadap parameter.

1. *Wettability*

Wettability atau keterbasahan merupakan suatu pengujian untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan air untuk mencapai permukaan atas bahan (Khan, dkk., dalam Ayuningtyas 2014). Yuksel (2021) menambahkan, keterbasahan merupakan salah satu parameter penting untuk kepentingan komersial, ekonomi dan sifat fungsional suatu produk serbuk.

Tabel 15 menunjukkan bahwa perlakuan ultrafiltrasi pada nira tidak berpengaruh terhadap *wettability* dari gula kristal sorgum. Keterbasahan yang rendah dapat mengakibatkan penurunan daya larut yang disebabkan oleh terjadinya denaturasi protein (Fang dkk., 2008 dalam Yuksel, 2021).

2. *Solubility*

Tabel 6 menunjukkan bahwa perlakuan ultrafiltrasi pada nira berpengaruh terhadap *solubility* dari gula kristal sorgum. Nilai *solubility* gula kristal sorgum dengan perlakuan ultrafiltrasi lebih kecil dibandingkan dengan non ultrafiltrasi, sehingga dapat disimpulkan bahwa gula kristal sorgum dengan perlakuan ultrafiltrasi lebih cepat melarut di air daripada gula kristal tanpa perlakuan ultrafiltrasi.

Solubility dari gula kristal perlakuan ultrafiltrasi adalah 1,14 sekon \pm 0,04; sedangkan gula kristal sorgum non ultrafiltrasi 1,38 sekon \pm 0,02. Dapat dikatakan bahwa gula kristal sorgum UF memiliki kemampuan larut yang lebih singkat dibandingkan dengan gula kristal sorgum non UF, sesuai dengan hasil wettability-nya. Nilai *Solubility* sangat berkaitan dengan nilai *Wettability* sesuai dengan pernyataan Fang dkk., (2008) dalam Yuksel (2021).

3. Bulk Density dan Tap Density

Densitas didefinisikan sebagai berat per unit volume. *Bulk density* (ρ_b), didefinisikan sebagai berat serbuk dibagi dengan volum bulk dan dinyatakan dalam gm/cm^3 . *Bulk density* serbuk atau granul bergantung pada distribusi ukuran partikel, bentuk partikel dan kecenderungan partikel untuk saling melekat satu sama lain. *Bulk density* sangat penting dalam menentukan ukuran wadah yang dibutuhkan selama penanganan, pengapalan, dan penyimpanan bahan baku dan campuran. *Bulk density* juga penting dalam ukuran peralatan pencampuran. *Tap density* atau densitas mampat merupakan densitas yang dihitung setelah didapatkan bulk density, dimana wadah berisi bahan yang akan dihitung dimampatkan terlebih dahulu (Hamsinah dan Ririn, 2020).

Tabel 6 menunjukkan bahwa perlakuan ultrafiltrasi pada nira berpengaruh terhadap bulk density dan tap density dari gula kristal sorgum. *Bulk density* pada gula kristal tanpa perlakuan ultrafiltrasi lebih rendah dibandingkan perlakuan ultrafiltrasi, sehingga dapat diasumsikan bahwa granul gula non ultrafiltrasi membutuhkan wadah yang lebih kecil.

Densitas mampat dari kedua perlakuan memiliki nilai hampir sama dengan densitas kambanya. Menurut Hamsinah dan Ririn (2020), kedekatan nilai antara densitas bulk dan densitas mampat menunjukkan bahwa interaksi antarpartikel kurang terjadi. Kedekatan nilai tersebut akan terlihat ada nilai dari indeks kompresibilitas (*Carr's index*). Jika interaksi antarpartikel besar maka akan mempengaruhi laju alir granul sehingga mempengaruhi pengisian granul kedalam wadah.

4. Flowability

Menurut Hamsinah dan Ririn (2020), indeks kompresibilitas (*Carr's index*) adalah pengukuran propensitas serbuk untuk dikempa. *Carr's index* ditentukan dari densitas kamba dan densitas mampat. Secara teori, semakin kurang serbuk dapat dikempa semakin dapat mengalir sutau serbuk. Dengan demikian, *Carr's index* mengukur pentingnya interaksi antarpartikel. Untuk serbuk yang bebas mengalir, interaksi tersebut pada umumnya kurang signifikan, dan nilai densitas bulk dan mampat akan berdekatan. Untuk bahan yang alirannya buruk, seringkali terjadi interaksi antarpartikel yang lebih besar, dan nilai densitas kamba dan densitas mampat akan jauh berbeda. Tabel 6 menunjukkan bahwa perlakuan ultrafiltrasi pada nira tidak berpengaruh terhadap carr index dari gula kristal sorgum.

Tabel 7. Klasifikasi *Flowability* berdasarkan Nilai CI dan HR

<i>Flowability</i>	<i>Carr index (CI)</i>	<i>Hausner ratio (HR)</i>
<i>Excellent</i>	0-10	1,00-1,11
<i>Good</i>	11-15	1,12-1,18
<i>Fair</i>	16-20	1,19-1,25
<i>Passable</i>	21-25	1,26-1,34
<i>Poor</i>	26-31	1,35-1,45
<i>Very poor</i>	32-37	1,46-1,59
<i>Very, very poor</i>	>38	>1,60

(Sumber : Asokapandian dkk 2016 dalam Yuksel 2021)

Hamsinah dan Ririn (2020) menambahkan, hausner's ratio adalah indeks tidak langsung dari kemudahan aliran serbuk. Tabel 6 menunjukkan bahwa perlakuan ultrafiltrasi pada nira tidak berpengaruh terhadap hausner ratio dari gula kristal sorgum. Semakin rendah nilai *hausner's ratio* menunjukkan sifat aliran yang baik dibandingkan dengan nilai yang lebih tinggi, antara 1,25-1,5 menunjukkan sifat aliran moderat dan lebih dari 1,5 menunjukkan aliran yang buruk (Aulton, 2006 dalam Hamsinah dan Ririn, 2020).

Nilai CI dari gula kristal sorgum non UF yaitu $0,013 \pm 0,01$, sedangkan gula kristal sorgum UF $0,07 \pm 0,02$. Untuk nilai HR dari kedua perlakuan masing-masing $1,01 \pm 0,01$ dan $1,08 \pm 0,02$. Jika mengacu pada ketentuan pada Tabel 7, baik gula kristal sorgum dengan perlakuan ultrafiltrasi maupun tanpa perlakuan ultrafiltrasi dapat diklasifikasikan sebagai bahan dengan flowability yang sangat baik (*Excellent*).

5. Warna

Tabel 6 menunjukkan warna L* pada gula kristal sorgum UF memiliki nilai tertinggi yaitu $75,46 \pm 0,06$, sedangkan pada gula kristal sorgum non UF memiliki nilai L* yaitu $73,20 \pm 0,18$. Hasil analisis juga menunjukkan perlakuan ultrafiltrasi pada nira sorgum dapat meningkatkan nilai warna L* yang dihasilkan. Nilai Sig. $< 0,05$ juga menunjukkan bahwa perlakuan ultrafiltrasi pada nira sorgum berpengaruh nyata terhadap nilai warna L* atau kecerahan dari produk gula kristal sorgum. Warna L* menunjukkan tingkat kecerahan suatu produk, dimana semakin tinggi nilai L* maka semakin cerah atau terang warna produk yang dihasilkan. Warna L* atau kecerahan pada suatu produk dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti proses pengolahan dan kandungan produk (Yulianita, 2018).

Warna a* pada gula kristal sorgum non UF memiliki nilai tertinggi yaitu $9,41 \pm 0,06$, sedangkan pada gula kristal sorgum UF memiliki nilai a* yaitu $6,53 \pm 0,07$. Hasil analisis juga menunjukkan perlakuan ultrafiltrasi pada nira sorgum dapat menurunkan nilai warna a* yang dihasilkan. Nilai Sig. $< 0,05$ juga menunjukkan bahwa perlakuan ultrafiltrasi pada nira sorgum berpengaruh nyata terhadap nilai warna (a*) dari produk gula kristal sorgum.

Warna b* pada gula kristal sorgum UF memiliki nilai tertinggi yaitu $23,13 \pm 0,50$; sedangkan pada gula kristal sorgum non UF memiliki nilai b* yaitu $25,98 \pm 0,50$. Hasil analisis juga menunjukkan perlakuan ultrafiltrasi pada nira sorgum dapat meningkatkan nilai warna b* yang dihasilkan. Nilai Sig. $< 0,05$ juga menunjukkan bahwa perlakuan ultrafiltrasi pada nira sorgum berpengaruh nyata terhadap nilai warna b* dari produk gula kristal sorgum.

Perbedaan pada warna L*, a* dan b* ini diakibatkan penggunaan membran ultrafiltrasi pada nira sorgum sebelum pembuatan gula kristal. Susanto dkk (2013) menyatakan bahwa ukuran pori membran berpengaruh terhadap pengurangan warna larutan gula yang dihasilkan. Nira sorgum yang baru diperas masih mengandung banyak pengotor sehingga dibutuhkan proses penjernihan untuk menghilangkan pengotor-pengotor dalam nira sorgum dan menghasilkan nira sorgum yang jernih (Yulianita, 2018).

Mathlouti (2000) dalam Erwinda dkk (2014) menyatakan bahwa gugus aldosa atau ketosa jika dipanaskan dalam suatu larutan dengan gugus-gugus amin, berbagai macam reaksi akan terjadi dan menghasilkan berbagai macam senyawa, diantaranya bahan-bahan polimer berwarna gelap. Bahan polimer berwarna gelap ini akan mempengaruhi warna pada gula yang dihasilkan. Membran ultrafiltrasi merupakan membran yang permeabel dan selektif yang dapat memisahkan molekul-molekul dengan ukuran diameter 10-1.000 Å. Bahan-bahan yang dapat dipisahkan berupa makromolekul seperti protein, lemak dan senyawa koloid. Proses ultrafiltrasi telah banyak mengurangi zat-zat yang mempengaruhi warna tersebut sehingga gula yang dihasilkan memiliki warna yang lebih cerah. Selain itu, Putra (2016) menambahkan bahwa jenis reaksi pencoklatan yang diduga berlangsung selama masa penyimpanan adalah reaksi *Maillard*. Hal terjadi karena gula semut mengandung protein dan gula pereduksi. Protein dan gula pereduksi mudah sekali mengalami reaksi *Maillard* sekalipun pada suhu ruang.

6. Kadar Air

Tabel 6 menunjukkan bahwa perlakuan ultrafiltrasi pada nira sorgum berpengaruh terhadap kadar air dari gula kristal. Kadar air yang dihasilkan masing-masing perlakuan yaitu $2,70\% \pm 0,21$ dan $4,25\% \pm 0,00$, keduanya berbeda nyata. Kadar air gula kristal sorgum tanpa perlakuan ultrafiltrasi memenuhi spesifikasi yang ditetapkan SNI 01-3743-1995 yaitu dibawah 3%, sedangkan untuk kadar gula kristal sorgum ultrafiltrasi belum memenuhi karena melampaui batas maksimum ketetapan SNI 01-3743-1995, namun lebih rendah dibandingkan dengan kadar air gula kelapa dari hasil penelitian yang dilakukan oleh Naufalin dkk., (2013) yaitu 7.50–8.03%. Pada gula kristal UF mempunyai kadar air yang lebih tinggi. Keadaan tersebut diperjelas dengan teksturnya yang cenderung lunak dan sedikit menggumpal. Kadar air gula semut berkaitan dengan mutu gula semut. Kadar air gula semut lebih rendah menunjukkan kualitas yang lebih baik karena lebih awet

bila disimpan. Kadar air sangat berpengaruh terhadap kekerasan gula. Semakin tinggi kadar air maka kekerasan gula akan semakin rendah, sebaliknya jika kadar air rendah kekerasan akan semakin meningkat (Desroiser, N.W. 2003 dalam Erwinda, 2014).

Kadar air nira sorgum yang telah dilakukan proses ultrafiltrasi diduga lebih tinggi sehingga mempengaruhi kadar air produk gula kristal. Hal tersebut didukung dengan hasil penelitian Warsa (2006), dimana fluks permeat akan semakin menurun dengan bertambahnya waktu, hal ini menunjukkan bahwa pori-pori membran mulai tertutupi oleh adanya TSS yang tersaring. Semakin tinggi tekanan maka akan semakin tinggi nilai fluks, adanya aliran yang tinggi yang akan mengurangi penumpukan solut pada permukaan membran sehingga memberi kesempatan pelarut murni untuk melewati membran. Pelarut murni yang dimaksud adalah air.

7. Kadar Abu

Tabel 6 menunjukkan bahwa perlakuan ultrafiltrasi pada nira sorgum tidak berpengaruh terhadap kadar abu dari gula kristal. Kadar abu yang dihasilkan masing-masing perlakuan $0,95\% \pm 0,03$ dan $0,94\% \pm 0,02$, keduanya tidak berbeda nyata. Nilai tersebut memenuhi spesifikasi yang ditetapkan SNI 01-3743-1995 yaitu maksimum 2%.

Kadar abu pada gula dapat diakibatkan adanya penambahan bahan tambahan saat pengolahan gula. Pada penelitian ini, dilakukan penambahan larutan CaO (kapur tohor) yang telah disaring sebelumnya sebelum proses kristalisasi, sehingga kadar abu yang dihasilkan rendah. Selain sebagai pengawet, larutan CaO berfungsi untuk meningkatkan pH sehingga proses kristalisasi dapat berjalan baik. Sunantyo (1997) dalam Haryanti dan Mustaufik (2020) menambahkan, kadar abu yang berada diluar batas kendali berkaitan dengan penggunaan bahan pengawet yang berlebihan. Selain itu, penambahan sukrosa dan suhu pembibitan tidak berpengaruh pada terhadap kadar abu. Hal ini disebabkan penambahan sukrosa berfungsi dalam proses kristalisasi, sedangkan kadar abu yang ada disebabkan oleh adanya kandungan mineral dalam bahan bakunya. Menurut Joseph dan Layuk (2012), kadar abu dapat dipengaruhi oleh kandungan mineral suatu bahan, proses pengolahan maupun bahan pengawet yang digunakan.

8. Kadar Gula Total

Tabel 6 menunjukkan bahwa perlakuan ultrafiltrasi pada nira sorgum berpengaruh terhadap kadar gula total dari gula kristal. Kadar gula total yang dihasilkan masing-masing perlakuan $74,30\% \pm 0,03$ dan $70,62\% \pm 0,83$, keduanya berbeda nyata. Nilai tersebut belum memenuhi spesifikasi yang ditetapkan SNI-SII 0268-85 dalam Haryanti dan Mustaufik (2020) yaitu minimal 80%, namun hal tersebut wajar bila melihat bahan baku yang digunakan, gula kristal berasal dari nira sorgum, berbeda dengan bahan baku pada spesifikasi pada SNI yaitu golongan kelapa/aren. Kadar gula total pada gula kristal UF lebih rendah dibandingkan dengan non UF. Hal tersebut disebabkan perlakuan ultrafiltrasi pada bahan baku nira sorgumnya. Sejalan dengan penelitian Fauzia dkk (2018), dimana kandungan sukrosa setelah proses ultrafiltrasi yang menurun. Hal tersebut dapat diakibatkan karena flux dan tingkat rejeksi dari membran. Semakin besar nilai fluks membran, maka nilai koefisien rejeksinya akan kecil karena kandungan sukrosa yang tertahan lebih sedikit, begitu juga sebaliknya.

Pada pembuatan gula kristal sorgum dilakukan penambahan bibit kristal berupa gula pasir dengan kuantitas yang sama. Semakin tinggi penambahan gula pasir akan menyebabkan peningkatan kadar gula totalnya, dimana larutan gula yang ada merupakan larutan yang terdiri dari sebagian sukrosa dan beberapa komponen non sukrosa, sehingga dengan penambahan gula pasir dari luar akan menambah bagian sukrosanya, sehingga kadar gula totalnya pada produk akan semakin tinggi. Proses pemanasan saat pembentukan kristal gula sorgum dilakukan dengan teknik *open-pan evaporator*, dimana nira dipanaskan hingga lewat jenuh dan mengkristal pada kondisi terbuka (non vakum) dengan sumber panas tungku, sehingga suhu pemanasannya kurang stabil. Semakin tinggi suhu pembibitan maka akan semakin rendah gula totalnya. Karena pada suhu tinggi akan menyebabkan proses hidrolisa sukrosa menjadi monomer penyusunnya, yaitu glukosa dan fruktosa atau gula invert (Wienam dan Shallenberger, 1987 dalam Joseph dan Layuk, 2012).

9. Kadar Protein

Tabel 6 menunjukkan bahwa perlakuan ultrafiltrasi pada nira sorgum tidak berpengaruh terhadap kadar protein dari gula kristal. Kadar protein yang dihasilkan masing-masing perlakuan $1,24\% \pm 0,02$ dan

1,22% ± 0,02, keduanya tidak berbeda nyata. Nilai tersebut memenuhi spesifikasi pada Warta Ekspor Kementerian Perdagangan (2017), dimana kandungan protein pada produk berkisar 1-2%.

Protein yang terdeteksi pada gula kristal ini diduga berasal dari nira sorgum yang merupakan bahan bakunya dalam bentuk sederhana. Protein juga berkontribusi pada pembentukan warna coklat pada produk gula kristal sorgum. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Fennema (1985) dalam Joseph dan Layuk (2012), dimana pembentukan warna coklat dipengaruhi oleh sifat asam amino atau protein dan karbohidrat atau gula yang bereaksi, sedangkan faktor lain yang mempengaruhi terhadap reaksi pencoklatan adalah suhu, pH dan aktivitas air.

10. Kadar Lemak

Tabel 6 menunjukkan bahwa perlakuan ultrafiltrasi pada nira sorgum tidak berpengaruh terhadap kadar lemak dari gula kristal. Kadar lemak yang dihasilkan masing-masing perlakuan 0,396% ± 0,003 dan 0,398% ± 0,001, keduanya tidak berbeda nyata. Nilai tersebut memenuhi spesifikasi pada Warta Ekspor Kementerian Perdagangan (2017), dimana kandungan lemak pada produk berkisar 0,5-1%.

11. Kalori Total

Menurut Kurniali & Abikusno, (2007) dalam Asih & Widyastiti, (2016), kalori adalah istilah umum dari satuan energi sistem metrik. Kalori juga bisa diartikan sebagai satuan unit yang digunakan untuk mengukur nilai tenaga atau energi, kandungan kalori di dalam suatu makanan bergantung pada kandungan karbohidrat, protein, dan lemak pada makanan itu sendiri (Graha, 2010 dalam Asih & Widyastiti, 2016)

Kandungan energi gula kristal sorgum diperoleh dengan mengkonversikan kadar protein, lemak, dan karbohidrat menjadi energi. Tabel 15 menunjukkan bahwa kandungan energi pada kedua perlakuan berbeda nyata. Hasil perhitungan energi pada masing-masing perlakuan yaitu 305,64 kkal/100 g ± 0,02 dan 288,40 kkal/100 g ± 0,54. Perbedaan ini disebabkan oleh tingginya kadar gula total pada gula kristal sorgum non UF sehingga sumbangan energi dari lemaknya pun lebih tinggi dibandingkan gula kristal sorgum UF.

Cahyadi (2017) menyatakan bahwa gula pasir/sukrosa yang digunakan sebagai bahan pemanis memiliki jumlah kalori sebesar 3.94 kkal/g atau 394 kkal/100 gram. Selain itu, penelitian Assah (2020) menunjukkan bahwa nilai kalori produk gula semut aren yang tertinggi terdapat pada perlakuan pH 7.7 dengan jumlah 3600 kal/g (360 kkal/ 100 g), dan terendah terdapat pada perlakuan pH 5.3 dengan jumlah 3467 kal/g (346,7 kkal/ 100 g). Artinya, secara umum gula kristal sorgum yang dihasilkan memiliki kandungan kalori yang lebih rendah dari gula pasir maupun gula semut aren.

Secara keseluruhan, mayoritas karakteristik gula kristal sorgum yang diuji dipengaruhi oleh perlakuan ultrafiltrasi sesuai dengan *Multivariate test*, didapatkan nilai *Sig.* pada *Wilk's Lambda* 0,000 < 0,05 sehingga dapat diketahui bahwa secara simultan terdapat pengaruh yang signifikan pada taraf 5% dari perlakuan ultrafiltrasi terhadap karakteristik gula kristal sorgum.

Hasil Uji Preferensi Konsumen Terhadap Gula Kristal Sorgum

1. Tidak diaplikasikan sebagai pemanis

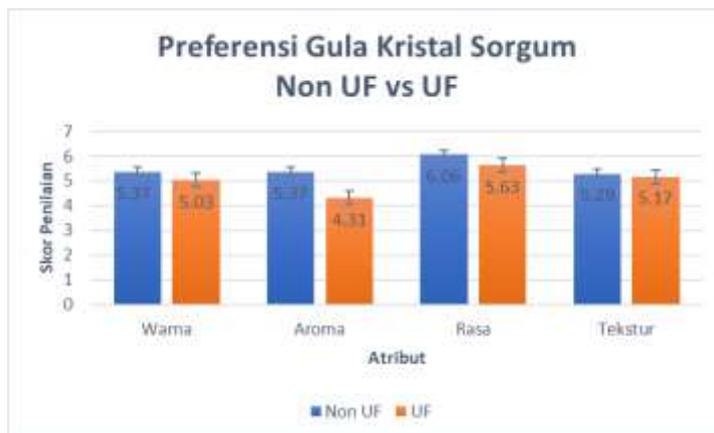
Uji hedonik dengan parameter rasa, warna, aroma, rasa, dan tekstur oleh panelis dilakukan untuk melihat tingkat preferensi konsumen terhadap gula kristal sorgum. Hasil uji friedman pada atribut organoleptik gula kristal sorgum dapat dilihat pada Tabel 8. Untuk hasil skor rata-rata preferensi konsumen terhadap gula sorgum tanpa ultrafiltrasi (non UF) dan setelah Ultrafiltrasi (UF) dengan atribut warna, aroma, rasa dan tekstur dapat dilihat pada Gambar 3.

Tabel 8. Hasil Uji Friedman pada Atribut Organoleptik Gula Kristal Sorgum

Friedman Test	Parameter			
	Warna	Aroma	Rasa	Tekstur
N	35	35	35	35
Chi-Square hitung	2,462	9,143	0,727	0.000
Df	1	1	1	1
Asymp. Sig.	0,117	0,002	0,394	1,000
Chi-Square Tabel*		3,841		

Keterangan : Nilai *Asymp. Sig.* < α 0,05 atau *Chi-Square* hitung < *Chi-Square* tabel menunjukkan antarperlakuan tidak berbeda, nilai *Asymp. Sig.* > α 0,05 atau *Chi-Square* hitung < *Chi-Square* tabel menunjukkan antarperlakuan terdapat perbedaan.

*Sumber : Gaspersz, 1995



Gambar 3. Skor preferensi konsumen terhadap gula kristal batang sorgum skor 1-7 (sangat tidak suka-sangat suka), dengan perlakuan ultrafiltrasi dan tanpa ultrafiltrasi pada nira sorgum (angka rata-rata yang didampingi oleh huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan nyata pada taraf 5%).

a) Warna

Tabel 8 menunjukkan bahwa perlakuan ultrafiltrasi tidak berpengaruh terhadap preferensi warna gula kristal sorgum berdasarkan nilai *Chi-Square* hitung < *Chi-Square* tabel dan nilai *Asymp. Sig* 0,000 > 0,05. Gambar 3 menunjukkan gula kristal sorgum non UF memiliki skor rata-rata 5,37 dari panelis, sedangkan skor rata-rata untuk gula kristal UF adalah 5,03. Dapat disimpulkan bahwa dalam hal warna, keduanya agak disukai oleh konsumen.

Gula kristal non UF berwarna coklat, sedangkan gula kristal UF berwarna putih krem (agak coklat). Menurut Mathlouti (2000) dalam Erwinda dkk (2014), gugus aldosa atau ketosa jika dipanaskan dalam suatu larutan dengan gugus-gugus amin, berbagai macam reaksi akan terjadi dan menghasilkan berbagai macam senyawa, diantaranya yaitu bahan-bahan polimer berwarna gelap. Bahan polimer berwarna gelap ini akan mempengaruhi warna pada gula yang dihasilkan. Proses ultrafiltrasi telah banyak mengurangi zat-zat yang mempengaruhi warna tersebut sehingga gula yang dihasilkan memiliki warna yang lebih cerah. Namun, perbedaan warna yang cukup kontras tersebut tidak membuat konsumen memberikan penilaian yang lebih kepada salah satunya.

b) Aroma

Tabel 8 menunjukkan bahwa perlakuan ultrafiltrasi berpengaruh terhadap preferensi aroma gula kristal sorgum berdasarkan nilai *Chi-Square* hitung > *Chi-Square* tabel dan nilai *Asymp. Sig* 0,000 < 0,05. Gambar 21 menunjukkan gula kristal sorgum non UF memiliki skor rata-rata 5,37 dari panelis, sedangkan skor rata-rata untuk gula kristal UF adalah 4,31. Dapat disimpulkan bahwa pada atribut aroma, gula kristal non UF lebih disukai dari pada gula kristal UF. Aroma pada produk gula kristal sorgum ditentukan oleh karakteristik bahan bakunya, yaitu nira sorgum dimana nira mengandung berbagai jenis gula maupun asam amino. Menurut Mathlouti (2000) dalam Erwinda dkk (2014), gugus aldosa atau ketosa jika dipanaskan dalam suatu larutan dengan gugus-gugus amin, berbagai macam reaksi akan terjadi dan menghasilkan berbagai macam senyawa, diantaranya yaitu flavor dan senyawa aroma.

c) Rasa

Tabel 8 menunjukkan bahwa perlakuan ultrafiltrasi tidak berpengaruh terhadap preferensi rasa gula kristal sorgum berdasarkan nilai *Chi-Square* hitung < *Chi-Square* tabel dan nilai *Asymp. Sig* 0,000 > 0,05. Gambar 21 menunjukkan gula kristal sorgum non UF memiliki skor rata-rata 6,06 dari panelis, sedangkan skor rata-rata untuk gula kristal UF adalah 5,63. Dapat disimpulkan bahwa pada atribut rasa, keduanya disukai oleh konsumen.

Rasa dari suatu produk dipengaruhi oleh karakteristik bahan bakunya. Gula kristal sorgum dibuat dari nira hasil perasan batang sorgum, dimana saat diperas akan menghasilkan nira yang rasanya manis (Yulianita, 2018). Zuhra (2006) menyebutkan bahwa rasa manis disebabkan oleh senyawa organik alifatik yang mengandung gugus hidroksi (OH), beberapa asam amino, aldehid, dan gliserol. Gula atau sukrosa dan monosakarida/disakarida yang mempunyai jarak ikatan hidrogen 3-5^oA.

d) Tekstur

Tabel 8 menunjukkan bahwa perlakuan ultrafiltrasi tidak berpengaruh terhadap preferensi rasa gula kristal sorgum berdasarkan nilai *Chi-Square* hitung < *Chi-Square* tabel dan nilai *Asymp. Sig* 0,000 > 0,05. Gambar 3 menunjukkan gula kristal sorgum non UF memiliki skor rata-rata 5,29 dari panelis, sedangkan skor rata-rata untuk gula kristal UF adalah 5,17. Dapat disimpulkan bahwa dalam hal tekstur, keduanya agak disukai oleh konsumen. Bila diraba, tesktur gula sorgum UF lebih halus dan terasa lebih lembab, hal tersebut dikarenakan kadar airnya sedikit lebih tinggi. Kadar air sangat berpengaruh terhadap kekerasan gula. Semakin tinggi kadar air maka kekerasan gula akan semakin rendah, sebaliknya jika kadar air rendah kekerasan akan semakin meningkat (Desroiser, N.W. 2003 dalam Erwinda 2014)

Secara umum, tingkat preferensi konsumen tertinggi didapatkan oleh gula kristal sorgum non ultrafiltrasi. Hasil penilaian konsumen pada atribut warna, rasa dan tekstur keduanya sama, namun untuk atribut aroma, gula kristal non UF lebih unggul.

2. Diaplikasikan sebagai pemanis

Gula kristal sorgum selanjutnya diuji preferensinya dengan cara diaplikasikan pada produk seduhan teh hitam. Teh merupakan minuman paling banyak dikonsumsi masyarakat setelah air mineral. Konsumsi teh diperkirakan tak kurang dari 120 ml setiap hari. Teh biasanya dikonsumsi sebagai pendamping hidangan setelah makan dan acara-acara adat, sehingga dapat dikatakan bahwa kebiasaan minum teh telah mengakar dalam budaya masyarakat (Widodo, 2021).

Uji hedonik dengan parameter rasa, warna, aroma, rasa, dan aftertaste oleh panelis dilakukan untuk melihat tingkat preferensi konsumen terhadap seduhan teh hitam dengan variasi bahan pemanis. Hasil uji friedman pada atribut organoleptik gula kristal sorgum dapat dilihat pada Tabel 9. Skor rata-rata preferensi konsumen pada seduhan teh hitam dengan variasi bahan pemanis pada atribut warna, aroma, rasa dan aftertaste dapat dilihat pada Gambar 4.

Tabel 9. Hasil Uji Friedman pada Atribut Organoleptik Seduhan Teh Hitam dengan Variasi Bahan Pemanis

Friedman Test	Parameter			
	Warna	Aroma	Rasa	Tekstur
N	35	35	35	35
Chi-Square hitung	21,876	12,735	18,914	13,756
Df	4	4	4	4
Asymp. Sig.	0,000	0,013	0,001	0,008
Chi-Square Tabel*			9,49	

Keterangan : Nilai *Asymp.Sig.* < α 0,05 atau *Chi-Square* hitung < *Chi-Square* tabel menunjukkan antarperlakuan tidak berbeda , nilai *Asymp. Sig.* > α 0,05 atau *Chi-Square* hitung < *Chi-Square* tabel menunjukkan antarperlakuan terdapat perbedaan.

*Sumber : Gaspersz, 1995



Gambar 4. Skor preferensi konsumen terhadap seduhan teh hitam skor 1-7 (sangat tidak suka-sangat suka), dengan perlakuan variasi bahan pemanis (angka rata-rata yang didampingi oleh huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan nyata pada taraf 5%).

a) Warna

Tabel 9 menunjukkan bahwa variasi bahan pemanis berpengaruh terhadap preferensi warna gula kristal sorgum berdasarkan nilai *Chi-Square* hitung > *Chi-Square* tabel dan nilai *Asymp. Sig* $0,000 < 0,05$. Gambar 4 menunjukkan seduhan teh dengan pemanis gula kristal sorgum non UF memiliki skor rata-rata 4,49; pemanis gula kristal UF 4,86; pemanis gula pasir 5,4; pemanis gula batu 5,23; dan pemanis gula semut aren 5,63. Dapat disimpulkan bahwa dalam hal warna, seduhan teh hitam dengan pemanis gula kristal sorgum non UF dianggap netral (biasa saja) oleh konsumen; seduhan teh hitam dengan pemanis gula kristal sorgum UF agak disukai oleh konsumen; seduhan teh hitam dengan pemanis gula pasir, gula batu dan gula semut aren disukai oleh konsumen.

Teh hitam berwarna hitam kecoklatan yang dihasilkan melalui proses fermentasi. Perubahan biokimiawi bisa disebut sempurna bila terbentuk sepasang senyawa turunan yang dikenal sebagai theaflavin dan thearubigin (Ardheniati, 2008 dalam Ikrawan, 2019). Secara visual, seduhan teh hitam tampak lebih gelap pada variasi pemanis gula sorgum non UF dan gula semut aren. Hal tersebut disebabkan warna coklat dari bahan pemanis tersebut. Seduhan teh hitam dengan pemanis gula kristal sorgum UF, gula pasir dan gula batu cenderung tidak berubah warna karena bahan pemanis tersebut tidak berwarna saat dilarutkan.

b) Aroma

Tabel 9 menunjukkan bahwa variasi bahan pemanis berpengaruh terhadap preferensi aroma gula kristal sorgum berdasarkan nilai *Chi-Square* hitung > *Chi-Square* tabel dan nilai *Asymp. Sig* $0,000 < 0,05$. Gambar 4 menunjukkan seduhan teh dengan pemanis gula kristal sorgum non UF memiliki skor rata-rata 4,26; pemanis gula kristal UF 4,23; pemanis gula pasir 4,57; pemanis gula batu 5,89; dan pemanis gula semut aren 4,69. Dapat disimpulkan bahwa dalam hal aroma, seduhan teh hitam dengan pemanis gula kristal sorgum non UF dan gula kristal sorgum UF dianggap netral (biasa saja) oleh konsumen, sedangkan seduhan teh hitam dengan pemanis gula pasir, gula batu dan gula semut aren agak disukai oleh konsumen.

c) Rasa

Tabel 9 menunjukkan bahwa variasi bahan pemanis berpengaruh terhadap preferensi rasa gula kristal sorgum berdasarkan nilai *Chi-Square* hitung > *Chi-Square* tabel dan nilai *Asymp. Sig* $0,000 < 0,05$. Gambar 4 menunjukkan seduhan teh dengan pemanis gula kristal sorgum non UF memiliki skor rata-rata 4,14; pemanis gula kristal UF 4,51; pemanis gula pasir 5,14; pemanis gula batu 5,14; dan pemanis gula semut aren 5,14. Dapat disimpulkan bahwa dalam hal rasa, seduhan teh hitam dengan pemanis gula kristal sorgum non UF dianggap netral (biasa saja) oleh konsumen, sedangkan seduhan teh hitam dengan pemanis gula kristal sorgum UF, gula pasir, gula batu dan gula semut aren agak disukai oleh konsumen. Menurut Winarno (2008) dalam Yulianita (2018), penerimaan panelis terhadap rasa dipengaruhi oleh senyawa kimia, suhu, konsentrasi dan interaksi dengan komponen rasa lain yang terkandung pada produk tersebut.

d) Aftertaste

Tabel 9 menunjukkan bahwa variasi bahan pemanis berpengaruh terhadap preferensi *aftertaste* gula kristal sorgum berdasarkan nilai *Chi-Square* hitung $>$ *Chi-Square* tabel dan nilai *Asymp. Sig* $0,000 < 0,05$. Gambar 4 menunjukkan seduhan teh dengan pemanis gula kristal sorgum non UF memiliki skor rata-rata 4,03; pemanis gula kristal UF 4,51; pemanis gula pasir 4,63; pemanis gula batu 4,94; dan pemanis gula semut aren 5,03. Dapat disimpulkan bahwa dalam hal *aftertaste*, seduhan teh hitam dengan pemanis gula kristal sorgum non UF dianggap netral (biasa saja) oleh konsumen, sedangkan seduhan teh hitam dengan pemanis gula kristal sorgum UF, gula pasir, gula batu dan gula semut aren agak disukai oleh konsumen.

Teh hitam mengandung tanin yang pada dasarnya menimbulkan rasa sepat pada olahan pangan dan kafein memang memiliki rasa pahit secara alami. Sehingga saat ingin mencicip sampel berikutnya, lidah masih merasakan *aftertaste* pahit dan dapat mempengaruhi penilaian terhadap tingkat kemanisan sampel (Kurniawati, 2017). Secara keseluruhan, seduhan teh hitam dengan pemanis gula semut aren mendapatkan tingkat preferensi konsumen tertinggi, diikuti gula batu, gula pasir, gula kristal sorgum UF dan gula kristal sorgum non UF.

KESIMPULAN

Perlakuan ultrafiltrasi secara simultan berpengaruh terhadap karakteristik nira sorgum dan juga produk gula kristal yang dihasilkan. Total kalori pada gula kristal sorgum tanpa perlakuan ultrafiltrasi yaitu $305,64 \text{ kkal}/100 \text{ g} \pm 0,02$, sedangkan untuk gula kristal sorgum hasil ultrafiltrasi sebesar $288,40 \text{ kkal}/100 \text{ g} \pm 0,54$. Gula kristal sorgum non UF lebih disukai dalam hal aroma dibandingkan gula kristal sorgum UF, sedangkan dalam hal warna, rasa dan tekstur keduanya tidak berbeda. Seduhan teh hitam dengan pemanis gula semut aren mendapatkan tingkat preferensi konsumen tertinggi, diikuti gula batu, gula pasir, gula kristal sorgum UF dan gula kristal sorgum non UF.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali Dego Yusa, Yuwono S, Istianah N. 2018. **Penjernihan Nira Tebu Dan Nira Sorghum Menggunakan Proses Sentrifugasi Dengan Penambahan Adsorben**. Jurnal Ilmu Pangan dan Hasil Pertanian Vol. 2 No. 1 Tahun 2018.
- Almegakm. 2015. **Mengidentifikasi Perbedaan Warna Menggunakan Koordinat $L^*a^*b^*$ atau $L^*C^*h^*$** . <http://analisawarna.com/2015/08/17/mengidentifikasi-perbedaan-warna-menggunakan-lab-atau-lch-koordinat/> diakses Desember 2022.
- Asih, L.D., Widyastiti, M. 2016. **Meminimumkan Jumlah Kalori Di Dalam Tubuh Dengan Memperhitungkan Asupan Makanan Dan Aktivitas Menggunakan Linear Programming**. Ekologia, Vol. 16 No. 1, April 2016: 38-44
- Assadam, Ahib. 2017. **Penjernihan Nira Sorgum Manis Dengan Dekstranase Dan Arang Aktif Untuk Memproduksi Golden Sugar Syrup**. Tesis. Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.
- Assah, Y. F. 2020. **Pengaruh pH Nira Aren Terhadap Nilai Kalori Beberapa Produk Gula Aren**. Jurnal Penelitian Teknologi Industri Vol. 12 No. 2 Desember 2020.
- Badan Standardisasi Nasional. SNI 01-3743-1995 Gula Palma.
- Cahyadi, Wisnu. 2017. **Bahan Tambahan Pangan Analisis & Aspek Kesehatan Cetakan ke 4**. Bumi Aksara, Jakarta.
- Direktorat Jenderal Pengembangan Ekspor Nasional. 2017. **Warta Ekspor : Peluang Ekspor Gula Semut**. Kementerian Perdagangan Republik Indonesia.
- Diyaratnasari, Ayu. 2018. **Pengaruh Konsentrasi Kitosan Dan Asam Asetat Terhadap Kinerja Membran Kitosan Dalam Penjernihan Nira Tebu (*Saccharum officinarum L.*) Dengan Sistem Aliran Dead-End**. Skripsi. Jurusan Keteknikan Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Brawijaya Malang.
- Eggleston, G., Cole, M., Andrzejewski, B. 2013. **New Commercially Viable Processing Technologies for the Production of Sugar Feedstocks from Sweet Sorghum (*Sorghum bicolor L. Moench*) for Manufacture of Biofuels and Bioproducts**. Sugar Tech (July-Sept 2013) 15(3):232–249.
- Erwinda, M.D., Susanto, W.H. 2014. **Pengaruh pH Nira Tebu (*Saccharum officinarum*) Dan Konsentrasi Penambahan Kapur Terhadap Kualitas Gula Merah**. Jurnal Pangan dan Agroindustri Vol.2 No.3 p.54-64.
- Fauzia. I.K., Maulina, W., Misto. 2018. **Kajian Membran Nilon Sebagai Filter Padaproses Penjernihan Nira Tebu**. Spektra: Jurnal Fisika dan Aplikasinya Volume 3 Nomor 1, April 2018
- Gaspersz, Vincent. 1995. **Teknik Analisis Dalam Penelitian Percobaan Jilid 2**. Tarsito, Bandung.
- Hamsinah dan Ririn. 2020. **Pengembangan Ekstrak Etanol Buah Pepino (*Solanum muricatum aiton*)**

- dalam Bentuk Granul Effervescent dengan Variasi Bahan Pengikat.** Jurnal Farmasi Galenika (Galenika Journal of Pharmacy) (e-Journal) 2020; 6(1): 124 – 131
- Haryanti, Pepita., Mustaufik. 2020. **Evaluasi Mutu Gula Kelapa Kristal (Gula Semut) di Kawasan Home Industry Gula Kelapa Kabupaten Banyumas.** J Agrotek 5(1) : 48-61.
- Ikrawan, Y., Havelly, Pirmansyah, W. 2019. **Korelasi Konsentrasi Black Tea Powder (Camelia sinensis) Terhadap Mutu Sensori Produk Dark Chocolate.** Pasundan Food Technology Journal, Volume 6, No.2, Tahun 2019
- Indriyani, V., Novianty, Y., Mirwan, A. 2017. **Pembuatan Membran Ultrafiltrasi Dari Polimer Selulosa Asetat Dengan Metode Inversi Fasa.** Konversi, Volume 6 No. 1, April 2017
- Joseph, G.H., Layuk, P. 2012. **Pengolahan Gula Semut dari Gula Aren.** B. Palma Vol. 13, No. 1 Juni 2012 : 60 - 65
- Kailaku, S I., Setiawan, B., Sulaeman, A. 2016. **Pengaruh Proses Membran Ultrafiltrasi Dan Ultraviolet Terhadap Komposisi Gizi, Sifat Fisikokimia Dan Organoleptik Minuman Air Kelapa.** Jurnal Littri Volume 2 No.1 Maret 2016 : 43-51.
- Kementerian Perindustrian RI. 2022. **Kemenperin Minta Industri Gula Jaga Kualitas, Kuantitas dan Konektivitas.** <https://kemenperin.go.id/> diakses Maret 2022.
- Kurniawati, Maya. 2017. **Analisis Ekuivalensi Tingkat Kemanisan Gula Di Indonesia.** Jurnal Agroindustri Halal ISSN 2442-3548 Volume 3 Nomor 1, April 2017
- Lestari, Asrie Dwi. 2022. **Pengaturan pH Dan Penggunaan Gel Kitosan Sebagai Penjernih Nira Dalam Pembuatan Gula Cair Batang Sorgum (*Sorghum bicolor L. Moench*).** Tesis. Program Studi Magister Teknologi Pangan Program Pascasarjana Universitas Pasundan Bandung
- Mulder, Marcell. 1996. **Basic Principles of Membrane Technology.** Kluwer Academic Publisher, Boston, London UK.
- Murni, S.W., Sudarmi, S. 2010. **Preparasi Membran Selulosa Asetat untuk Penyaringan Nira Tebu.** Eksergi Vol. 10 No2 Desember 2010
- Naufalin, R., T. Yanto dan A. Sulistyningrum. 2013. **Pengaruh Jenis Dan Konsentrasi Pengawet Alami Terhadap Mutu Gula Kelapa.** Jurnal Teknologi Pertanian. 14 (3): 165-174
- Noerhartati, E., Rahayuningsih, Tri. 2013. **Karakterisasi Gula Cair Batang Sorgum (*Sorghum Sp.*).** Jurnal Agroteknologi Vol. 7 No. 02 (2013).
- Putra, I Nengah Kencana. 2016. **Upaya Memperbaiki Warna Gula Semut dengan Pemberian Na-Metabisulfit.** Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan 5 (1) 2016.
- Putrianti, R. D., Salengke, Supratomo. 2016. **Pengaruh Lama Penyimpanan Batang Sorgum Manis (*Sorghum bicolor (L.) Moench*) Terhadap Rendemen Dan Brix Nira Yang Dihasilkan.** Jurnal AgriTechno (Vol. 9, No. 2, Oktober 2016)
- Ratnavathi CV, Patil JV, and Chavan UD. 2016. **Sorghum Biochemistry: An Industrial Perspective.** <http://doi.org/10.1016/C2014-0-03569-1>
- Sjarif, S.R., Nuryadi, A. M., Sulistyorini, J., Sukron, A. 2021. **Pengaruh Penambahan Glukosa Dan Derajat Brix Untuk Menghambat Proses Kristalisasi Pada Produk Gula Cair Nira Aren.** Jurnal Penelitian Teknologi Industri Vol. 13 No. 1 Juni 2021
- Sudarmaji, A.T., Saroso, H. 2021. **Pengaruh Penambahan Larutan Ca(OH)₂ Terhadap Pembentukan Kerak Pada Penguapan Nira Tebu.** Distilat. 2021, 7 (2), 634-641 p-ISSN : 1978-8789, e-ISSN : 2714-7649
- Suprihatin. 2007. **Penjernihan Nira Tebu Menggunakan Membran Ultrafiltrasi Dengan Sistem Aliran Silang.** Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia, Agustus 2007, hlm. 93-99 Vol. 12 No. 2 ISSN I0853-4217
- Tsuchihashi N, Goto Y. 2004. **Cultivation Of Sweet Sorghum (*Sorghum Bicolor (L.) Moench*) And Determination Of Its Harvest Time To Make Use As The Raw Material For Fermentation, Practiced During Rainy Season In Dry Land Of Indonesia.** Plant Prod Sci 7 (4): 442-448.
- Vu Thevu, LeBlanc J, Chou Chung Chi. 2020. **Clarification Of Sugarcane Juice By Ultrafiltration Membrane: Toward The Direct Production Of Refined Cane Sugar.** Journal of Food Engineering 264 (2020) 109682.
- Warsa, I Wayan. 2006. **Kajian Pengaruh Fouling Pada Pemurnian Nira Tebu.** Jurnal Teknik Kimia Vol 1, No. 1, September 2006.
- Wenten, I.G. 2002. **Future Industrial Prospect of Membrane Technology in Indonesia.** <http://ww.floindo.com/>. [artikel online], diakses Juni 2022.
- Widodo, H., Saing, B., Fhauziah, E. **Studi Ekstraksi Teh Hitam terhadap Kandungan Tanin untuk Pembuatan Minuman Teh.** Jurnal Jaring SainTek (JJST) Vol. 3, No.1, Maret 2021, pp. 1 – 5 e-ISSN : 2656-9485.

- Yuksel, Ayse Nur. 2021. **Development Of Yoghurt Powder Using Microwave-Assisted Foam-Mat Drying.** J Food Sci Technol (July 2021) 58(7):2834–2841
- Yulianita, Amanda. 2018. **Inovasi Sirup Pancake Dari Nira Sorgum Dengan Tambahan Teh Hijau Sebagai Sumber Antioksidan.** SKRIPSI. Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Brawijaya Malang.