

Pengembangan Nutrasetikal Sereal Daun Kelor (*Moringa oleifera* L.) dengan Tepung Garut (*Maranta arundinaceae* L.) sebagai Pengikat

Karina Citra Rani^{1*}, Nani Parfati¹, Pragita Putri¹, Elisabeth Regina¹

ABSTRACT: *Moringa oleifera* leaves potential to be developed as nutraceutical product because it contains amino acids, carbohydrates, fat, fiber, vitamin, and, minerals. Cereal is one of the nutraceutical products which can be developed using *Moringa oleifera* leaves as main ingredients. This research was conducted to develop *Moringa oleifera* leaves into dry instant cereals granules. The manufacturing process of this cereal was conducted using a wet granulation method. There are two formulas of *Moringa oleifera* leaves cereals which was developed in this research, formula 1 (without the arrowroot powder) and formula 2 (with arrowroot powder as a binder). Cereals of *Moringa oleifera* leaves in this study, then subjected to several evaluations such as physical characteristics of granules, viscosity, pH, proximate analysis based on SNI of cereal (SNI 01-4279-1996) (water content, coarse fiber, levels of ash, protein, fat, and carbohydrates), and the levels of metals (Pb and Cu). The results showed that formula 1 and formula 2 fulfil the specification of physical characteristics of granules, viscosity, and pH. The results of proximate analysis (levels of ash, protein, carbohydrates, and metal content) revealed that both formula met the requirement of SNI. The results of fat content in cereals showed that formula 2 met the requirement of SNI, hence formula 2 did not meet the requirement. Based on these results, it can be inferred that *Moringa oleifera* leaves cereals which using arrowroot as a binder (formula 2) has fulfilled the nutrition requirements of SNI.

Keywords: Nutraceutical, cereals, *Moringa oleifera* leaves, arrowroot powder.

ABSTRAK: Daun kelor (*Moringa oleifera* L.) berpotensi untuk dikembangkan menjadi produk nutrasetikal karena mengandung asam amino, karbohidrat, vitamin, serat, lemak, dan mineral. Salah satu produk nutrasetikal yang dapat dikembangkan adalah sereal. Pada penelitian ini dilakukan pengembangan sereal daun kelor dalam bentuk granul instan. Pembuatan granul sereal daun kelor dilakukan dengan metode granulasi basah. Terdapat dua formula sereal daun kelor yang dibuat dalam penelitian ini yaitu formula 1 (tanpa tepung garut) dan formula 2 (dengan tepung garut (*Maranta arundinaceae* L.) sebagai pengikat). Sereal daun kelor yang dihasilkan dalam penelitian ini kemudian dilakukan evaluasi meliputi karakteristik fisik granul, viskositas, pH, analisa proksimat (kadar air, serat kasar, abu, protein, lemak, karbohidrat) sesuai SNI susu sereal (SNI 01-4270-1996), dan kadar logam (Pb dan Cu). Hasil evaluasi karakteristik fisik granul, viskositas, dan pH menunjukkan bahwa formula 1 dan formula 2 telah memenuhi persyaratan. Hasil pemeriksaan parameter kadar abu, protein, karbohidrat, dan cemaran logam juga menunjukkan bahwa kedua formula telah memenuhi persyaratan SNI. Hasil pengujian kadar lemak menunjukkan bahwa formula 2 (7,30%) memenuhi persyaratan, sedangkan formula 1 (6,29%) tidak memenuhi persyaratan SNI. Berdasarkan hasil yang diperoleh, dapat disimpulkan bahwa granul sereal daun kelor dengan tepung garut sebagai pengikat (formula 2) telah memenuhi persyaratan kandungan nutrisi sesuai SNI.

Kata kunci: Nutrasetikal, sereal, daun kelor, tepung garut.

¹ Fakultas Farmasi Universitas Surabaya

Korespondensi :

Corresponding author:

karinacitrarani@staff.ubaya.ac.id

PENDAHULUAN

Pangan merupakan salah satu kebutuhan manusia yang harus selalu terjamin demi keberlangsungan hidup. Berdasarkan data dari Food and Agriculture Organization (FAO) pada tahun 2017 sekitar 820,8 juta dari 7,5 miliar penduduk di dunia (10,9 %) menderita kekurangan pangan dan gizi buruk (1). Sekitar 80% penduduk yang menderita gizi buruk tersebut ditemukan di negara berkembang. Indonesia merupakan salah satu negara berkembang dengan permasalahan gizi yang kompleks. Berdasarkan hasil Riset Kesehatan Dasar (RISKESDAS) 2018 diketahui bahwa jumlah prevalensi gizi buruk di Indonesia pada tahun 2018 yaitu sebesar 17,7% (2). Salah satu keanekaragaman hayati Indonesia yang potensial untuk dikembangkan menjadi sumber pangan adalah tanaman kelor (*Moringa oleifera*). Tanaman kelor (*Moringa oleifera*) adalah jenis tanaman tropis yang dapat tumbuh di daerah tropis seperti Indonesia. Tanaman kelor ini dikenal di dunia sebagai *Tree for Life* karena kandungan nutrisinya.

Tanaman kelor mengandung nutrisi penting yang bermanfaat untuk pemenuhan gizi yaitu asam amino esensial, karbohidrat, mineral sebagai makroelemen (kalsium, magnesium, potassium, fosfor, dan sulfur), mineral sebagai mikroelemen (besi, zink, tembaga, dan mangan), asam lemak, omega-6, vitamin, klorofil, antioksidan (lutein, karotenoid, zeatin, kuersetin, kaempferol), dan beta sitosterol (3). Bagian dari tanaman kelor yang memiliki kandungan nutrisi tinggi adalah pada bagian daun. Daun kelor dilaporkan mengandung protein (19-29%), serat (16-24%), lemak, karbohidrat, mineral, kalsium, magnesium, fosfor, potassium, tembaga, besi, sulfur, asam oksalat, vitamin A, vitamin B (kolin), vitamin B1 (thiamine), vitamin B2 (riboflavin), vitamin B3, vitamin C, dan vitamin E (4). Berdasarkan data tersebut diketahui bahwa daun kelor memiliki potensi yang tinggi untuk dikembangkan sebagai alternatif pangan dalam menanggulangi masalah malnutrisi.

Pengembangan produk nutrasetikal daun

kelor merupakan salah satu sarana diversifikasi pangan untuk memenuhi kebutuhan nutrisi penduduk Indonesia. Produk nutrasetikal daun kelor juga dinilai ekonomis untuk dikonsumsi oleh seluruh penduduk Indonesia, termasuk penduduk dengan pendapatan per kapita yang rendah (4). Salah satu bentuk produk nutrasetikal daun kelor yang dapat dikembangkan adalah sereal daun kelor. Sereal dan komponen penyusunnya dapat dikategorikan sebagai pangan fungsional dan nutrasetikal karena memiliki peran dalam memenuhi kebutuhan serat, protein, energi, mineral, vitamin, dan antioksidan yang diperlukan untuk kesehatan tubuh manusia (5). Pengembangan formula sereal daun kelor dapat dilakukan melalui formula sereal dalam bentuk granul. Granul sereal daun kelor dapat dibuat dengan metode granulasi basah untuk memperbaiki karakteristik fisik serbuk seperti karakteristik aliran, mencegah segregasi komponen, dan meningkatkan keseragaman kandungan (6).

Salah satu komponen penting dalam formula granul adalah pengikat. Pengikat berfungsi untuk merekatkan partikel penyusun granul sereal satu dengan yang lainnya sehingga ikatan antar partikel dapat terbentuk (7). Beberapa jenis pati seperti pati singkong, pati jagung, pati garut, dan pati kentang dapat berfungsi sebagai pengikat sekaligus penghancur. Pati garut (*Maranta arundinaceae* L) merupakan salah satu komoditas lokal yang tingkat budidayanya cukup tinggi di Indonesia. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (2013), kapasitas produksi rata-rata umbi garut di Indonesia sebesar 8 ton/hektar atau sekitar 3080 ton setiap kali panen (8). Pati garut juga memiliki kandungan karbohidrat sehingga di masyarakat sering dikonsumsi sebagai substitusi beras. Kondisi ini membuktikan bahwa tanaman garut memiliki potensi yang besar untuk dimanfaatkan dalam produk sereal sebagai bahan pengikat sekaligus sumber karbohidrat.

Karakteristik penting yang juga harus diperhatikan dalam formulasi sereal adalah struktur, tekstur, dan kekentalan sereal. Hidrokoloid merupakan bahan yang memiliki kemampuan untuk

mempengaruhi mikrostruktur, tekstur, dan rasa suatu produk makanan. Hidrokoloid merupakan biopolimer dengan bobot molekul besar, memiliki rantai hidrofilik, dan bersifat mampu menyerap air. Hidrokoloid umumnya digunakan dalam konsentrasi di bawah 1% untuk meningkatkan tekstur dan karakteristik sensori dalam produk makanan (9). Aplikasi hidrokoloid dalam sereal juga memiliki manfaat ditinjau dari sisi kesehatan, yaitu berperan memblokir absorpsi lemak selama proses pengolahan makanan. Hal ini berdampak pada pembentukan asam lemak dengan rantai yang lebih pendek sehingga dapat menghasilkan produk pangan yang kaya akan nutrisi (10). Salah satu jenis hidrokoloid yang memiliki kemampuan untuk meningkatkan karakteristik fisika dan kimia produk sereal adalah xanthan gum. Xanthan gum memiliki karakteristik dapat larut dalam air dingin atau air panas, hasil dispersi xanthan gum menunjukkan karakteristik aliran pseudoplastis, dan mampu menghasilkan dispersi yang kental (11). Xanthan gum dengan konsentrasi mulai 0,3-1,0% dapat menghasilkan tekstur yang dapat diterima untuk produk makanan (12).

Formula sereal daun kelor yang dikembangkan dalam penelitian ini menggunakan penambahan tepung garut sebagai pengikat dengan konsentrasi 15% dan xanthan gum dengan konsentrasi 0,3% sebagai pengental. Hal ini didasarkan pada hasil penelitian dan uraian sebelumnya yang menunjukkan bahwa pengikat tepung garut dan xanthan gum memiliki manfaat dalam membentuk karakteristik sereal yang aseptabel. Sereal daun kelor yang dihasilkan kemudian dilakukan evaluasi meliputi karakteristik granul, karakteristik fisika dan kimia setelah sereal direkonstitusi meliputi organoleptis, viskositas, pH, analisis proksimat (kadar air, kadar abu, protein, lemak, karbohidrat, serat kasar), dan cemaran logam (Pb dan Cu) (12).

METODE PENELITIAN

Bahan. Daun kelor diperoleh dari Desa Bogo, Kecamatan Kapas, Bojonegoro, tepung garut kualitas *food grade*, xanthan gum (*Shandong Fufeng*

Fermentation Co. Ltd., China) kualitas farmasetis, sukrosa (Bratachem, Indonesia) kualitas farmasetis, stevia kualitas farmasetis, santan kelapa kualitas *food grade*, krimer nabati (PT. Almer, Filipina) kualitas farmasetis, maltodekstrin (Zhucheng Dongxiao Biotechnology Co., LTD, China) kualitas farmasetis, telur ayam, sodium benzoat (Kalama Chemical, USA), perisa melon (KH Roberts) kualitas *food grade*, perisa strawberry (KH Roberts) kualitas *food grade*.

Alat.

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Rotary Evaporator* (Heidolph), timbangan analitik (Ohaus Pioneer™), *Mixer*, Lemari pengering (Tray dryer MMM), Pengayak US *Standard Sieve Series*, *Endecotts* (Test Sieves) *Limited*, *Retsch vibrator* (Retsch Vibrator D-42759 HAAN), *Tapping density* (Pharma Test D-63512 Hainburg), *Moisture Content Analyzer* (Mettler Toledo), Alat uji sifat alir granul, RION Viscotester VT-04, Viskometer Stormer Serial 80202 (Arthur H. Thomas. Co Philadelphia USA), dan pH meter Lab 850.

Metode. Pembuatan Serbuk Daun Kelor.

Daun kelor (*Moringa oleifera* L) disiangi dari tangkainya dan diletakkan pada wadah. Proses pengeringan dilakukan pada area yang tidak terkena sinar matahari langsung. Proses pengeringan cukup diinginkan dengan mengatur suhu ruangan 25-30°C dan kelembaban 50-70%. Proses pengeringan berlangsung ± 7 hari ditandai dengan daun yang mudah rapuh ketika diberikan tekanan dan kandungan lembabnya $<10\%$. Daun yang sudah kering kemudian dihancurkan dengan menggunakan blender hingga membentuk serbuk. Serbuk yang telah terbentuk kemudian dilakukan pengayakan dengan mesh no.100 dan disimpan di dalam wadah yang kedap udara.

Pemeriksaan Kualitatif Kandungan Kimia Daun Kelor dengan Metode Kromatografi Lapis Tipis (KLT).

Uji kromatografi lapis tipis dilakukan pada serbuk daun segar dan kering daun kelor.

Serbuk daun segar atau serbuk daun kering ditimbang sejumlah 50 g dan dilakukan maserasi menggunakan etanol 96% pa sebanyak 200 ml selama 2 x 24 jam (13). Setelah itu, sampel di saring dan menggunakan alat rotary evaporator untuk memperoleh filtrat sampel yang pekat. Sampel yang telah dipekatkan dilakukan analisis kromatografi. Analisis kromatografi dilakukan dengan menotolkan ekstrak pada fase diam plat silika gel GF254 dengan fase gerak heksan : etil asetat : asam asetat (2 : 7 : 1). Eluasi dilakukan hingga diperoleh bercak noda dan diamati pada UV 366 nm serta dihitung nilai Rfnya (14).

Formulasi Sereal Daun Kelor.

Formula sereal daun kelor sebagai sarana diversifikasi pangan dibuat dengan cara mencampurkan serbuk daun kelor dengan komponen bahan tambahan yang lain sesuai dengan formula yang terdapat pada Tabel 1. Formula I berfungsi sebagai kontrol (tidak menggunakan tepung garut), sementara formula II menggunakan tepung garut dengan konsentrasi 15%. Massa granul yang telah terbentuk kemudian diayak dengan menggunakan ayakan no. 10. Massa granul yang diperoleh dituangkan ke dalam loyang untuk dilakukan pengeringan menggunakan oven dengan suhu 50°C selama \pm 2 jam. Granul yang telah kering, diayak kembali dengan ayakan no. 16. Granul yang telah diperoleh

kemudian dilakukan evaluasi karakteristik fisik granul (15).

Evaluasi Karakteristik Fisik Granul.

Evaluasi karakteristik fisik granul dilakukan untuk memprediksi kemampuan granul sereal daun kelor dikemas dan diproduksi dengan karakteristik yang memadai. Evaluasi karakteristik fisik granul yang dilakukan meliputi organoleptis, distribusi ukuran partikel, bobot jenis, kandungan lembab, dan karakteristik aliran granul.

Evaluasi Organoleptis Granul.

Evaluasi organoleptis granul dilakukan dengan mengamati warna, rasa, dan bau granul sereal daun kelor yang dihasilkan.

Evaluasi Distribusi Ukuran Partikel

Granul ditimbang sebanyak 100 gram kemudian diletakkan pada pengayak paling atas dari satu set pengayak dengan diameter tertentu. Satu set pengayak kemudian ditutup dan dikencangkan. Pengayak yang sudah berisi granul digetarkan dengan "Retsch vibrator" dengan frekuensi getaran 60 Hz selama 20 menit. Ditimbang bobot masing-masing pengayak dan granul yang terdapat pada pan penampung tersebut. Bobot granul yang terdapat pada masing-masing pengayak dan pada pan

Tabel 1. Formula sereal daun kelor

Komponen Formula	Fungsi	Formula I	Formula II
Tepung daun kelor	Bahan aktif	10%	10%
Tepung garut	Pengental	-	15%
Sukrosa	Pemanis	20%	20%
Stevia	Pemanis	3%	3%
Santan kelapa bubuk	Flavour	10%	10%
Krimer nabati	Flavour	5%	5%
Xanthan gum	<i>Suspending agent</i>	0,3%	0,3%
Natrium benzoat	Pengawet	0,1%	0,1%
Telur	Pengikat (<i>Binder</i>)	13%	13%
Melon	Perisa	5%	5%
Strawberry	Perisa	7%	7%
Maltodextrin	Pengisi	11,6%	26,6%

penampung tersebut dihitung. Hasil dinyatakan sebagai tabel dan kurva distribusi ukuran partikel granul yang diperoleh (7).

Evaluasi Bobot Jenis Granul.

Pengukuran bobot jenis dilakukan tiga pengukuran, antara lain bobot jenis benar, bobot jenis nyata, dan bobot jenis mampat. Pengukuran bobot jenis benar dilakukan dengan menggunakan piknometer dan cairan yang tidak melarutkan granul seperti parafin liquidum. Pengukuran bobot jenis nyata dilakukan dengan menimbang sejumlah tertentu granul (± 40 -100 gram) kemudian dituangkan dalam gelas ukur dengan volume tertentu yang dimiringkan pada sudut 45° . Gelas ukur kemudian ditegakkan dan digoyangkan dengan cepat untuk meratakan permukaan granul. Volume granul (mL) diukur saat permukaan granul dalam gelas ukur dalam posisi yang rata. Bobot jenis nyata dihitung melalui rasio antara bobot granul dan volume granul. Setelah dilakukan pembacaan volume nyata pada pengukuran berat jenis nyata, gelas ukur yang berisi granul tersebut diletakkan pada alat pengetuk (*tapping machine*) untuk dilakukan pengukuran bobot jenis mampat (ρ_T). Alat dijalankan dan volume bahan diamati pada tiap interval 100 ketukan dari 100 sampai 500 ketukan. Volume granul dalam gelas ukur pada tiap interval 100 ketukan dicatat, sampai tiga pengamatan berurutan menunjukkan volume yang tetap (V_1 mL) dan dihitung bobot jenis mampat (ρ_T) (7).

Evaluasi Kandungan Lembab.

Pengukuran kandungan lembab granul sereal daun kelor dilakukan dengan menggunakan moisture content analyzer dengan jumlah sampel sebanyak 5 gram untuk setiap pengujian (16).

Evaluasi Karakteristik Aliran Granul.

Karakteristik aliran granul ditentukan berdasarkan kecepatan alir dan sudut istirahat. Granul sereal daun kelor ditimbang sebanyak 100 gram kemudian diletakkan pada corong dalam alat uji sifat alir granul. Dasar lubang corong dibuka, kemudian

diukur waktu yang dibutuhkan untuk seluruh granul mengalir dengan menggunakan stopwatch. Kecepatan alir dihitung sebagai rasio antara bobot granul dan waktu yang dibutuhkan untuk mengalir. Sudut istirahat ditentukan berdasarkan tinggi timbunan (h) dan jari-jari timbunan granul yang terbentuk pada bidang datar (r) (7)

Evaluasi Karakteristik Fisika dan Kimia Sereal Daun Kelor setelah Direkonstitusi.

Evaluasi karakteristik fisika dan kimia sereal daun kelor setelah direkonstitusi meliputi evaluasi organoleptik, viskositas, sifat alir, pH, analisis proksimat (kadar air, kadar abu, protein, serat kasar, lemak), dan uji cemaran logam (Pb dan Cu).

Evaluasi Organoleptis Sereal Daun Kelor setelah Direkonstitusi.

Uji organoleptis dilakukan dengan melakukan pengamatan pada bentuk, warna, dan bau sediaan sereal daun kelor.

Evaluasi Viskositas dan Sifat Alir Sereal Daun Kelor.

Evaluasi viskositas sereal daun kelor dilakukan dengan menggunakan RION viskotester VT-04, sementara evaluasi sifat alir sereal daun kelor dilakukan dengan viskometer *cup* and *bob* (stormer).

Evaluasi pH Sediaan Sereal Daun Kelor.

Evaluasi pH sediaan dilakukan dengan menggunakan alat pH meter Lab 850.

Evaluasi Kandungan Air Sereal Daun Kelor.

Kandungan air dalam sereal daun kelor dilakukan dengan metode oven sesuai prosedur SNI 01-2891-1992 tentang cara uji makanan dan minuman (17).

Evaluasi Kandungan Abu Sereal Daun Kelor.

Prinsip evaluasi kandungan abu pada produk makanan dan minuman adalah melakukan pengabuan zat-zat organik untuk diuraikan menjadi air dan CO_2 , tetapi bahan anorganik tidak. Prosedur

evaluasi kandungan abu dalam sereal daun kelor dilakukan sesuai prosedur SNI 01-2891-1992 tentang cara uji makanan dan minuman (17).

Evaluasi Kandungan Protein Sereal Daun Kelor.

Penentuan kandungan protein kasar (crude protein) dalam sereal daun kelor dilakukan dengan metode semimikro *Kjeldhal*. Prosedur evaluasi kandungan protein dalam sereal daun kelor dilakukan sesuai prosedur SNI 01-2891-1992 tentang cara uji makanan dan minuman (17).

Evaluasi Kandungan Serat Kasar Sereal Daun Kelor.

Prinsip penentuan kandungan serat kasar dalam sereal daun kelor adalah ekstraksi sampel dengan asam dan basa untuk memisahkan serat kasar dengan bahan lain. Prosedur evaluasi kandungan serat kasar dalam sereal daun kelor dilakukan sesuai prosedur SNI 01-2891-1992 tentang cara uji makanan dan minuman (17).

Evaluasi Kandungan Lemak Sereal Daun Kelor.

Evaluasi kandungan lemak dalam sereal daun kelor dilakukan dengan metode ekstraksi langsung dengan alat *soxhlet*. Prinsip metode tersebut adalah ekstraksi lemak bebas dengan pelarut non polar. Prosedur evaluasi kandungan lemak dalam sereal daun kelor dilakukan sesuai prosedur SNI 01-2891-1992 tentang cara uji makanan dan minuman (17).

Uji Cemaran Logam.

Uji cemaran logam Pb dan Cu dalam sereal daun kelor dilakukan sesuai prosedur SNI 01-2896-1998 tentang cara uji cemaran logam dalam makanan (18).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemeriksaan Kualitatif Kandungan Kimia Daun Kelor dengan Kromatografi Lapis Tipis (KLT).

Daun kelor yang diperoleh dari Desa Bogo, Kecamatan Kapas Bojonegoro terdapat tiga varietas, yaitu varietas India, Afrika, dan lokal. Ketiga spesies tersebut dibedakan hanya berdasarkan bentuk

batang dan geografis tempat tanaman tersebut tumbuh. Kelor dengan varietas Afrika memiliki warna batang keunguan, varietas India memiliki batang dengan warna hijau dan ukurannya lebih besar daripada varietas yang lain, sedangkan pada varietas Lokal ukuran batang dan daunnya lebih kecil daripada dua varietas sebelumnya. Ketiga varietas tanaman kelor yang diperoleh kemudian dilakukan determinasi. Determinasi tanaman kelor dilakukan di Pusat Informasi Pengembangan Obat Tradisional (PIPOT) Universitas Surabaya. Berdasarkan hasil determinasi menunjukkan bahwa tanaman yang digunakan sebagai bahan uji adalah tanaman kelor (*Moringa oleifera*).

Tanaman kelor yang telah selesai dilakukan determinasi, selanjutnya dilakukan uji kandungan kimia secara kualitatif dengan menggunakan metode kromatografi lapis tipis (KLT). Senyawa yang akan dipisahkan ditotolkan pada lempeng silika gel GF254 kemudian dimasukkan ke dalam chamber yang berisi fase gerak berupa campuran N-heksan : etil asetat : asam asetat dengan perbandingan 2 : 7 : 1. Hasil elusi dideteksi dengan detektor sinar UV pada panjang gelombang 366 nm. Pengujian ini dilakukan pada simplisia segar dan simplisia kering. Tujuan dilakukan pemeriksaan kualitatif dengan KLT pada simplisia segar dan simplisia kering adalah mengetahui pengaruh proses pengeringan terhadap kandungan kimia yang terkandung di dalam tanaman kelor.

Hasil pemeriksaan kualitatif dengan KLT pada simplisia segar menunjukkan bahwa jumlah noda dan posisi noda dari ketiga varietas berada dalam kondisi yang hampir sama. Varietas India dan Afrika memiliki lima noda spesifik, sedangkan varietas lokal hanya memiliki 4 noda. Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa kandungan senyawa pada kelor varietas Afrika dan India tidak terdapat perbedaan signifikan. Hasil pemeriksaan kualitatif dengan KLT pada daun kelor segar dapat dilihat pada Gambar 1. Pemeriksaan kualitatif juga dilakukan pada daun kelor kering. Hasil pemeriksaan kualitatif dengan KLT pada daun kelor kering dapat dilihat pada gambar 2. Hasil pola kromatogram yang diperoleh dari daun kelor

kering menunjukkan jumlah noda yang sama seperti daun kelor segar. Kondisi ini menunjukkan bahwa pengeringan simplisia tidak mempengaruhi pola kromatogram dari simplisia kelor (19). Berdasarkan hasil pemeriksaan kualitatif dengan KLT dengan melihat jumlah noda dan ketersediaan simplisia segar pada Desa Bogo, maka pada penelitian ini digunakan daun kelor varietas India.

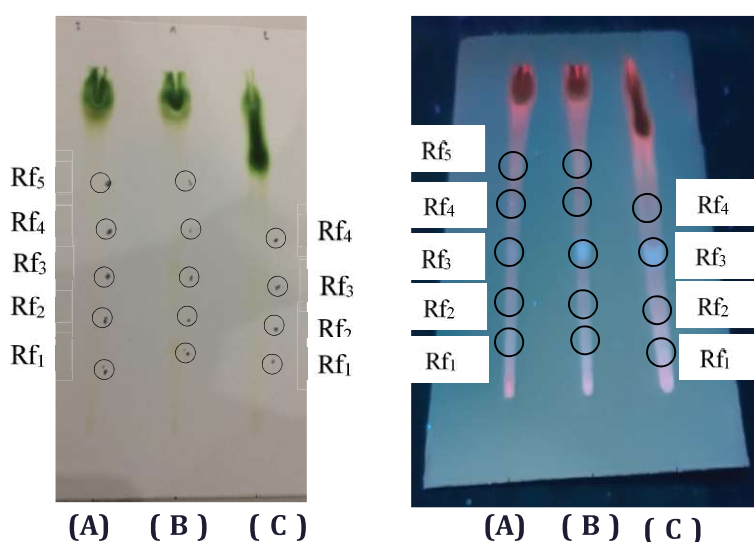
Penyiapan Serbuk Daun Kelor.

Daun kelor segar dikeringkan dengan cara diangin-anginkan, kemudian dilakukan reduksi ukuran partikel dengan blender sehingga berbentuk

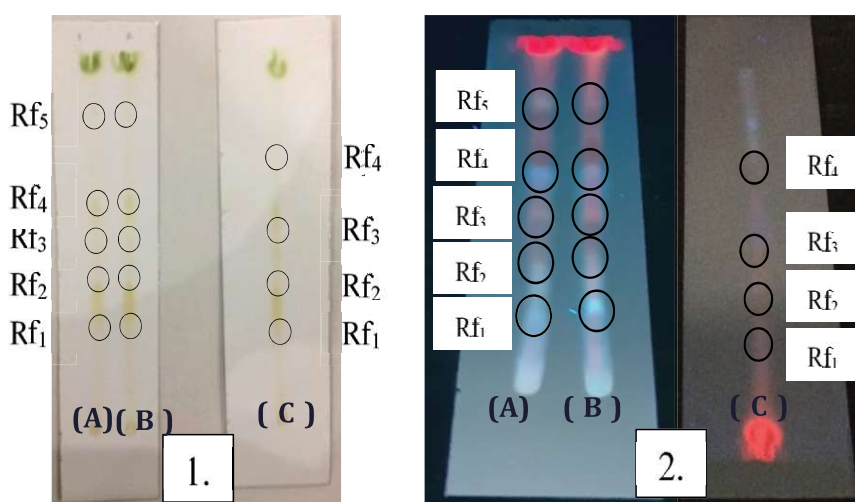
serbuk. Serbuk kemudian diayak dengan nomor mesh 100 untuk menghasilkan ukuran partikel serbuk ± 150 μ m. Proses reduksi ukuran partikel dan pengayakan serbuk daun kelor bertujuan untuk menyeragamkan ukuran partikel dan mencegah terjadinya segregasi saat formulasi menjadi granul (15). Gambar 3 menunjukkan daun kelor varietas India dan serbuk daun kelor yang diperoleh.

Pembuatan Granul Sereal Daun Kelor.

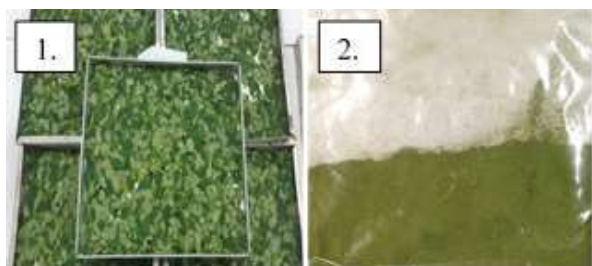
Serbuk kelor memiliki sifat alir yang kurang baik karena adanya kandungan lembab yang tinggi sehingga serbuk kelor cenderung lengket.



Gambar 1. Profil kromatografi lapis tipis daun kelor segar (*Moringa oleifera* (L)) varietas India (A), Afrika (B), lokal (C) (1. hasil penampak noda ; 2. penampak noda pada UV 366 nm)



Gambar 2. Profil kromatografi lapis tipis daun kelor kering (*Moringa oleifera* (L)) varietas India (A), Afrika (B), lokal (C) (1. hasil penampak noda ; 2. penampak noda pada UV 366 nm)



Gambar 3 Daun Kelor dan serbuk daun kelor (*Moringa oleifera* (L)) Varietas India (1. daun kelor segar; 2. serbuk daun kelor)



Gambar 4. Granul sereal daun kelor (*Moringa oleifera*) varietas India formula I (1) dan formula II (2)

Oleh karena itu digunakan proses granulasi untuk membentuk ukuran partikel yang lebih besar dengan bentuk yang lebih seragam, yaitu bentuk bulat atau sferis untuk memperbaiki sifat alir serbuk kelor (16). Pembuatan nutrasetikal sereal daun kelor dilakukan dengan metode granulasi basah karena kelor memiliki karakteristik fisik stabil terhadap pemanasan suhu tinggi hingga 50 °C dan stabil dengan adanya air. Pengeringan pada suhu 60-80 °C diketahui dapat menurunkan kandungan protein, lemak, serat kasar, mineral dan vitamin (20). Berdasarkan hasil tersebut, pada penelitian ini dipilih suhu pengeringan 50 °C. Sediaan granul dibuat dengan cara mencampurkan bahan aktif serbuk biji kelor dengan bahan eksipien atau tambahan, yang meliputi pengisi, pengikat, pengental, pemanis, perasa, pengawet, dan flavour. Pengikat yang digunakan pada penelitian ini adalah tepung garut (*arrow root*) dengan konsentrasi 15% pada formula II dan tanpa pengikat pada formula I sebagai pembanding.

Hasil Evaluasi Karakteristik Fisika Granul Sereal Daun Kelor.

Granul sereal daun kelor yang dihasilkan kemudian dilakukan evaluasi karakteristik fisika untuk menjamin keseragaman bentuk, penampilan, dan stabilitas antar batch. Evaluasi karakteristik fisika juga dapat digunakan untuk memprediksi karakteristik granul saat dilakukan produksi dan pengemasan pada skala yang lebih besar (15). Identifikasi organoleptis pada granul sereal daun kelor menunjukkan bahwa granul berwarna hijau kecoklatan, dengan bau melon, dan rasa manis.

Granul sereal daun kelor formula I dan formula II dapat dilihat pada Gambar 4. Evaluasi distribusi ukuran partikel dilakukan pada granul sereal daun kelor untuk memprediksi kemampuan alir granul dan keseragaman bobot yang dapat diisikan pada kemasan (15). Distribusi ukuran partikel yang luas menyebabkan aliran granul menjadi tidak seragam. Kondisi ini dapat mempengaruhi keseragaman dosis sediaan (16). Hasil evaluasi distribusi ukuran partikel granul formula I dan II menunjukkan bahwa proporsi terbesar ukuran granul berada pada mesh 20 dengan diameter partikel >850 µm. Berdasarkan hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa formula I dan II sudah memenuhi persyaratan karena ukuran granul yang diharapkan 1000-1200 µm.

Evaluasi bobot jenis granul juga dilakukan untuk memprediksi kemampuan granul untuk mengalir dan mengisi volume ruang. Partikel dengan bobot jenis besar umumnya dapat mengalir dengan bebas (15). Terdapat tiga pengukuran bobot jenis yang dilakukan pada uji granul antara lain bobot jenis benar, bobot jenis nyata, dan bobot jenis mampat. Bobot jenis benar merupakan bobot jenis tanpa pori-pori yang dilakukan menggunakan piknometer. Pengukuran bobot jenis nyata dan bobot jenis mampat berkaitan dengan perhitungan Rasio Hausner (21). Rasio Hausner merupakan kerapatan serbuk (porositas) yang dinyatakan dalam persen yaitu perbandingan antar volume dengan volume total suatu serbuk. Semakin kecil rasio Hausner akan semakin bagus, karena granul yang dihasilkan semakin kompak akibat pori-pori semakin kecil. Hasil pengukuran bobot jenis nyata, bobot jenis mampat, dan Rasio Hausner

menunjukkan bahwa granul sereal daun kelor formula I dan formula II memiliki kemampuan alir yang baik. Bahan dengan ukuran partikel yang homogen dan dengan persentase fines yang kecil akan saling mengisi ruang antar partikel dan memiliki kemampuan alir yang baik (16).

Pengukuran kelembapan granul bertujuan untuk mengetahui kadar kelembapan pada granul yang telah dibuat setelah mengalami pengeringan. Pengeringan bertujuan untuk mengontrol agar massa granul tidak mudah untuk ditumbuhi jamur dan mikroba (22). Selain itu, kandungan lembab yang tinggi juga menyebabkan granul lengket pada wadah. Kelembapan granul yang ideal adalah 3-5% (23). Berdasarkan hasil yang diperoleh, kandungan lembab formula I dan II pada hari ke-0 memenuhi persyaratan kelembaban yang baik, yaitu 3,34% dan 3,84%. Kondisi ini berdampak pada kecepatan alir dan sudut istirahat granul. Kecepatan alir granul sereal daun kelor formula I dan II berturut-turut yaitu 8,63 gram/detik dan 8,97 gram/detik. Sementara itu, sudut istirahat granul pada hari ke-0 formula I dan II berturut-turut adalah 27,15° dan 32,57°. Berdasarkan hasil yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa granul sereal daun kelor formula I dan II termasuk ke dalam kategori mudah mengalir (*easily flow*)(7).

Evaluasi Karakteristik Fisika dan Kimia Sereal Daun Kelor setelah Direkonstitusi.

Granul sereal daun kelor yang dihasilkan kemudian dilanjutkan untuk evaluasi karakteristik fisika dan kimia setelah direkonstitusi. Granul sereal daun kelor sebanyak 30 gram (jumlah bobot untuk 1 sachet) direkonstitusi dengan 150 ml aqua. Hasil rekonstitusi menunjukkan sereal daun kelor terdispersi dalam bentuk suspensi, berwarna hijau, berbau melon, dan memiliki rasa manis. Hasil rekonstitusi granul sereal daun kelor dapat dilihat pada Gambar 5. Sereal daun kelor yang telah direkonstitusi kemudian dilakukan evaluasi viskositas dan sifat alir. Viskositas merupakan ukuran kekentalan suatu cairan yang dapat menyatakan besar kecilnya gesekan di dalam cairan. Semakin besar viskositas cairan, maka



Gambar 5. Sereal daun kelor (*Moringa oleifera*) varietas India formula I (1) dan formula II (2)

semakin sulit cairan tersebut untuk mengalir (24). Pengukuran viskositas cairan dilakukan dengan viskometer VT-04 F. Viskometer VT-04 F digunakan untuk mengukur cairan viskositas tinggi dengan rentang 30-400.000 cps. Hasil pengujian viskositas sereal daun kelor menunjukkan bahwa viskositas formula I sebesar $30,0 \pm 0,0$ cps sedangkan pada formula II sebesar $40,0 \pm 0,0$ cps. Viskositas formula II yang menggunakan tepung garut sebagai pengikat lebih tinggi dibandingkan formula I. Hal tersebut disebabkan pada tepung garut mengandung pati yang cukup tinggi (80,86%) yang apabila dipanaskan dalam air akan memberikan tekstur kental melalui proses gelatinisasi (25). Gelatinisasi pati merupakan pembengkakan granula pati oleh karena peningkatan volume granula pati yang terjadi di dalam air pada suhu antara 550 sampai 6500C (25).

Evaluasi sifat alir juga dilakukan pada sereal dengan menggunakan instrumen viskometer Stormer. Hasil pengamatan sifat alir diperoleh hasil bahwa formula I dan II menunjukkan karakteristik aliran NonNewtonian-Dilatan. Rheogram menunjukkan terjadinya peningkatan viskositas seiring dengan peningkatan laju geser (24). Kondisi ini disebabkan karena jumlah partikel padat (simplicia daun kelor) dalam formula cukup besar sehingga pada peningkatan gaya geser jumlah cairan yang membasahi dan menggerakkan partikel tidak lagi cukup untuk mengisi rongga di antara partikel. Hal ini menyebabkan terjadinya peningkatan viskositas sediaan seiring dengan

peningkatan laju dan gaya geser.

Pengukuran derajat keasaman (pH) juga dilakukan pada sereal untuk mengetahui tingkat keasaman. pH sediaan dapat mempengaruhi stabilitas senyawa kimia yang terdapat dalam daun kelor dan aseptabilitas sereal. Hasil penelitian sebelumnya mengklasifikasikan sereal dan pasta sebagai makanan yang memiliki pH asam berkisar 5,0-6,0. Penelitian sebelumnya juga menunjukkan bahwa pH sereal yang dapat diterima berada dalam rentang 5,5-7,8 (26). Hasil evaluasi pH sediaan sereal daun kelor formula I dan II yaitu 5,51 dan 5,52. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kedua formula telah memenuhi standar pH pada sediaan sereal.

Analisis parameter kimia yang dilakukan setelah analisis viskositas dan derajat keasaman (pH) adalah analisa kandungan gizi (nilai proksimat). Analisis proksimat yang dilakukan pada nutrasetikal formula I dan II terdiri atas analisa kandungan air, abu, serat, protein, lemak, karbohidrat dan, logam. Analisis proksimat bertujuan untuk mengetahui kandungan gizi dan logam yang terkandung di dalam sereal sesuai dengan persyaratan mutu serbuk susu sereal yang terdapat di dalam SNI 01-4270-1996. Analisis kandungan air pada sereal daun kelor perlu diuji karena berhubungan dengan stabilitas pada saat penyimpanan. Kandungan air dalam produk sereal juga berkairan dengan karakteristik fisik seperti kerenyahan, koefisien friksi, berat jenis, dan karakteristik elektrik granul sereal (27). Hasil yang diperoleh pada analisis kandungan air pada formula I dan II adalah 6,33% dan 6,75%. Hasil yang diperoleh tidak sesuai dengan persyaratan SNI 01-4270-1996 yaitu maksimal 3,0%. Tingginya kadar air kemungkinan disebabkan karena sereal menyerap kelembaban dari atmosfer atau adanya migrasi air dari komponen sereal (28). Kondisi ini dapat diatasi dengan mengemas sereal dalam kemasan yang inert dan kedap udara. Selain itu, upaya lain yang dapat ditempuh adalah mengeringkan komponen awal dalam formula yang bersifat higroskopis hingga kandungan lembabnya setimbang (29).

Analisa kandungan abu pada nutrasetikal daun

kelor bertujuan untuk mengetahui kadar mineral yang terkandung di dalam pangan. Umumnya, mineral yang terkandung di dalam abu berada dalam bentuk metal oksida, senyawa sulfat, fosfat, nitrat, klorida, dan senyawa anorganik lainnya. Kandungan abu yang tinggi dalam suatu produk mengindikasikan ketersediaan mineral yang lebih tinggi (30). Berdasarkan hasil yang diperoleh, nilai proksimat kadar abu pada nutrasetikal daun kelor formula I dan II berturut-turut adalah 2,38% dan 2,44%. Nilai tersebut telah memenuhi standar SNI 01-4270-1996, yaitu maksimal 4,0%.

Analisa serat kasar merupakan analisis untuk menentukan residu setelah sampel pangan direaksikan dengan asam dan basa kuat. Residu yang dihasilkan menunjukkan karbohidrat yang tidak dapat dicerna oleh enzim-enzim pencernaan. Analisis serat kasar (Sugianto, 2011). Hasil analisa pada nutrasetikal daun kelor pada formula I dan II 2,19% dan 2,42%. Nilai tersebut tidak memenuhi syarat serat yang tertera pada SNI yaitu maksimal 0,2%. Hal tersebut disebabkan karena tingginya kandungan serat yang terkandung di dalam kelor sebanyak 19,2%. Kandungan serat kasar yang melebihi persyaratan SNI pada produk sereal ini masih dapat ditoleransi karena Badan POM menyatakan bahwa produk makanan yang tinggi atau kaya serat memiliki kadar serat pangan 6 gram per 100 gram produk. Kandungan serat yang tinggi dalam produk sereal juga memiliki manfaat untuk kesehatan dan metabolisme tubuh (31).

Hasil analisa protein pada nutrasetikal daun kelor pada formula I dan II berturut-turut adalah 5,72% dan 5,74%. Nilai tersebut telah memenuhi syarat kadar protein sesuai SNI 01-4270-1996, yaitu minimal 5,0%. Hal tersebut disebabkan karena kelor merupakan sumber protein dengan kandungannya sejumlah 27,1%. Hasil analisa karbohidrat pada nutrasetikal daun kelor pada formula I dan II berturut-turut adalah 77,1% dan 76,36%. Nilai tersebut telah memenuhi syarat kadar karbohidrat sesuai SNI 01-4270-1996, yaitu minimal 60,0%. Tingginya kadar karbohidrat produk dengan penambahan tepung garut disebabkan oleh komponen penyusun tepung

garut yang merupakan sumber karbohidrat (32). Lemak merupakan sumber energi kedua setelah karbohidrat. Kadar lemak nutrasetikal pada formula I sebesar 6,29% sedangkan pada formula II 7,30%. Nilai kadar lemak pada formula I tidak sesuai dengan persyaratan SNI yaitu minimal 7,0% sedangkan pada formula II telah memenuhi persyaratan SNI. Hasil analisis cemaran logam Pb dan Cu dalam sereal daun kelor juga menunjukkan bahwa kandungan logam pada kedua formula sereal memenuhi persyaratan SNI 01-4270-1996. Kandungan logam yang tinggi dalam produk makanan dapat menyebabkan timbunan kadar logam dalam tubuh. Kondisi ini dapat berdampak pada gangguan metabolisme di dalam tubuh (33). Hasil evaluasi karakteristik fisika dan kimia sereal daun kelor sebelum dan sesudah direkonstitusi dapat dilihat pada tabel 2.

KESIMPULAN

Produk nutrasetikal sereal daun kelor yang dikembangkan dalam penelitian ini menggunakan tepung garut (*arrowroot*) sebagai pengikat. Penambahan tepung garut (*arrowroot*) sebagai pengikat mempengaruhi karakteristik fisik granul sereal daun kelor, terutama dari segi karakteristik aliran dan rasio Hausner. Tepung garut juga berpengaruh terhadap viskositas sereal daun kelor. Formula sereal yang mengandung tepung garut (formula 1) viskositasnya lebih tinggi dibandingkan formula 2 yang tidak menggunakan tepung garut. Evaluasi karakteristik kimia pH produk sereal menunjukkan tidak terdapat perbedaan pH pada kedua formula. Hasil pemeriksaan parameter

Tabel 2. Hasil evaluasi karakteristik sereal daun kelor sebelum dan sesudah direkonstitusi

Parameter	Hasil Rata-Rata		Persyaratan
	Formula I	Formula II	
Sebelum direkonstitusi			
% fines	0	0	< 10%
Kompresibilitas (%)	12,50 ± 0,00	15,38 ± 0,00	< 20%
Rasio Hausner	1,14 ± 0,01	1,18 ± 0,02	< 1,25
Moisture Content (%)	3,34 ± 0,78	3,84 ± 0,18	3-5%
Kecepatan alir (g/detik)	8,63 ± 0,13	8,97 ± 0,23	4-10 g/detik
Sudut istirahat (°)	27,15 ± 1,08	32,57 ± 2,36	25°-40°
Setelah direkonstitusi			
pH	5,51 ± 0,05	5,52 ± 0,05	5,0-6,0
Viskositas (cPs)	30,0 ± 0,0	40,0 ± 0,0	30-60 cps
Organoleptis	Warna: hijau	Warna: hijau	Warna: hijau
	Bau: melon	Bau: melon	Bau: melon
	Rasa: manis	Rasa: manis	Rasa: manis
Kadar Protein (%)	5,74 ± 0,11	5,72 ± 0,12	Min 5,0
Kadar Lemak (%)	7,30 ± 0,0	6,29 ± 0,0	Min 7,0
Serat Kasar (%)	2,42 ± 0,02	2,19 ± 0,07	Maks 0,7
Kadar Abu (%)	2,44 ± 0,10	2,38 ± 0,04	Maks 4,0
Kadar Air (%)	5,75 ± 0,12	6,33 ± 0,19	Maks 3,0
Karbohidrat (%)	76,36 ± 0,11	77,10 ± 0,20	Min 60,0
Timbal (Pb) (ppm)	< 0,1	< 0,1	Maks 2,0
Tembaga (Cu) (ppm)	2,05 ± 0,07	1,55 ± 0,21	Maks 30,0

Keterangan :

Formula I : Sereal daun kelor tanpa penambahan tepung garut

Formula II : Sereal daun kelor dengan penambahan tepung garut 15%

kadar abu, protein, karbohidrat, dan cemaran logam juga menunjukkan bahwa kedua formula telah memenuhi persyaratan SNI susu sereal (SNI 01-4270-1996). Hasil pengujian kadar lemak sesuai persyaratan SNI menunjukkan bahwa formula 2 (7,30%) memenuhi persyaratan, sedangkan formula 1 (6,29%) tidak memenuhi persyaratan SNI. Kandungan serat kasar pada kedua formula sereal melebihi persyaratan SNI susu sereal, namun masih dapat diterima karena kandungan serat yang tinggi dalam produk makanan dapat membantu proses metabolisme dan pencernaan. Berdasarkan

hasil yang diperoleh, dapat disimpulkan bahwa granul sereal daun kelor dengan tepung garut sebagai pengikat (formula 2) telah memenuhi persyaratan kandungan nutrisi sesuai SNI untuk susu sereal (SNI 01-4270-1996).

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih disampaikan kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) Universitas Surabaya atas pendanaan penelitian ini dalam skema Penelitian Kompetitif Universitas Surabaya dengan nomor: 009/SP-Lit/LPPM-01/FF/III/2019.

DAFTAR PUSTAKA

1. Federal Ministry for Economic Cooperation and Development (FMECD). Supplementation , Food Fortification and Dietary Diversification. 2012. (3):1–10.
2. Kementrian kesehatan RI. Hasil utama riskesdas 2018. 2018. p. 61.
3. 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.
4. Oyeyinka AT, Oyeyinka SA. Moringa oleifera as a food fortificant: Recent trends and prospects. *J Saudi Soc Agric Sci*. 2018;17(2):127–36.
5. Semih Ötles, Özlem Cagindi. Cereal Based Functional Foods and Nutraceuticals. *Acta Sci Pol Technol Aliment*. 2006;5(1):107–112.
6. Yusof YA, Etti CJ, Chin NL. Development of Nutraceutical Product. *Int J Adv Sci Eng Inf Technol*. 2015;5(3):50–5.
7. York P, Aulton M, Marriott C, Fell J, Attwood D, Pugh J, et al. *Pharmaceutics: The Science of Dosage Form Design*. London: Elsevier. 2018. p.189–200.
8. Kementan. Statistik Ketahanan Pangan Tahun 2013. 2013;98. Available from: <http://dkpp.jabarprov.go.id/wp-content/uploads/2017/03>.
9. Mikuš L, Valík L, Dodok L. Usage of Hydrocolloids in Cereal Technology. *Acta Universitatis Agriculture Et Silviculturae Mendeliana Brunensis*. 2011. LIX(5):325–34.
10. Saha D, Bhattacharya S. Hydrocolloids as thickening and gelling agents in food: A critical review. *J Food Sci Technol*. 2010;47(6):587–97.
11. Armisen R, Galatas F. *Handbook of hydrocolloids*. Boca Raton. *Handb Hydrocoll*. 2000;21–40.
12. Milani J, Maleki G. *Hydrocolloids in Food Industry*. *Food Ind Process - Methods Equip*. 2012; Available from: <http://www.intechopen.com/books/food-industrial-processes-methods-and-equipment/hydrocolloids-in-food-industry>.
13. Pratama MRF, Suratno S, Mulyani E. Profile of Thin-Layer Chromatography and UV-Vis Spectrophotometry of Akar Kuning Stem Extract (*Arcangelisia flava*). *Borneo J Pharm*. 2018;1(2):72–6.
14. Swathi S. Phytochemical screening and tlc studies of moringaoleifera extract: Their antibacterial and anti-oxidant activities. *Int J Curr Pharm Rev Res*. 2016;8(1):46–9.
15. Allen L V, Ansel HC. *Ansel's Pharmaceutical Dosage Forms and Drug Delivery Systems*. 10th ed. Baltimore: Wolters Kluwer Health. 2014. p.1689–1699.
16. Augsburger LL, Hoag SW. *Pharmaceutical Dosage Forms - Tablets Volume. 2*. 3rd ed. New York: Informa Healthcare. 2008. p.173–216.
17. Indonesia Nasional Standard (SNI). *How to test food and drink*. 1992.
18. Badan Standarisasi Nasional. Batas maksimum cemaran logam berat dalam pangan Nomor SNI 7387:2009. Badan Standarisasi Indones. 2009;7387:17.
19. Purwanti NU, Luliana S, Sari N. Pengaruh cara pengeringan simplisia daun pandan (*Anus amaryllifolius*) terhadap aktivitas penangkal radikal bebas DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil). *Pharm Med J*. 2018;1(2):63–72.

20. Olabode Z, Akanbi CT, Olunlade B, Adeola AA. Effects of drying temperature on the nutrients of moringa (*Moringa oleifera*). *Direct Res J Agric Food Sci*. 2015;3(5):117–22.
21. 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.
22. Khandelwal P, Shah P. Formulation and Evaluation of Oral Herbal Granules for Asthma. *Int J Pharma Sci Res*. 2016;7(10):382–9.
23. Callahan JC, Cleary GW, Elefant M, Kaplan G, Kensler T, Nash RA. Equilibrium moisture content of pharmaceutical excipients. *Drug Dev Ind Pharm*. 1982;8(3):355–69.
24. Sinko P. *Martin's Physical Pharmacy And Pharmaceutical Sciences*. 6th ed. Philadelphia: Wolters Kluwer. 2011. p.410–515.
25. Latifah H. Modifikasi pati garut (*Marantha arundinaceae*) metode ganda (ikatan silang-substitusi) dan aplikasinya sebagai pengental pada pembuatan saus cabai. *Jurnal pangan dan argoindustri*. 2017;5(4):31–41.
26. Usman OGI. Physical and Functional Properties of Breakfast Cereals from Blends of Maize, African Yam Bean, Defatted Coconut Cake and Sorghum Extract. *Food science and quality management*. 2015;40:25–35.
27. Blahovec J, Lahodová M. Moisture induced changes of volume and density of some cereal seeds. *Plant, Soil Environ*. 2015;61(1):43–8.
28. Lewicki P, Jakubczyk E. Effect of water activity on mechanical properties of dry cereal products. *Act Agro*. 2004;4(3):381–91.
29. 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.
30. Ahmed K, Shoaib M, Akhtar MN, Iqbal Z. Chemical analysis of different cereals to access nutritional components vital for human health. *Ijcb*. 2014;6:61–7.
31. Dewanti TW, Nurma dan S, Staf Pengajar Jur Teknologi Hasil Pertanian B, Teknologi Pertanian F, Brawijaya U. Tepung Bubur Sereal Instan Metode Ekstruksi -Tri Dewanti, dkk Tepung Bubur Sereal Instan Metode Ekstruksi Dari Sorgum Dan Kecambah Kacang Tunggak (Kajian Proporsi Bahan Dan Penambahan Maltodekstrin). *J Teknol Pertan*. 1985;3(1):35–44.
32. Ariani M, Ashari. Arah, Kendala dan Pentingnya Diversifikasi Konsumsi Pangan di Indonesia. *J Agro Ekon*. 2003;21(2):99–112.
33. Fujiastiuti, Said I, Sakung J. Akumulasi Logam Timbal (Pb) dan Logam Tembaga (Cu) dalam Udang Rebon (*Mysis*. Sp) di Muara Sungai Palu. *J Akad Kim*. 2013;2(3):128–33.