

## Formulasi Granul Sereal Daun Kelor dengan Variasi Jenis Pengikat dan Konsentrasi Xanthan Gum

### (Formulation of *Moringa oleifera* Leaf Cereal Granules with Variation Types of Binder and Xanthan Gum Concentration)

KARINA CITRA RANI\*, NANI PARFATI, ENDANG WAHYU FITRIANI, DINA NOVITA SARI, HILMIYATUL ISLAMIA, TIARA YUNI WULANSARI

<sup>1</sup>Fakultas Farmasi, Universitas Surabaya Jalan Raya Kalirungkut, Kota Surabaya, 60293, Indonesia.

Diterima 7 Januari 2021, Disetujui 27 Agustus 2021

**Abstrak:** Daun kelor memiliki kandungan makronutrien dan mikronutrien sehingga potensial dikembangkan menjadi produk sereal dalam bentuk granul dengan metode granulasi basah. Jenis pengikat dan konsentrasi suspending agent merupakan faktor utama yang berpengaruh terhadap karakteristik fisik dan kandungan proksimat sereal. Pada penelitian ini dilakukan optimasi 6 formula granul sereal dengan berbagai jenis pengikat (tepung garut, tepung sorghum, tepung maizena) dan variasi konsentrasi xanthan gum (0,5% dan 1,0%). Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan formula granul sereal daun kelor yang memenuhi persyaratan karakteristik fisika, kimia, proksimat, dan kandungan logam berat. Hasil evaluasi karakteristik granul menunjukkan bahwa seluruh formula sereal daun kelor memiliki karakteristik alir yang baik. Hasil evaluasi karakteristik sereal setelah direkonstitusi menunjukkan granul sereal terdispersi secara cepat (12,58–16,45 detik), viskositas 73,75 -245 cps, karakteristik aliran pseudoplastis, dan memenuhi syarat pH produk makanan dan minuman (5,00-6,00). Hasil analisis proksimat dan kadar logam menunjukkan bahwa seluruh formula sereal memenuhi persyaratan SNI susu sereal (SNI 01-4270-1996) ditinjau dari parameter kadar protein, karbohidrat, abu, timbal (Pb), dan tembaga (Cu). Formula sereal yang paling optimal adalah formula 2 karena menunjukkan karakteristik fisik, kadar karbohidrat, protein, abu, dan logam berat yang memenuhi syarat, serta kadar serat kasar (0,76%) yang paling mendekati persyaratan (0,7%).

**Kata kunci:** daun kelor, sereal, tepung garut, tepung sorghum, tepung maizena, xanthan gum.

**Abstract:** Moringa leaves contain macronutrients and micronutrients, potential to be developed into cereal products in the form of granules using the wet granulation method. The type of binder and the concentration of the suspending agent are the main factors that affect the physical characteristics and proximate content of cereals. In this research, 6 formulas of cereal granules were optimized with various types of binders (arrowroot flour, sorghum flour, cornstarch) and variations in the concentration of xanthan gum (0.5% and 1.0%). This study aims to obtain a granule formula of Moringa leaf cereal that meets the requirements of physical, chemical, proximate, and heavy metal characteristics. The results of the evaluation of the granule characteristics showed that all Moringa leaf cereal formulas had good flow characteristics. The results of the evaluation of cereal characteristics after reconstitution showed that cereal granules dispersed quickly (12.58–16.45 seconds), viscosity 73.75 -245 cps, pseudoplastic flow characteristics, and met the pH requirements of food products (5.00-6.00). The results of proximate analysis and metal content showed that all cereal formulas met the SNI requirements for cereal milk (SNI 01-4270-1996) in terms of protein, carbohydrate, ash, lead (Pb), and copper (Cu) content parameters. The most optimal cereal formula is formula 2 because it shows physical characteristics, fat content, carbohydrates, protein, and heavy metals that meet the requirements, as well as crude fiber content (0.76%) which is closest to the requirements (0.7%).

**Keywords:** *Moringa oleifera* leaves, cereal, arrowroot flour, sorghum flour, maize flour, xanthan gum.

---

\*Penulis korespondensi:  
Email: karinacitrarani@staff.ubaya.ac.id

## PENDAHULUAN

TANAMAN *Moringa oleifera* atau di Indonesia dikenal dengan sebutan kelor, merupakan tanaman yang terkenal di dunia dengan sebutan *miracle plant* atau *tree of life*. Kelor dapat digunakan dalam pengobatan penyakit secara tradisional, serta mampu memenuhi kebutuhan nutrisi untuk tubuh<sup>(1)</sup>. Bagian dari tanaman kelor yang memiliki kandungan nutrisi dan fitonutrien adalah daun kelor. Daun kelor mengandung protein, lemak, karbohidrat, serat, kalsium, magnesium, fosfor, kalium, tembaga, zat besi, dan sulfur. Daun kelor juga mengandung beberapa jenis vitamin yaitu vitamin A, vitamin B, vitamin B1, vitamin B2, vitamin B3, vitamin C, dan vitamin E<sup>(2)</sup>. Kandungan fitonutrien seperti tannin, sterol, terpenoid, flavonoid, saponin, antraknon, dan karotenoid dalam daun kelor telah diteliti bermanfaat untuk kesehatan<sup>(3)</sup>.

Daun kelor saat ini dapat dipreparasi menjadi bentuk serbuk untuk ditambahkan pada berbagai produk makanan atau dikembangkan lebih lanjut menjadi produk farmasi<sup>(4)</sup>. Serbuk daun kelor diketahui mengandung karbohidrat (38,2%), protein (27,1%), serat (19,2%), lemak (2,3%), dan air (7,5%)(5). Serbuk daun kelor telah ditambahkan pada beberapa produk makanan misalnya biskuit herbal, roti, cakes, bubur, dan muffin<sup>(6)</sup>. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan serbuk daun kelor pada berbagai produk makanan tersebut mampu meningkatkan kandungan nutrisi dan bermanfaat bagi kesehatan<sup>(1)</sup>.

Bertolak dari fakta tersebut, serbuk daun kelor memiliki potensi untuk dikembangkan menjadi produk nutrasetikal. Nutrasetikal adalah produk makanan yang bermanfaat untuk kesehatan tubuh, termasuk pencegahan dan pengobatan penyakit<sup>(7)</sup>. Salah satu produk nutrasetikal yang potensial dikembangkan dari serbuk daun kelor adalah sereal. Sereal merupakan produk yang mudah dikonsumsi, mengandung serat, energi, mineral dan vitamin. Sereal dapat dikonsumsi sehari-hari, memiliki manfaat terhadap fungsi fisiologis tubuh, dan memberikan nutrisi untuk aktivitas tubuh<sup>(8)</sup>. Pengembangan sereal dalam bentuk granul merupakan solusi yang tepat untuk mempermudah penggunaan, menjaga stabilitas produk, dan menunjang aseptabilitas sediaan.

Hasil penelitian terdahulu yang meneliti pengaruh temperatur pengeringan terhadap nutrisi daun kelor menunjukkan bahwa kandungan senyawa penting dalam serbuk daun kelor tidak mengalami perubahan signifikan pada pemanasan hingga suhu 60 °C<sup>(9)</sup>. Bertolak dari fakta tersebut, maka formulasi granul sereal daun kelor dapat dilakukan dengan metode granulasi basah dengan suhu pengeringan 50-60 °C<sup>(10)</sup>.

Granul sereal daun kelor diharapkan memiliki ukuran partikel yang seragam, karakteristik aliran yang baik, mudah terdispersi, memiliki viskositas yang memadai, dan tidak mudah mengendap setelah didispersikan<sup>(11)</sup>.

Pengikat dan *suspending agent* merupakan komponen penting dalam formula granul yang dapat dioptimasi untuk menghasilkan granul dengan karakteristik fisik dan kimia memadai. Pengikat berfungsi untuk merekatkan partikel penyusun granul sereal satu dengan yang lainnya sehingga ikatan antar partikel dapat terbentuk<sup>(12)</sup>. Beberapa jenis tepung seperti tepung garut, tepung sorghum, dan tepung maizena dapat berfungsi sebagai pengikat sekaligus sumber karbohidrat dalam sereal. Pengikat alami, seperti ketiga jenis tepung tersebut memiliki kemampuan ikatan dan konsistensi yang berbeda disebabkan rasio amilase dan amilopektin dalam struktur masing-masing<sup>(13)</sup>. Amilosa memiliki sifat mudah menyerap air dan daya kembangnya sangat baik, sedangkan amilopektin memiliki sifat lebih lekat dan cenderung membentuk gel apabila disuspensikan dengan air. Berdasarkan fenomena tersebut, maka penggunaan tepung dalam formula sereal juga bisa berfungsi sebagai *thickening agent*.

Karakteristik penting yang juga harus diperhatikan dalam formulasi sereal adalah struktur, tekstur, dan kekentalan sereal. Penambahan *suspending agent* dalam formula sereal dapat dilakukan untuk meningkatkan kekentalan sereal. Kondisi ini bermanfaat untuk memperlambat pengendapan sediaan dan menghasilkan dosis yang seragam saat digunakan oleh konsumen<sup>(14)</sup>.

Xanthan gum merupakan salah satu jenis *suspending agent* yang memiliki karakteristik dapat larut dalam air dingin atau air panas. Hasil dispersi xanthan gum menunjukkan karakteristik aliran pseudoplastis, dan mampu menghasilkan dispersi yang kental. Viskositas hasil dispersi xanthan gum dalam air menunjukkan stabilitas yang sangat baik pada rentang pH dan temperatur yang luas<sup>(15)</sup>. Konsentrasi xanthan gum yang direkomendasikan pada produk nutrasetikal yaitu 0,5%-1%. Konsentrasi xanthan gum  $\geq 1\%$  menyebabkan perubahan konsistensi menjadi gel dengan viskositas 4000 mPas, pada kondisi ini cairan akan sulit dituang sehingga aseptabilitas belum tercapai<sup>(16)</sup>.

Berdasarkan fakta tersebut, pada penelitian ini akan dilakukan formulasi sereal daun kelor dengan tiga jenis pengikat yang berbeda (tepung garut, tepung sorghum, dan tepung maizena) dan dua level konsentrasi xanthan gum sebagai *suspending agent* (0,5% dan 1,0%). Pengaruh kedua faktor tersebut kemudian dianalisis terhadap karakteristik fisika dan kimia granul sebelum direkonstitusi (sifat alir,

kandungan lembab, dan ukuran partikel) dan sesudah direkonstitusi (waktu dispersi, viskositas, dan pH)<sup>(17)</sup>. Granul sereal daun kelor juga dilakukan analisis proksimat dan logam berat sesuai persyaratan SNI susu sereal SNI 01-4270-1966 meliputi pH produk sereal, nilai nutrisi (kadar air, kadar abu, protein, lemak, karbohidrat, serat kasar) dan cemaran logam berat (Pb, Cd, dan Cu).

## BAHAN DAN METODE

**BAHAN.** Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah daun kelor (*Moringa oleifera*) varietas Afrika yang diperoleh dari Desa Bogo-Bojonegoro, tepung garut (PT. Agro Indah Permata), tepung sorghum (PT. Agro Indah Permata), tepung maizena (PT. Agro Indah Permata), xanthan gum (Neimenggu Fufeng Biotechnologies, Co. Ltd, China), stevia diperoleh dari PT. Jamu Iboe-Indoneisa, natrium benzoat (Emerald Kaisma Chemical, Indonesia), sukrosa (Haihang Industry Co.Ltd, China), serbuk flavour melon (KH. Roberts, Indonesia), serbuk flavour strawberry (KH. Roberts, Indonesia), krimmer nabati (PT. Sari Indofood Corporation, Indonesia), susu soya bubuk (Unisooy, Singapura), telur, air murni, etanol 96% p.a (Merck, Jerman).

**Alat.** Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain timbangan analitik JL-602 (Mettler Toledo), blender tipe MX-GX2062WSR (Panasonic),

mixer EHSM 3417 (Electrolux), oven UFE600 (Mettler), satu set pengayak dan vibrator (Retsch D-42759 HAAN), *tapped density tester* (Pharma Test D-63512 Hainburg), *moisture content tester* OHAUS MC MB45 (Mettler Toledo), corong standar, *stopwatch*, statif, viskometer Stormer Serial 80202 (Arthur H Thomas. Co Philadelphia USA), viskometer VT-04 (Rion), pH meter LAQUA-PH1100 (Horiba Scientific).

### METODE. Penyiapan Serbuk Daun Kelor.

Daun kelor varietas Afrika yang diperoleh dari Desa Bogo, dilakukan sortasi untuk memisahkan daun segar dengan daun yang kering atau berwarna kekuningan. Helai daun kemudian dipisahkan dari tangkai daun. Daun tersebut kemudian dicuci dengan air mengalir untuk menghilangkan kotoran, pada tahap akhir pencucian dilakukan pembilasan dengan air murni<sup>(18)</sup>. Daun kelor yang telah dicuci dikeringkan dengan cara diangin-anginkan pada temperatur kamar (25-30 °C) dan dibolak-balik hingga mencapai kandungan lembab <10%<sup>(19)</sup>. Daun kelor yang telah kering kemudian direduksi ukuran partikelnya menggunakan penghancur (*blender* kering) hingga membentuk serbuk. Serbuk daun kelor kemudian diayak dengan pengayak no. mesh 100. Serbuk kemudian disimpan dalam wadah tertutup kedap.

Formulasi Sereal Daun Kelor. Granul sereal daun kelor terdiri dari komponen formula seperti yang

Tabel 1. Formula sereal daun kelor dengan berbagai jenis tepung sebagai pengikat.

No	Bahan	Formula (%)					
		F1	F2	F3	F4	F5	F6
1	Tepung daun kelor	10%	10%	10%	10%	10%	10%
2	Tepung garut	20%	20%				
3	Tepung shorgum			20%	20%		
4	Tepung maizena					20%	20%
5	Xanthan gum	0,5%	1%	0,5%	1%	0,5%	1%
6	Sukrosa	20%	20%	20%	20%	20%	20%
7	Stevia	3%	3%	3%	3%	3%	3%
8	Krimmer Nabati	5%	5%	5%	5%	5%	5%
9	Natrium Benzoat	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%
10	Telur	13%	13%	13%	13%	13%	13%
11	Strawberry flavor	5%	5%	5%	5%	5%	5%
12	Melon	7%	7%	7%	7%	7%	7%
13	Susu Soya Bubuk	16,4%	15,9%	16,4%	15,9%	16,4%	15,9%

ditampilkan pada Tabel 1.

Hasil evaluasi karakteristik granul digunakan untuk memprediksi kemampuan alir granul dan keragaman bobot pada saat pengisian granul pada kemasan primer. Masing-masing bahan seperti daun kelor, xanthan gum, tepung sorgum sukrosa, stevia, krimer nabati, xantan gum, natrium benzoat, dan susu soya ditimbang kemudian dicampur hingga homogen menggunakan *mixer* selama 10 menit. Telur ditambahkan sesuai jumlah pada formula, sedikit demi sedikit hingga terbentuk massa granul. Massa granul yang terbentuk kemudian diayak dengan pengayak no. mesh 10, kemudian dikeringkan menggunakan oven pada suhu 50°C selama 3 jam hingga diperoleh kandungan lembab granul 2%-4%<sup>(10)</sup>. Granul kering kemudian diayak dengan ayakan no mesh 16. Granul yang telah diayak kemudian dilanjutkan untuk evaluasi karakteristik granul.

**Evaluasi Karakteristik Granul Sereal Daun Kelor.** Granul sereal daun kelor yang dihasilkan dilakukan evaluasi organoleptis, distribusi ukuran partikel, bobot jenis, indeks kompresibilitas, rasio Hausner, sudut istirahat, kecepatan alir, dan kandungan lembab (*moisture content*).

**Evaluasi Organoleptis.** Uji organoleptis dilakukan dengan melakukan pengamatan dan penilaian terhadap bentuk, aroma, rasa dan warna granul sereal daun kelor<sup>(20)</sup>.

**Evaluasi Distribusi Ukuran Partikel.** Evaluasi distribusi ukuran partikel granul dilakukan dengan menggunakan satu set pengayak standar. Bobot masing-masing pengayak dan penampung ditimbang untuk mengetahui bobot awal pengayak dan penampung. Pengayak kemudian disusun dari atas ke bawah dengan urutan no mesh 20, 30, 50, 60, 80, 100, dan penampung di bagian bawah. Sebanyak 100 gram granul sereal daun kelor diletakkan pada pengayak yang paling atas, kemudian satu set pengayak yang berisi granul ditutup dan dikencangkan. Pengayak kemudian digetarkan dengan vibrasi sebesar 60 rpm selama 20 menit. Tahap berikutnya adalah menimbang bobot granul yang terdistribusi pada masing-masing pengayak dan pan penampung. Distribusi ukuran partikel dan % *finer* kemudian dianalisis untuk masing-masing formula<sup>(21)</sup>.

**Evaluasi Bobot Jenis, Rasio Hausner, dan Indeks Kompresibilitas.** Pengukuran bobot jenis nyata dan bobot jenis mampat dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan granul menempati ruangan dan kompresibilitas granul. Pengukuran bobot jenis nyata dilakukan dengan menuangkan 40 g (M) granul sereal daun kelor ke dalam gelas ukur 100 mL yang dimiringkan pada sudut 45° dengan cepat, lalu gelas ukur ditegakkan dan digoyangkan dengan cepat untuk

meratakan permukaan bahan<sup>(22)</sup>. Volume granul ( $V_0$ ) kemudian dibaca untuk dilakukan perhitungan bobot jenis nyata granul dengan rumus sebagai berikut: Bobot jenis nyata =  $(M/V_0)$  g/mL

Gelas ukur yang telah berisi granul tersebut kemudian dilakukan pengukuran bobot jenis mampat dengan menggunakan instrumen *tapping machine*. Instrumen dijalankan dan dilakukan pengamatan volume granul setiap 100 kali ketukan<sup>(10)</sup>, hingga tiga pengamatan berurutan menunjukkan volume ( $V_f$ ) yang tetap. Bobot jenis mampat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

Bobot jenis mampat =  $(M/V_f)$  g/mL

Nilai bobot jenis nyata dan bobot jenis mampat yang diperoleh dari hasil pengukuran kemudian digunakan untuk melakukan perhitungan Rasio Hausner sebagai berikut:

Rasio Hausner = BJ mampat/BJ nyata

Indeks kompresibilitas juga dilakukan perhitungan berdasarkan data bobot jenis nyata dan bobot jenis mampat seperti persamaan di bawah ini<sup>(23)</sup>:

Indeks kompresibilitas =

$((BJ \text{ mampat} - BJ \text{ nyata}) / BJ \text{ mampat}) \times 100$

Berdasarkan data rasio Hausner dan kompresibilitas dapat dilakukan evaluasi karakteristik aliran granul sereal daun kelor.

**Evaluasi Kecepatan Alir dan Sudut Istirahat Granul.** Pengukuran kecepatan alir dan sudut istirahat granul bertujuan untuk memprediksi kemampuan alir granul. Evaluasi kecepatan alir dan sudut istirahat granul dilakukan dengan *funnel method*, menggunakan satu set corong dan statif. Granul sereal daun kelor sebanyak 100 g dituang ke dalam corong dengan dasar lubang corong ditutup. Setelah itu, dasar corong dibuka dan dicatat waktu yang diperlukan seluruh granul untuk mengalir menuju bidang datar. Kecepatan alir dihitung dari rasio antara bobot granul dengan waktu. Sudut istirahat dihitung dari timbunan granul yang terbentuk pada bidang datar<sup>(23)</sup>. Sudut istirahat ( $\alpha$ ) dihitung dengan persamaan berikut:

Sudut istirahat ( $\alpha$ ) =  $\arctg (h/r)$

**Evaluasi Kandungan Lembab Granul.** Evaluasi kandungan lembab granul dilakukan dengan instrumen *moisture content analyzer*<sup>(24)</sup>. Sampel sebanyak kurang lebih 5 g granul dimasukkan ke dalam instrumen, kemudian dipijar pada suhu 105 °C selama 10 menit. Bobot sebelum dan sesudah pemijaran akan dikalkulasi oleh instrumen dan ditampilkan sebagai nilai persen kandungan lembab.

**Evaluasi Sereal Daun Kelor Setelah Rekonstitusi.** Granul sereal daun kelor masing-masing formula sebanyak 30 gram (1 sachet) direkonstitusi dengan air murni sebanyak 150 mL. Hasil rekonstitusi granul sereal daun kelor kemudian dilakukan evaluasi

terhadap beberapa parameter seperti organoleptik, waktu rekonstitusi, pH, viskositas, sifat alir, dan volume sedimentasi.

**Evaluasi Organoleptik Sereal Setelah Rekonstitusi.** Evaluasi organoleptis terhadap sereal daun kelor dilakukan terhadap parameter warna, rasa, bau, dan konsistensi<sup>(25)</sup>.

**Evaluasi Waktu rekonstitusi.** Evaluasi ini dilakukan untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan granul untuk melarut sempurna atau terdispersi dalam sejumlah air yang telah ditetapkan. Sejumlah granul seberat 30 gram didispersikan ke dalam *aqua purificata* panas sebanyak 150 ml kemudian diaduk. Dihitung waktu yang dibutuhkan granul untuk terdispersi seluruhnya dengan bantuan *stopwatch*. Granul yang baik dapat melarut sempurna atau terdispersi dalam waktu 5 menit. Keberadaan sedikit kekeruhan masih dapat ditoleransi, tetapi granul harus tersuspensi secara merata<sup>(25)</sup>.

**Evaluasi pH.** Evaluasi pH dilakukan pada sereal daun kelor yang telah direkonstitusi. Pengukuran pH sereal dilakukan dengan instrumen pH meter Horriba<sup>(26)</sup>.

**Evaluasi Viskositas dan Sifat Alir.** Evaluasi ini dilakukan untuk menentukan viskositas dan sifat alir pada sereal daun kelor<sup>(27)</sup>. Evaluasi viskositas dan sifat alir sediaan dilakukan dengan viskometer Stormer Serial #80202. Sifat alir sediaan ditentukan dengan membuat plot hubungan antara beban terhadap rpm.

**Evaluasi Volume Sedimentasi.** Evaluasi volume sedimentasi dilakukan dengan memasukkan sereal daun kelor yang telah direkonstitusi ke dalam gelas ukur 25 mL, kemudian dikocok sepuluh kali. Volume sedimentasi (F) kemudian diamati pada beberapa interval waktu yaitu awal pengamatan (0 menit), 15 menit, 30 menit, 45 menit, dan 60 menit<sup>(27)</sup>.

**Evaluasi Proksimat dan Kandungan Logam Berat (Pb dan Cu).** Analisis proksimat susu sereal dilakukan sesuai persyaratan mutu SNI mengenai susu sereal (SNI 01-4270-1996). Parameter yang dianalisis meliputi kandungan protein, lemak, serat kasar, karbohidrat, kadar abu, dan kadar air. Kandungan logam berat Pb dan Cu juga dilakukan pada sereal daun kelor. Pemeriksaan kandungan proksimat dan logam berat dilakukan sesuai prosedur pada SNI 01-2891-1992 dan SNI 01-2896-1998.

**Analisis Statistik.** Pada penelitian ini dilakukan analisis statistik dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktorial dengan dua faktor yaitu jenis tepung sebagai pengikat dan konsentrasi xanthan gum

terhadap viskositas sereal daun kelor.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

**Hasil Determinasi Tanaman Kelor.** Determinasi tanaman kelor (*Moringa oleifera*) dilakukan di Fakultas Farmasi Universitas Surabaya bagian Pusat Informasi Pengembangan Obat Tradisional (PIPOT). Determinasi dilakukan untuk memastikan bahan uji yang digunakan benar pada penelitian ini. Hasil determinasi dengan No. 1394/D.T/III/2019 menunjukkan bahwa tanaman yang digunakan sebagai bahan uji pada penelitian ini adalah benar tanaman kelor (*Moringa oleifera*).

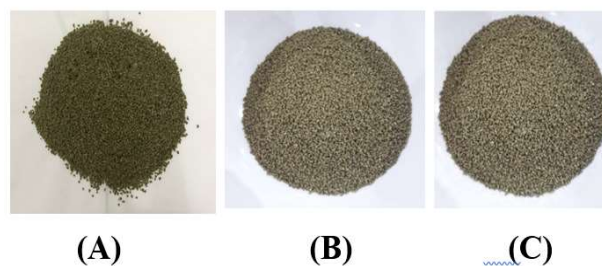
**Pengamatan Organoleptis Serbuk Daun Kelor.** Daun kelor yang telah melalui proses pengeringan selama 7 hari dengan syarat kandungan lembab  $\leq 10\%$  kemudian dihaluskan dengan mesin penghancur hingga menjadi serbuk daun kelor<sup>(28)</sup>. Serbuk daun kelor yang diperoleh berwarna hijau tua, memiliki aroma khas, dan tidak berasa. Organoleptis serbuk



Gambar 1. Serbuk dau kelor.

daun kelor dapat dilihat pada Gambar 1 di bawah ini.

**Evaluasi Karakteristik Granul Sereal Daun Kelor.** Granul sereal daun kelor dengan tepung garut, tepung sorghum, dan tepung maizena sebagai pengikat (F1-F6) menunjukkan karakteristik berwarna hijau tua, dengan rasa manis, dan beraroma melon. Granul



Gambar 2. Granul sereal daun kelor dengan (A) tepung garut, (B) tepung shorghum, (C) tepung maizena sebagai pengikat.

sereal daun kelor dapat dilihat pada Gambar 2.

Parameter karakteristik granul lain yang dievaluasi meliputi persen fines granul, rasio Hausner, indeks

kompresibilitas, kecepatan alir dan sudut istirahat. Hasil evaluasi karakteristik granul sereal daun kelor dengan berbagai jenis tepung sebagai pengikat dapat

**Tabel 2. Hasil evaluasi karakteristik granul sereal daun kelor.**

Parameter evaluasi granul	Hasil					
	F1	F2	F3	F4	F5	F6
	granul	granul	granul	granul	granul	granul
	berwarna	berwarna	berwarna	berwarna	berwarna	berwarna
Organoleptis	hijau, rasa manis, bau melon	hijau, rasa manis, bau melon	hijau, rasa manis, bau melon	hijau, rasa manis, bau melon	hijau, rasa manis, bau melon	hijau, rasa manis, bau melon
Fines (%)	0,70 ± 1,22	0,66 ± 1,00	0,86 ± 1,37	1,53 ± 0,97	0,96 ± 1,32	1,43 ± 0,76
Rasio Hausner Indeks	1,26 ± 0,05	1,19 ± 0,04	1,20 ± 0,04	1,18 ± 0,04	1,17 ± 0,01	1,17 ± 0,03
Kompresibilitas (%)	20,35 ± 2,94	16,78 ± 5,29	16,52 ± 2,88	14,91 ± 2,85	14,74 ± 0,57	14,72 ± 1,75
Kecepatan alir (g/s)	9,59 ± 0,56	9,76 ± 0,68	8,74 ± 0,86	9,14 ± 0,89	9,38 ± 0,91	9,48 ± 0,46
Sudut Istirahat (°)	30,26 ± 0,00	30,26 ± 0,00	30,26 ± 0,00	31,98 ± 1,98	31,65 ± 1,13	30,08 ± 0,36
Kandungan lembab (%)	2,37 ± 0,25	2,26 ± 0,22	2,26 ± 0,53	2,47 ± 0,29	2,32 ± 0,53	2,42 ± 0,47

dilihat pada Tabel 2.

Hasil evaluasi distribusi ukuran partikel granul sereal daun kelor menunjukkan bahwa >85% proporsi ukuran granul yang dihasilkan dari keenam formula >850 µm. Persentase *fines* (partikel yang ukurannya <150 µm) dari keenam formula menunjukkan nilai <10%. Kondisi ini mendukung kemampuan alir dan kompresibilitas granul. *Fines* dengan proporsi <10% dalam suatu granul berfungsi untuk meningkatkan aliran granul melalui efek lubrikasi<sup>(29)</sup>.

Proporsi partikel dengan ukuran >850 µm dengan jumlah yang cukup besar di dalam granul juga membantu granul mengalir lebih baik. Hal ini disebabkan resultan gaya gravitasi dan gaya adhesif lebih besar pada partikel yang berukuran besar<sup>(30)</sup>. Hal ini menunjukkan bahwa ketiga jenis tepung yang berasal dari bahan alam tersebut potensial untuk dimanfaatkan sebagai pengikat dalam pengembangan granul untuk produk makanan-minuman maupun sediaan farmasi<sup>(31)</sup>.

Granul sereal daun kelor menunjukkan karakteristik aliran yang dapat diterima ditinjau dari parameter kecepatan alir, sudut istirahat, rasio Hausner dan indeks kompresibilitas. Granul dengan tepung garut sebagai pengikat berdasarkan data rasio Hausner

termasuk kategori cukup dapat mengalir.

Granul sereal daun kelor dengan pengikat tepung sorghum dan xanthan gum 0,5% menunjukkan karakteristik cukup dapat mengalir, sementara granul dengan xanthan gum 1,0% termasuk kategori baik. Granul sereal daun kelor dengan pengikat tepung maizena menunjukkan karakteristik aliran yang lebih baik dibandingkan granul dengan tepung garut dan sorghum, namun seluruh granul dalam penelitian ini masih memenuhi persyaratan aliran granul untuk pengembangan produk makanan maupun sediaan farmasi<sup>(23)</sup>. Karakteristik aliran granul yang baik akan berdampak pada kemudahan dalam pengisian pada kemasan primer, homogenitas, dan variasi bobot yang minimal<sup>(32)</sup>.

Parameter lain yang juga dievaluasi pada granul sereal daun kelor adalah kandungan lembab. Batas kandungan lembab yang dapat ditoleransi pada granul adalah 5%<sup>(33)</sup>. Kandungan lembab diperlukan dalam granul untuk membentuk ikatan antar partikel melalui mekanisme jembatan cair sehingga resiko segregasi partikel penyusun dapat diminimalkan.

Kandungan lembab pada granul harus dikendalikan, karena kandungan lembab yang terlalu tinggi dapat berdampak pada hambatan kemampuan

alir granul. Kondisi ini disebabkan karena kelembaban membentuk aglomerat berukuran besar serta adanya efek plastisasi yang menyebabkan partikel cenderung menempel<sup>(24)</sup>. Keenam formula sereal daun kelor yang dikembangkan menunjukkan nilai kandungan lembab yang memenuhi persyaratan sehingga stabilitas dan kemampuan alir granul diharapkan dapat terjaga selama proses pengisian, penyimpanan, hingga penggunaan.

Evaluasi karakteristik sereal daun kelor setelah direkonstitusi bertujuan untuk mengamati waktu rekonstitusi, pH, viskositas, sifat alir, dan volume sedimentasi. Hasil evaluasi karakteristik sereal setelah rekonstitusi dapat dilihat Tabel 3. Kondisi granul sereal daun kelor setelah direkonstitusi ditampilkan



Gambar 3. Granul sereal daun kelor setelah direkonstitusi.

pada Gambar 3.

Waktu rekonstitusi merupakan parameter yang digunakan untuk menentukan suatu produk granul dapat diklasifikasikan sebagai produk instan<sup>(34)</sup>. Proses rekonstitusi serbuk atau granul melibatkan tahapan pembasahan, dispersi, dan pelarutan. Waktu rekonstitusi keenam formula sereal daun kelor berkisar antara 12,58-16,45 detik. Keenam formula sereal menunjukkan waktu rekonstitusi kurang dari 90 detik sehingga dapat dikatakan granul sereal daun kelor terdispersi secara cepat<sup>(35)</sup>. Sifat pengikat granul yang hidrofilik mempercepat penetrasi air ke dalam struktur granul sehingga waktu dispersi menjadi cepat<sup>(36)</sup>. Sereal daun kelor dengan konsentrasi xanthan gum lebih tinggi (1,0%) menunjukkan waktu dispersi yang lebih lama. Hal ini disebabkan kemampuan *swelling* xanthan gum dalam formula tersebut lebih besar, sehingga menghambat proses solubilisasi partikel<sup>(34)</sup>.

pH formula sediaan sereal dalam penelitian ini berada dalam rentang 5,64-5,82. pH sediaan sereal daun kelor yang dihasilkan berada dalam rentang pH stabilitas antioksidan daun kelor yaitu pH 4,0-9,0<sup>(37)</sup>. Kondisi ini mengindikasikan bahwa sediaan sereal tersebut mampu mempertahankan stabilitas kimia golongan senyawa fenolik dalam daun kelor. Golongan senyawa fenolik dalam daun kelor memiliki manfaat sebagai perlindungan terhadap penyakit kronik yang berkaitan dengan mekanisme stress oksidatif<sup>(38)</sup>. pH sediaan tersebut juga sesuai dengan

Tabel 3. Hasil evaluasi karakteristik sereal daun kelor.

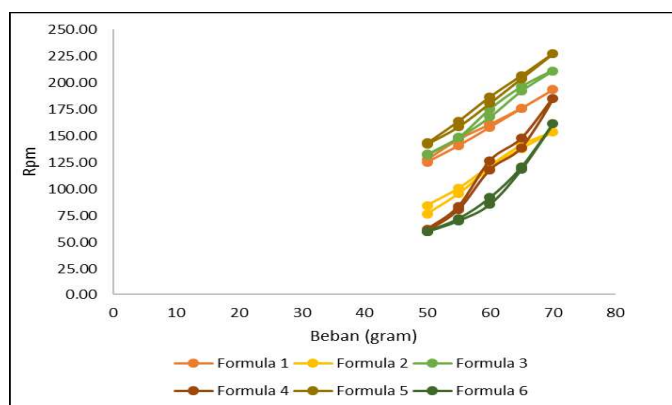
Parameter evaluasi sereal	Hasil					
	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Organoleptis	suspensi sereal berwarna hijau, rasa manis, berbau melon	suspensi sereal berwarna hijau, rasa manis, berbau melon	suspensi sereal berwarna hijau, rasa manis, berbau melon	suspensi sereal berwarna hijau, rasa manis, berbau melon	suspensi sereal berwarna hijau, rasa manis, berbau melon	suspensi sereal berwarna hijau, rasa manis, berbau melon
Waktu rekonstitusi (detik)	14,46±0,19	16,29±0,14	14,26±0,07	16,45±0,09	12,58±0,10	14,58±0,18
pH	5,80±0,14	5,82±0,12	5,75±0,03	5,71±0,03	5,64±0,03	5,75±0,01
Viskositas (cps)	73,75±9,46	205,00 ± 0,04	88,75±2,50	245,00± 5,77	87,50±5,00	182,50±2,89
Sifat alir	pseudoplastis	pseudoplastis	pseudoplastis	pseudoplastis	pseudoplastis	pseudoplastis
Volume sedimentasi	0,96	1,00	0,98	1,00	0,98	1,00



pH produk makanan (5,00-6,00) secara umum.

Sereal daun kelor dalam penelitian ini juga dilakukan evaluasi dari segi viskositas dan sifat alir

sediaan seperti ditunjukkan pada Gambar 4. Evaluasi tersebut bertujuan untuk memprediksi stabilitas fisik,



Gambar 4. Hasil evaluasi sifat alir sereal daun kelor.

kemudahan konsumsi, dan homogenitas sediaan<sup>(36)</sup>.

Berdasarkan data viskositas yang diperoleh, diketahui bahwa sediaan sereal dengan pengikat tepung garut, tepung sorghum, dan tepung maizena menunjukkan tren peningkatan viskositas yang signifikan pada penggunaan xanthan gum 1,0%. Sediaan sereal daun kelor dengan konsentrasi 1,0% berada dalam rentang 182,50-245,00 cps. Viskositas merupakan parameter krusial dalam sediaan sereal karena berpengaruh terhadap mouthfeel sediaan saat berada di rongga mulut kemudian ditelan masuk ke esophagus.

Hasil analisis statistik rancangan acak lengkap (RAL) faktorial dengan dua faktor menunjukkan bahwa jenis tepung sebagai pengikat tidak berpengaruh signifikan terhadap viskositas sediaan ( $p > 0,05$ ), sementara perbedaan konsentrasi xanthan gum sebagai hidrokoloid dalam sereal berpengaruh signifikan terhadap viskositas sereal ( $p < 0,05$ ).

Xanthan gum merupakan hidrokoloid yang banyak digunakan dalam industri makanan dan minuman untuk meningkatkan konsistensi dan tekstur produk. Peningkatan viskositas sereal yang signifikan pada penggunaan xanthan gum 1,0% disebabkan karena kemampuan pengembangan yang besar saat kontak dengan media aqueous<sup>(39)</sup>. Xanthan gum juga menunjukkan dispersi makromolekular dengan karakteristik aliran pseudoplastik, sehingga keenam formula sereal ini menunjukkan karakteristik aliran pseudoplastik<sup>(40)</sup>. Karakteristik ini berdampak positif pada tekstur dan penerimaan sensori konsumen.

Parameter lain yang digunakan untuk memprediksi stabilitas sereal setelah direkonstitusi adalah volume sedimentasi. Volume sedimentasi merupakan evaluasi kualitatif terhadap stabilitas dispersi dalam sediaan

suspensi<sup>(23)</sup>. Salah satu faktor yang berpengaruh pada volume sedimentasi suspensi adalah konsentrasi *suspending agent*.

Hasil pengamatan volume sedimentasi keenam formula sereal menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi xanthan gum hingga 1,0% meningkatkan stabilitas dispersi hingga jangka waktu 60 menit. Hal ini teramati dari nilai volume sedimentasi formula sereal dengan xanthan gum 1,0% yaitu  $F=1$  sementara formula dengan xanthan gum 0,5% menunjukkan nilai  $F < 1$ . Kondisi ini mengindikasikan sereal daun kelor dengan konsentrasi xanthan gum 1,0% mampu mencegah pengendapan partikel serbuk sereal daun kelor. Mekanisme tersebut memfasilitasi dispersi serbuk daun kelor tetap homogen dalam media aqueous setelah direkonstitusi<sup>(41)</sup>.

Berdasarkan hasil evaluasi karakteristik sereal daun kelor setelah rekonstitusi diketahui bahwa formula sereal daun kelor dengan konsentrasi xanthan gum 1,0% menunjukkan karakteristik fisik dan stabilitas fisik yang lebih baik dibandingkan formula dengan xanthan gum 0,5%. Oleh karena itu, formula sereal dengan konsentrasi xanthan gum 1,0% dengan berbagai jenis pengikat (F2, F4, dan F6) direkomendasikan untuk pengujian analisis proksimat dan logam berat (Pb dan Cu) sesuai SNI susu sereal.

**Evaluasi Proksimat dan Kandungan Logam Berat.** Formula sereal daun kelor dengan konsentrasi xanthan gum 1,0% dengan berbagai jenis tepung sebagai pengikat (formula 2, formula 4, dan formula 6) dilakukan evaluasi proksimat dan kandungan logam. Evaluasi proksimat yang dilakukan meliputi kandungan protein, kadar lemak, serat kasar, kadar abu, kadar air, dan karbohidrat. Evaluasi dilakukan sesuai persyaratan SNI susu sereal (SNI 01-4270-



Tabel 4. Hasil evaluasi proksimat dan logam berat (Pb dan Cu) sereal daun kelor.

Parameter evaluasi sereal	Hasil			Persyaratan
	F2	F4	F6	
Protein	13,38	14,78	13,62	min. 5,0%
Kadar lemak	6,36	6,59	6,41	min. 7,0%
Serat kasar	0,76	1,24	1,17	maks. 0,7%
Kadar abu	2,72	2,81	2,65	maks. 4,0%
Karbohidrat	4,85	4,50	4,93	maks. 3,0%
Timbal (Pb)	71,93	70,08	71,22	min. 60,0%
Tembaga (Cu)	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi	maks. 2,0 mg/kg

1996) dan ditampilkan pada Tabel 4.

Ketiga formula memenuhi syarat kandungan protein susu sereal. Kandungan daun kelor dan susu soya dalam formula berperan sebagai sumber protein dalam formula sereal yang dikembangkan. Susu soya merupakan sumber protein nabati yang merupakan alternatif susu yang berasal dari hewan. Susu soya juga dinilai lebih sehat karena mengandung kalori, lemak, dan asam lemak yang lebih rendah dibandingkan susu sapi. Susu soya juga merupakan pilihan yang tepat untuk dikembangkan sebagai penunjang produk makanan dan minuman bagi konsumen yang alergi terhadap protein sapi dan laktosa<sup>(42)</sup>. Susu soya juga memiliki kelebihan mengandung serat yang tinggi sehingga cocok digunakan untuk pengembangan produk tinggi serat.

Ketiga formula juga menunjukkan pemenuhan terhadap kandungan karbohidrat yang dipersyaratkan SNI susu sereal. Komponen formula yang memiliki peranan sebagai sumber karbohidrat dalam formula antara lain daun kelor, susu soya, xanthan gum, dan jenis tepung yang digunakan sebagai pengikat pada masing-masing formula (tepung garut, tepung sorghum, dan tepung maizena)<sup>(43)</sup>. Karbohidrat merupakan komponen utama dalam sereal dan berfungsi sebagai sumber energi<sup>(44)</sup>.

Hasil analisis parameter kadar abu dari ketiga formula yang diuji memenuhi syarat SNI ( $\leq 4,0\%$ ). Hasil analisis kadar abu berturut-turut dari ketiga formula adalah F2=2,72%; F4=2,81%; dan F6=2,65%. Pemeriksaan kadar abu bertujuan untuk mewakili kadar mineral yang terdapat di dalam produk. Kadar abu dalam produk terdiri dari komponen fosfor, potassium, kalsium, magmesium, zat besi, zink, dan tembaga. Kadar abu yang tinggi dalam sampel menggambarkan ketersediaan mineral dalam produk. Kadar abu dalam produk sereal dipengaruhi oleh jenis tepung dan kemurnian tepung yang digunakan<sup>(45)</sup>.

Kadar air juga merupakan parameter yang berpengaruh terhadap karakteristik fisik, morfologi, dan stabilitas (fisika, kimia, dan mikrobiologi) sereal<sup>(46)</sup>. Kadar air dalam granul sereal berpengaruh

terhadap karakteristik aliran granul dan kohesivitas serbuk, akibat pembentukan jembatan cair antar partikel<sup>(47)</sup>. Kadar air dalam ketiga formula sereal yang dikembangkan melebihi persyaratan kadar air susu sereal sesuai SNI ( $>3,0\%$ ). Kondisi ini dapat berpengaruh pada karakteristik aliran granul dan stabilitas sereal. Kadar air yang cukup tinggi pada ketiga formula diduga disebabkan oleh kemampuan penyerapan air tepung dan susu kedelai yang cukup tinggi<sup>(48)</sup>. Pengeringan komponen tepung dan susu soya merupakan salah satu strategi untuk menurunkan kadar air sereal. Selain itu, optimasi lama pengeringan granul sereal juga perlu dilakukan. Penurunan kadar air pada produk makanan bermanfaat untuk mencegah pertumbuhan mikroba dan kerusakan produk makanan<sup>(49)</sup>.

Parameter lain yang juga harus diperbaiki pada pengembangan berikutnya adalah kadar lemak. Kadar lemak ketiga formula sereal yang diuji berturut-turut adalah 6,36% (F2), 6,59% (F4), dan 6,41% (F6). Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan kandungan lemak dalam sereal adalah penambahan lemak nabati yang berasal dari kacang-kacangan<sup>(50)</sup>. Upaya lain yang juga dapat dilakukan adalah menggunakan kombinasi susu soya dengan susu *full cream* sebagai pengisi sereal<sup>(42)</sup>.

Dalam ilmu gizi, serat sayuran dan buah yang dikonsumsi disebut sebagai serat kasar. Kandungan serat yang tinggi dalam produk makanan dapat meningkatkan volume feses, meningkatkan pengaruh laksatif, melunakkan konsistensi feses, dan memperpendek waktu transit feses di usus<sup>(51)</sup>.

Kandungan kadar serat kasar dari ketiga formula menunjukkan hasil yang lebih tinggi dibandingkan persyaratan. Ketiga formula menunjukkan kadar serat kasar  $>0,7\%$ . Formula sereal dengan tepung garut sebagai pengikat (F2) menunjukkan kadar serat kasar yang paling mendekati persyaratan yaitu 0,76%. Berdasarkan hasil yang diperoleh, perlu dilakukan optimasi pada penelitian berikutnya mengenai konsentrasi tepung yang berasal dari garut, sorghum, dan jagung sebagai pengikat dalam formula sereal<sup>(45)</sup>.

Hal ini disebabkan konsumsi serat makanan dalam jumlah yang besar akan menyebabkan terjadinya hambatan serapan nutrisi akibat pembatasan proses difusi zat gizi<sup>(51)</sup>.

Pemeriksaan kandungan logam berat pada produk pangan penting dilakukan karena beberapa jenis logam berat seperti Pb, Cd, Cr, dan Cu bersifat karsinogen dan menginduksi kegagalan organ pada kadar yang melebihi persyaratan<sup>(52)</sup>. Pb merupakan elemen yang sangat toksik dan paparan kronik pada konsentrasi rendah juga akan berdampak pada resiko kesehatan<sup>(53)</sup>. Cu merupakan mineral esensial yang diperlukan untuk sintesis sebagian besar biomolekul guna menjaga fungsi, struktur, dan proliferasi sel<sup>(53)</sup>.

Hasil pemeriksaan kandungan logam Pb dan Cu pada ketiga formula sereal daun kelor menunjukkan hasil yang memenuhi persyaratan yaitu tidak terdeteksi untuk kandungan logam Pb dan 4,5-5,0 ppm untuk kandungan Cu. Berdasarkan hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa konsumsi produk sereal yang dikembangkan dalam penelitian ini tidak menimbulkan resiko kesehatan bagi konsumen. Berdasarkan hasil diketahui bahwa formula sereal dengan hasil yang paling mendekati persyaratan kadar proksimat adalah formula 2.

### SIMPULAN

Hasil evaluasi karakteristik granul menunjukkan bahwa seluruh formula sereal daun kelor memiliki karakteristik fisik dan kimia yang memenuhi persyaratan. Variasi jenis tepung sebagai pengikat tidak berpengaruh signifikan terhadap viskositas sediaan ( $p > 0,05$ ), sementara perbedaan konsentrasi xanthan gum sebagai *suspending agent* dalam sereal berpengaruh signifikan terhadap viskositas sereal ( $p < 0,05$ ). Formula sereal yang paling optimal adalah formula 2 karena menunjukkan karakteristik fisik, kadar karbohidrat, protein, abu, dan logam berat yang memenuhi syarat, serta kadar serat kasar (0,76%) yang paling mendekati persyaratan (0,7%). Optimasi lebih lanjut perlu dilakukan pada formula 2 untuk meningkatkan kadar lemak dan menurunkan kadar serat kasar serta kadar air.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat atas pendanaan penelitian ini pada skema hibah penelitian terapan tahun 2019-2020 dengan nomor 069/SP-Lit/LPPM-

01/Int/FK/XII/2019.

### DAFTAR PUSTAKA

- Oyeyinka AT, Oyeyinka SA. *Moringa oleifera* as a food fortificant: Recent trends and prospects. *J Saudi Soc Agric Sci.* 2018;17(2):127–36.
- Yang R-Y, Chang L-C, Hsu J-C, C Weng BB, Palada MC, Chadha ML, et al. *Moringa* and other highly nutritious plant resources: Strategies, standards and markets for a better impact on nutrition in Nutritional and Functional Properties of *Moringa* Leaves-From Germplasm, to Plant, to Food, to Health. 2006;1–9.
- Nambiar VS, Parnami S. Standardization and organoleptic evaluation of drumstick (*Moringa oleifera*) leaves incorporated into traditional indian recipes. *Trees Life J.* 2008;3(September):2–6.
- Singh Y, Prasad K. *Moringa oleifera* leaf as functional food powder : Characterization and Uses. 2013;4(4):317–24.
- Gopalakrishnan L, Doriya K, Kumar DS. *Moringa oleifera*: A review on nutritive importance and its medicinal application. *Food Sci Hum Wellness* 2016;5(2):49–56.
- Bolarinwa IF, Aruna TE, Raji AO. Nutritive value and acceptability of bread fortified with moringa seed powder. *J Saudi Soc Agric Sci.* 2018;0–5.
- Shahidi F. Nutraceuticals, functional foods and dietary supplements in health and disease. *J Food Drug Anal.* 2012;20(SUPPL.1):226–30.
- Chaturvedi N, Sharma P, Shukla K, Singh R, Yadav S. Cereals nutraceuticals, health ennoblement and diseases obviation: A comprehensive review. *J Appl Pharm Sci.* 2011;1(7):6–12.
- Clement A, Olatunde M, Patrick O, Joyce O. Effect of drying temperature on nutritional content of *Moringa oleifera* Leave. *World J Food Sci Technol.* 2017;1(311):93–6.
- Okoye EI, Awotunde TO, Morales TG. Formulation and characterization of *Moringa oleifera* leaf granules. I: Micromeritic properties. *Res J Pharm Technol.* 2013;6(1):66–74.
- Usman OGI. Physical and functional properties of breakfast cereals from blends of maize, african yam bean, defatted coconut cake and sorghum extract. 2015;40:25–35. Available from: www.iiste.org
- York P, Aulton M, Marriott C, Fell J, Attwood D, Pugh J, et al. *Pharmaceutics: the science of dosage form design.* 2001. p.197–210, 137–138.
- Abdallah DB, Charoo NA, Elgorashi AS. Comparative binding and disintegrating property of *Echinochloa colona* starch (difra starch) against maize, sorghum, and cassava starch. *Pharm Biol.* 2014;52(8):935–43.
- Sudam N, Manish B, Ritesh M, Sachin P, Ratnaparkhi MP, Shilpa C. Evaluation of various natural suspending agents for its suspending behaviour using paracetamol as model drug for suspension. *Asian J Pharm Clin Res.*

- 2012;5(4):183–6.
15. Gimeno E, Moraru CI, Kokini JL. Effect of xanthan gum and CMC on the structure and texture of corn flour pellets expanded by microwave heating. *Cereal Chem.* 2004;81(1):100–7.
  16. Zietsman S, Kilian G, Worthington M, Stubbs C. Formulation development and stability studies of aqueous metronidazole benzoate suspensions containing various suspending agents. *Drug Dev Ind Pharm.* 2007;33(2):191–7.
  17. Milani J, Maleki G. Hydrocolloids in food industry. *Food Ind Process - Methods Equip.* 2012.p. 17-38.
  18. EN F, Willy SAA R. Production of a functional tea from *Moringa oleifera* LAM leaf powder: optimization of phenolic extraction using response surface methodology. *J Nutr Food Sci.* 2016;06(06):1-7.
  19. Farmasi J, Ode W, Zubaydah S, Fia W, Adawia S, Hasanuddin DD, et al. Formulasi minuman effervescent mix serbuk daun kelor (*Moringa oleifera*). 2018;4(September):2–4.
  20. Djarot P, Badar M. Formulation and production of granule from *Annona muricata* fruit juice as antihypertensive instant drink. *Int J Pharm Pharm Sci.* 2017;9(5):18.
  21. da Cunha-Filho MSS, Gustmann PC, Garcia FS, Lima EM, de Sá-Barreto LCL. Development and physical evaluation of Maytenus ilicifolia effervescent granules using factorial design. *Brazilian J Pharm Sci.* 2014;50(2):243–50.
  22. Qiu Y, Chen Y, Zhang G, Liu L, Porter W. Developing solid oral dosage forms. *Pharmaceutical theory and practice. Libro. Developing Solid Oral Dosage Forms.* 2009. p. 469–499.
  23. Shah RB, Tawakkul MA, Khan MA. Comparative evaluation of flow for pharmaceutical powders and granules. *AAPS PharmSciTech.* 2008;9(1):250–8.
  24. Crouter A, Briens L. The effect of moisture on the flowability of pharmaceutical excipients. *AAPS PharmSciTech.* 2013;15(1):65–74.
  25. Madhavi N, Kumar D, Naman S, Singh M, Singh PA, Bajwa N, et al. Formulation and evaluation of novel herbal formulations incorporated with Amla extract for improved stability. 2019;9(4):212–21.
  26. Wati S, Saryanti D. Effervescent granule formulation of bitter melon extract (*Momordica charantia* L.) with gelatin as a wet granulation binder. 2019;2(1):20–8.
  27. Nadaf SJ, Salunkhe SS, Kamble PM. Formulation and evaluation of ciprofloxacin suspension using natural suspending agent. *Int J Pharma Sci Res.* 2014;5(03):63–70.
  28. Departemen Kesehatan Republik Indonesia. Farmakope hebal Indonesia. *Farmakop Herb Indones.* 2008; p. 1-9.
  29. Okoye EI, Awotunde TO, Morales TG. Formulation and characterization of *Moringa oleifera* leaf granules . I : Micromeritic Properties . ABSTRACT : 2013;6(January):66–74.
  30. Santl M, ILIc I, Vreecer F, Baumgartner S. A compressibility and compactibility study of real tableting mixtures: The effect of granule particle size. *Acta Pharm.* 2012;62(3):325–40.
  31. Odeku OA. Potentials of tropical starches as pharmaceutical excipients: a review. *Starch/Staerke.* 2013;65(1–2):89–106.
  32. Saad Ali H, Saad Suliman R, A Elhaj BM, Suliman R. A recent progresses and manufacturing techniques in pharmaceutical powders and granulation. *Int J Pharm Clin Res [Internet].* 2019;11(1):1–12. Available from: www.ijpcr.com
  33. Sun CC. Mechanism of moisture induced variations in true density and compaction properties of microcrystalline cellulose. *Int J Pharm.* 2008;346(1–2):93–101.
  34. Fang Y, Selomulya C, Chen XD. On Measurement of food powder reconstitution properties. *Dry Technol.* 2008;26(1):3–14.
  35. Nalluri VR, Kuentz M. Flowability characterisation of drug-excipient blends using a novel powder avalanching method. *Eur J Pharm Biopharm.* 2010;74(2):388–96.
  36. Adedokun MO, Olorunsola EO, Anselem EL. Comparative evaluation of metronidazole suspensions formulated with *Raphia africana* hydrocolloid and other natural polymers. *J Appl Pharm Sci.* 2017;7(6):121–6.
  37. Arabshahi-D S, Vishalakshi Devi D, Urooj A. Evaluation of antioxidant activity of some plant extracts and their heat, pH and storage stability. *Food Chem.* 2007;100(3):1100–5.
  38. Vergara-Jimenez M, Almatrafi M, Fernandez M. Bioactive components in *Moringa oleifera* leaves protect against chronic disease. *Antioxidants.* 2017;6(4):91.
  39. Anil M, Durmus Y, Tarakci Z. Effects of different concentrations of guar, xanthan and locust bean gums on physicochemical quality and rheological properties of corn flour tarhana. *Nutr Food Sci.* 2020; 1-14.
  40. Wagoner TB, Çakır-Fuller E, Shingleton R, Drake MA, Foegeding EA. Viscosity drives texture perception of protein beverages more than hydrocolloid type. *J Texture Stud.* 2020;51(1):78–91.
  41. Venkateswarlu K, Chandrasekhar KB, Ramachandra R. Flukloksasilin'in yeniden-oluşturulabilen süspansiyonunun geliştirilmesi ve in-vitro değerlendirilmesi. *Marmara Pharm J.* 2016;20(3):280–7.
  42. Hajirostamloo B. Table I nutritional composition of Soymilk and cow milk (Per 1 Cup). *World Acad Sci Eng Technol .* 2009;436–8.
  43. Horstmann S, Lynch K, Arendt E. Starch characteristics linked to gluten-free products. *Foods.* 2017;6(12):29.
  44. Lafiandra D, Riccardi G, Shewry PR. Improving cereal grain carbohydrates for diet and health. *J Cereal Sci.* 2014;59(3):312–26.
  45. Ahmed K, Shoaib M, Akhtar MN, Iqbal Z. Chemical analysis of different cereals to access nutritional components vital for human health. *Ijcs.* 2014;6:61–7.
  46. Tahir AR, Neethirajan S, Jayas DS, Shahin MA, Symons SJ, White NDG. Evaluation of the effect of moisture content on cereal grains by digital image

- analysis. *Food Res Int.* 2007;40(9):1140–5.
47. Jung H, Lee YJ, Yoon WB. Effect of moisture content on the grinding process and powder properties in food: A review. *Processes.* 2018;6(6):6–10.
  48. Tadesse SA, Bultosa G, Abera S. Functional and physical properties of sorghum-based extruded product supplemented with soy meal flour. *Cogent Food Agric.* 2019;5(1):1-21.
  49. Process D. Food preservation by reducing water activity. *Food Microbiol Princ into Pract.* 2016;44–58.
  50. Suri DJ, Tano-Debrah K, Ghosh SA. Optimization of the nutrient content and protein quality of cereal-legume blends for use as complementary foods in Ghana. *Food Nutr Bull.* 2014;35(3):372–81.
  51. Kusharto CM. Serat makanan dan perannya bagi kesehatan. *J Gizi dan Pangan.* 2007;1(2):45.
  52. Pirsahab M, Fattahi N, Sharafi K, Khamotian R, Atafar Z. Essential and toxic heavy metals in cereals and agricultural products marketed in Kermanshah, Iran, and human health risk assessment. *Food Addit Contam Part B Surveill.* 2016;9(1):15–20.
  53. Batista BL, Nacano LR, Freitas R de, Oliveira-Souza VC de, Barbosa F. Determination of essential (Ca, Fe, I, K, Mo) and toxic elements (Hg, Pb) in Brazilian rice grains and estimation of reference daily intake. *Food Nutr Sci.* 2012;03(01):129–34.