

**FORMULASI PENAMBAHAN TEPUNG GLUKOMANAN DARI PORANG
(*Amorphophallus muelleri* Blume) DAN GULA AREN (*Arenga pinnata*) PADA
PEMBUATAN SUSU KEDELAI MENGGUNAKAN RANCANGAN METODE
*MIXTURE OPTIMAL CUSTOM DESIGN***

***Formulation of Glucomannan Flour from Porang (*Amorphophallus muelleri*
Blume) and Palm Sugar (*Arenga pinnata*) in Soy Milk Production Using
Mixture Optimal Custom Design Method***

Jupri Mustofa^{1*}, Simon Bambang Widjanarko^{2,3}, Ahmad Zaki Mubarak^{2,3}

¹ Program Studi Teknologi Hasil Pertanian – Fakultas Teknologi Pertanian – Universitas Brawijaya
Jl. Veteran – Malang 65145

² Departemen Ilmu Pangan dan Bioteknologi – Fakultas Teknologi Pertanian – Universitas Brawijaya
Jl. Veteran – Malang 65145

³ Porang Research Centre - Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat – Universitas Brawijaya
Jl. Veteran – Malang 65145

*Penulis Korespondensi, email: jupri@politala.ac.id

Disubmit: 6 Agustus 2023

Direvisi: 5 April 2024

Diterima: 25 April 2024

ABSTRACT

Susu kedelai merupakan minuman sumber protein nabati. Permasalahan susu kedelai ada 2, yakni stabilitas rendah dan tinggi kalori, karena memakai pemanis gula tebu. Tujuan penelitian ini membuat minuman susu kedelai yang menunjukkan stabilitas tinggi dan rendah kalori, dengan membuat formula yang terdiri atas: susu kedelai, menambahkan tepung glukomanan porang dan mengganti gula pasir dengan gula aren. 16 total perlakuan dirancang dengan metode *Mixture Optimal Custom Design* (MOCD) memakai Design Expert Versi 13, dengan 3 variabel bebas: proporsi susu kedelai, tepung glukomanan porang dan gula aren. Respon percobaan: total gula dan stabilitas susu kedelai. Hasil verifikasi dibandingkan dengan susu kedelai komersial merk: "Soybaru". Hasil penelitian menunjukkan perlakuan formula optimum (prediksi DX) adalah: susu kedelai 88,5 g, proporsi glukomanan (GM) porang 1,5 g dan gula aren 10 g, dimana kandungan total gula sebesar 4,41% dan stabilitas 97,51% dengan nilai desirability 91,8%. Uji verifikasi menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata ($p < 0,05$) dengan prediksi DX formula susu kedelai. Susu kedelai hasil verifikasi menunjukkan data kadar total gula 4,72% dan stabilitas 97,67%. Mutu susu kedelai hasil verifikasi dengan susu kedelai komersial merk "Soybaru" berbeda sangat nyata ($p\text{-value} < 0,001$) untuk respon total gula dan stabilitas, namun tidak berbeda nyata ($p\text{-value} > 0,05$), untuk kadar protein, total lemak, pH, bau, rasa, warna dan penerimaan secara keseluruhan.

Keywords: Glukomanan Porang; Gula Aren; MOCD; Stabilitas; Susu Kedelai

ABSTRACT

Soy milk is a plant-based beverage source of protein. There are two issues with soy milk, low stability and high caloric content due to using cane sugar as a sweetener. The objective of this research is to create a soy milk drink that demonstrates high stability and low caloric content by formulating it with the following ingredients: soy milk, adding porang glucomannan flour, and replacing granulated sugar with palm sugar. A total of 16 treatments were designed using the Mixture Optimal Custom Design (MOCD) method with Design Expert Version 13, incorporating three independent variables: proportion of soy milk, porang

glucomannan flour, and palm sugar. The experimental responses measured were total sugar content and soy milk stability. The verification results were compared with a control named "Soybaru". The results showed that the optimal formula (predicted DX) consists of 88.5 g soy milk, 1.5 g porang glucomannan proportion, and 10 g palm sugar, resulting in a total sugar content of 4.41% and a stability of 97.51% with a desirability value of 91.8%. The verification test showed no significant difference ($p < 0.05$) between the predicted DX formula and the actual soy milk results. The verified soy milk contained a total sugar content of 4.72% and a stability of 97.67%. There was a highly significant difference between the verified soy milk and the commercial brand "Soybaru", ($p\text{-value} < 0.001$) in total sugar content and stability. At the same time, there was no significant difference ($p\text{-value} > 0.05$) in protein content, total fat, pH, aroma, taste, color, and overall acceptance.

Keywords: Glucomannan Porang; Mixture Optimal Custom Design; Palm sugar; Soy milk; Stability

PENDAHULUAN

Susu kedelai adalah minuman yang dibuat dari ekstrak biji kacang kedelai atau tepung kedelai menggunakan air, dengan atau tanpa penambahan bahan makanan lain yang diijinkan (BSN, 1995). Minuman susu kedelai bermanfaat memenuhi kebutuhan kesehatan tubuh karena kandungannya seperti serat, asam lemak tak jenuh, serta sumber protein nabati sebagai pengganti susu hewani bagi penderita alergi susu hewani atau vegetarian (Al Falah dan Maharani, 2020).

Permasalahan minuman susu kedelai cepat sekali terpisah atau tidak stabil, sehingga konsumen enggan membeli minuman susu kedelai. Masalah ini bisa diatasi dengan penambahan hidrokoloid berupa senyawa polisakarida, seperti: senyawa glukomanan. Glukomanan merupakan polisakarida dari jenis hemiselulosa terdiri atas ikatan rantai molekul galaktosa, glukosa, dan mannososa. Ikatan rantai utamanya adalah glukosa dan mannososa sedangkan cabangnya adalah galaktosa. Ada dua cabang polimer dengan kandungan galaktosa yang berbeda. Glukomanan (GM) mempunyai karakteristik yang unik. Larutan 1% GM mempunyai viskositas yang sangat tinggi (30.000 cP), Tingginya nilai viskositas ini berkaitan dengan sifat penyerapan air yang tinggi, dimana per 1 g glukomanan akan menyerap 100 g air (Aryanti *et al.*, 2015). Glukomanan memiliki *water-binding capacity* yang tinggi dan membentuk lapisan film yang kuat dan membentuk gel pada minuman. Glukomanan sudah diteliti

memiliki manfaat signifikan bagi kesehatan, seperti antidiabetes, anti-inflamasi serta dapat mencegah terjadinya kanker (Devaraj *et al.*, 2019). Hal ini mengindikasikan glukomanan berpotensi sebagai pangan fungsional. Beberapa penelitian sebelumnya juga menyebutkan bahwa setelah dihidrolisis glukomanan memiliki sifat fungsional yang disukai untuk kesehatan pencernaan, dan memiliki efek prebiotik serta berperan dalam *imunomodulator* (Yin *et al.*, 2020 ; (Zeng *et al.*, 2018).

Masalah lainnya susu kedelai manis, karena ditambahkan gula pasir. Gula pasir akan meningkatkan jumlah kalori minuman susu kedelai dan gula pasir termasuk memiliki indek glikemik (IG) cukup tinggi yaitu 68 (Hasanah *et al.*, 2020) sehingga tidak baik dikonsumsi oleh penderita diabetes. Gula aren digunakan sebagai pengganti gula pasir karena mempunyai IG rendah yaitu 35,56 (Solang *et al.*, 2020), sehingga diharapkan dengan substitusi gula aren sebagai pemanis pada formula susu kedelai dapat menurunkan total gula pada minuman susu kedelai tersebut. Nira aren merupakan hasil sadapan dari tandan bungan jantan pohon aren yang sering dikonsumsi langsung ataupun dimanfaatkan menjadi produk lain, semisal gula aren. Nira aren mengandung kandungan gizi tinggi seperti, sukrosa, gula pereduksi, protein, vitamin, dan elektrolit (Swastini *et al.*, 2017). Kandungan sukrosa yang melimpah menjadikan nira aren dapat diolah menjadi gula aren (Joseph *et al.*, 2012).

Mixture method adalah salah satu metode kurva respon permukaan untuk mendapatkan optimasi formula memakai

variabel bebas 2-24 komponen dengan batas bawah dan batas atas yang berbeda-beda (Sabariman *et al.*, 2021). Penentuan jumlah kombinasi formulasi variabel bebas dirancang dengan aplikasi *design expert (DX) versi 13*. Rancangan *mixture design* yang dipilih adalah rancangan *mixture optimal custom design (MOCD)*, karena dapat diperoleh formula optimum suatu produk pangan, seperti optimasi formula suatu produk dengan metode SIMPLEX DESIGN, dengan MINITAB. Namun metode statistik yang lain seperti Rancangan Acak Kelompok Faktorial tidak dapat memperoleh optimasi formula.

Minuman susu kedelai dan onde-onde, melibatkan beberapa campuran lebih dari 2, 3 bahan baku dan beberapa tahap proses pengolahan (de Souza *et al.*, 2012; Shiby *et al.*, 2013). Salah satu kunci utama keberhasilan suatu produk pangan olahan adalah formulasi *ingredients*, sebelum di *launching* oleh pabrik makanan. Istilah proporsi suatu formula pangan olahan merupakan kunci utama suatu pabrik makanan, contohnya pabrik kecap indofood, pabrik kecap cap bango. Kelangsungan hidup merk kecap-kecap tersebut sangat tergantung pada formula dan proporsi beberapa *ingredients*. Istilah relatif proporsi dari suatu produk pangan merupakan kunci utama dari suatu produk (Pierlot *et al.*, 1998). Berdasarkan beberapa hal tersebut, diperlukan produk susu kedelai yang lebih stabil (tidak mudah terpisah) dengan menambahkan GM porang, serta mempunyai total gula yang lebih rendah dengan mengganti gula pasir dengan gula aren. Stabilitas dan total gula dipilih sebagai respon pada penelitian ini, dikarenakan ketidakstabilan susu kedelai membuat susu kedelai mudah mengendap sehingga minat beli masyarakat menjadi berkurang serta menjadi cepat basi (Radiyah, 2008). Hal ini dikarenakan susu kedelai merupakan salah satu jenis emulsi, yaitu suatu campuran antara partikel-partikel zat cair, seperti protein dan lemak (fase terdispersi) dengan zat cair lainnya yakni air (fase pendispersi) sehingga menjadi sistem yang kurang stabil (Radiyah, 2008) untuk menstabilkan susu kedelai tersebut dibutuhkan emulsifier, GM porang merupakan polisakarida yang

mempunyai sifat sebagai *gelling agents, stabilizer* dan pengikat air (Djajati *et al.*, 2018), sehingga dapat digunakan sebagai penstabil susu kedelai.

Susu kedelai yang beredar dipasaran mempunyai kadar gula tinggi karena menggunakan gula pasir yang mempunyai indeks glikemik cukup tinggi yaitu 68 (Hasanah *et al.*, 2020) susu kedelai dengan kadar gula yang tinggi sebagai penyebab penyakit diabetes tipe II (Julianti, 2021), usaha untuk menurunkan kadar gula dilaporkan oleh (Swastini *et al.*, 2018) menggunakan gula aren, hal ini karena gula aren mempunyai indeks glikemik rendah yaitu 35,56 (Solang *et al.*, 2020).

Formulasi pembuatan susu kedelai menggunakan campuran GM porang dan gula aren diharapkan dapat menghasilkan produk susu kedelai yang stabil dan mempunyai total gula rendah. Glukomanan sebagai senyawa hidrokoloid yang memiliki gugus hidroksil dari polimer glukosa, akan mengikat molekul air dari susu kedelai melalui ikatan hidrogen, sehingga susu kedelai meningkat viskositasnya, menjadi lebih kental (An *et al.*, 2019; Huang *et al.*, 2002). Pada saat yang bersamaan gugus hidroksil glukosa yang bebas diduga akan berikatan dengan gugus hidroksil bebas dari molekul glukosa gula aren melalui ikatan hidrogen. Gugus hidroksil bebas dari polimer glukosa dan mannosida di duga dapat membentuk kompleks yang stabil dengan molekul glukosa atau gula reduksi dari gula aren, sehingga di duga membentuk kompleks network tiga dimensi antara komponen susu kedelai, GM porang dan gula aren.

Tujuan penelitian ini untuk mendapatkan formula optimum minuman susu kedelai dengan komponen terdiri atas: proporsi susu kedelai, tepung GM porang dan gula aren, sehingga diperoleh produk susu kedelai dengan total gula yang rendah dan lebih stabil. Prediksi optimum formula susu kedelai, dibandingkan dengan uji verifikasi di laboratorium. Hasil verifikasi lalu dibandingkan dengan susu kedelai komersil merk "Soybaru" untuk respon total gula, stabilitas, kadar protein, lemak, pH, bau, rasa, warna dan penerimaan keseluruhan.

METODE

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah peralatan gelas standart laboratorium, spektrofotometer UV-VIS, micropipet, hot plate (Arec), neraca analitik, oven (Yamato), penjepit besi, labu soxlet (PYREX).

Bahan yang digunakan adalah susu kedelai yang diperoleh dari "Soybaru" Banjarbaru, Kalimantan Selatan, susu kedelai yang digunakan dalam keadaan tanpa campuran (plain), glukomanan dari porang yang diekstraksi dengan metode kering dan didapat dari pilot plan Universitas Brawijaya, gula aren yang diperoleh dari kelompok IKM Batu Balai desa Batilai yang telah diproses menjadi gula semut dengan merek Al-Gusren, *reagent anthrone* diperoleh dari toko Makmur sejati, Malang, glukosa standart diperoleh dari toko Nitra Kimia, Bantul yang dibeli secara online, asam sulfat p.a diperoleh dari lab dasar MIPA ULM Banjarbaru.

Rancangan Percobaan

Pelaksanaan percobaan dirancang dengan aplikasi Design Expert Versi 13, dengan 3 faktor variabel bebas: proporsi susu kedelai, tepung GM porang dan gula aren dan 2 respon: total gula dan stabilitas. Batas minimal dan maksimal dari setia faktor dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Batas minimal dan maksimal dari tiap faktor

Nama	Batas minimal	Batas maksimal
Susu kedelai (g)	88	95
Glukomanan (g)	0	2
Gula aren (g)	5	10

Metode kurva respon permukaan yang dipakai adalah: MOCD. Hasil rancangan aplikasi DX versi 13, menghasilkan 16 total kombinasi perlakuan.

Pelaksanaan Penelitian

Pembuatan minuman susu kedelai sejumlah 16 perlakuan, dimana proporsi formula mengikuti Tabel 2. Dimana setiap

perlakuan, apabila dijumlah proporsi susu kedelai, GM porang dan gula aren, untuk run 1 sampai dengan run 16 = 100. Sebagai contoh: run 1, susu kedelai 93,33 g + 0,00 g GM porang + 6,67 g gula aren = 100 g susu kedelai. Pembuatan susu kedelai run 2 sampai dengan run 16 mengikuti cara yang sama dengan run 1. Sesudah susu kedelai selesai dibuat, setelah 24 jam penyimpanan pada suhu ruang, diamati kadar total gula dan stabilitas susu kedelai untuk tiap perlakuan. Data hasil pengukuran, di input kan ke Tabel 2, dilakukan analisis dan optimasi formula dengan aplikasi DX versi 13.

Pengamatan Respon

a. Total gula

Pengujian total gula dilakukan menggunakan metode *anthrone-sulfate* (Alkayyis dan Susanti, 2016) yang dimodifikasi sesuai kebutuhan penelitian dengan spektrofotometer UV-VIS merk PGINstruments tipe T80+. Melalui beberapa tahapan pengujian meliputi pembuatan larutan baku induk glukosa 1000 ppm, pembuatan larutan *anthrone-sulfat* 0,1 %, menetapkan *operating time*, menetapkan panjang gelombang serapan maksimum, membuat kurva baku dan penetapan kadar total gula.

b. Stabilitas susu kedelai

Sampel dimasukkan dalam gelas ukur hingga 10 ml dan didiamkan selama 24 jam pada suhu kamar, pemisahan campuran dilakukan pengamatan secara visual, kemudian mencatat fase yang terpisah dan dilakukan perhitungan persentase stabilitas, dengan cara menghitung (tinggi total - tinggi sampel rusak x 100%) (An *et al.*, 2019).

Perbandingan Mutu Susu Kedelai Hasil Verifikasi dengan Produk Komersial

Mutu susu kedelai mengacu pada SNI 01-3830-1995 (BSN, 1995), syarat mutu yang diuji dalam penelitian ini adalah:

a. Kadar total protein (Metode semi-mikro Kjeldahl)

Pengujian kadar protein sesuai dengan SNI 01-3830-1995 (BSN, 1995), sedangkan cara pengujiannya sesuai SNI 01-

2891-1992 tentang cara uji makanan dan minuman butir 7.1 (BSN, 1992).

b. Kadar lemak

Pengujian lemak menggunakan metode hidrolisis (Weibull) sesuai SNI susu kedelai SNI 01-3830-1995 (BSN, 1995) yang cara uji lemaknya mengacu pada SNI 01-2891-1992 tentang cara uji makanan dan minuman butir 8.2 (BSN, 1992).

c. pH

Pengukuran pH menggunakan kertas lakmus secara kualitatif, pengukuran menggunakan kertas lakmus merupakan metode sederhana yang digunakan untuk menentukan tingkat keasaman atau kebasaaan (alkalinitas) susu kedelai.

d. Uji organoleptik (hedonik)

Uji organoleptik yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan uji kesukaan terhadap 25 panelis tidak terlatih, uji kesukaan yang diamati meliputi rasa, warna, aroma, dan kesukaan keseluruhan terhadap susu kedelai formula terbaik dan produk komersial yang dipilih. Cara pengujian dilakukan secara acak dengan memberikan penilaian terhadap sampel yang telah diberikan kode yang berbeda. Panelis diminta menentukan tingkat kesukaan terhadap sampel, untuk uji kesukaan rasa panelis diminta untuk mengkonsumsi susu kedelai, untuk uji kesukaan warna, panelis diminta melihat kenampakan visual susu kedelai, untuk uji kesukaan aroma, panelis diminta mencium aroma dari susu kedelai tersebut menggunakan indra penciuman. Sebelum berpindah untuk memberikan penilaian terhadap sampel yang lain, panelis diwajibkan meminum air mineral sebagai penetral (Hasyati *et al.*, 2022).

Jenjang skala uji kesukaan terhadap rasa, warna dan aroma dan kesukaan keseluruhan dari masing-masing sampel adalah sebagai berikut:

1= tidak suka 4= agak suka
2= agak tidak suka 5= suka
3= netral

Analisis Data

Analisa data penelitian untuk formulasi dengan respon total gula dan stabilitas susu kedelai dilakukan dengan menggunakan *software Design Expert version 13* kemudian dilakukan validasi *paired T-Test* dan perbandingan *Tukey* antara hasil prediksi dan verifikasi menggunakan *software Minitab version 20.3*. Analisa perbandingan mutu susu kedelai hasil verifikasi dengan produk komersial merk "Soybaru" dianalisis menggunakan *software Minitab version 20.3*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Design Aktual Pengaruh Variable Bebas Terhadap Respon

Design aktual kurva respon permukaan metode MOCD dengan 3 variabel bebas, yaitu susu kedelai, GM porang, gula aren dan 2 respon, yaitu total gula dan stabilitas susu kedelai dapat dilihat pada Tabel 2. Formulasi pembuatan susu kedelai dengan tanpa GM porang (0 g, run 15) dan dengan penambahan glukomanan (1,5 g, run 13), dapat meningkatkan kestabilan susu kedelai dari 51% naik menjadi 98,50%. Hal ini sesuai dengan pernyataan (An *et al.*, 2019) yang menambahkan GM porang sampai kadar 2,5% w/v pada risetnya untuk meningkatkan kestabilan susu kedelai, sedangkan penambahan GM pada konsentrasi rendah tidak meningkatkan kestabilan susu kedelai.

Tabel 2 menunjukkan bahwa penambahan gula aren sebanyak 5 g (run 7) menunjukkan respon total gula yang rendah yaitu 4,92%, akan tetapi penambahan gula aren sebanyak 10 g pada run 6 dan 7,5 g pada run 13 menghasilkan total gula terendah masing-masing 4,11% dan 4,61%, hal ini dipengaruhi dengan semakin banyaknya GM porang yang ditambahkan pada formulasi tersebut, dimana turunnya total gula juga terlihat jika proporsi GM porang dinaikkan, seperti pada run 6 (sebanyak 2 g) dan run 13 (sebanyak 1,5 g). Pada formulasi dengan penambahan sebanyak 0 g GM porang, menghasilkan total gula tertinggi dan stabilitas terendah.

Tren ini menunjukkan bahwa interaksi antara gula aren dan GM porang dapat menurunkan kadar gula dan menjadikan susu kedelai lebih stabil, hal ini disebabkan GM porang dapat berfungsi sebagai stabilisator dengan meningkatkan

kekentalan dan tekstur produk karena kemampuannya mengikat air, serta mampu mengikat molekul gula, sehingga mengurangi kadar gula dalam produk (Chua *et al.*, 2010).

Tabel 2. Total gula (%) dan stabilitas susu kedelai akibat formulasi proporsi susu kedelai, GM porang dan gula aren yang berbeda yang di hitung dengan metode MOCD.

Std	Run	Build Type	Space Type	Komponen			Respon	
				A:Susu Kedelai (g)	B:GM Porang (g)	C:Gula Aren (g)	Total Gula (%)	Stabilitas (%)
6	1	Lack of fit	ThirdEdge	93,33	0,00	6,67	5,49	55,00
12	2	Lack of fit	ThirdEdge	89,67	2,00	8,33	5,05	85,00
10	3	Replicate	Interior	91,00	1,50	7,50	5,24	84,00
2	4	Replicate	ThirdEdge	94,33	0,67	5,00	5,18	82,00
14	5	Model	ThirdEdge	89,33	0,67	10,00	4,86	91,50
16	6	Model	Vertex	88,00	2,00	10,00	4,11	83,50
4	7	Replicate	Vertex	93,00	2,00	5,00	4,92	97,00
1	8	Model	ThirdEdge	94,33	0,67	5,00	4,92	95,50
7	9	Model	CentEdge	92,50	0,00	7,50	6,24	60,00
3	10	Model	Vertex	93,00	2,00	5,00	5,24	72,00
5	11	Lack of fit	Interior	92,75	1,00	6,25	5,17	97,00
15	12	Replicate	ThirdEdge	89,33	0,67	10,00	5,17	88,00
8	13	Model	Interior	91,00	1,50	7,50	4,61	98,50
9	14	Replicate	Interior	91,00	1,50	7,50	5,05	96,00
11	15	Lack of fit	ThirdEdge	91,67	0,00	8,33	5,80	51,00
13	16	Lack of fit	AxialCB	90,75	0,50	8,75	5,74	96,00

Analisis Kurva Respon Permukaan

Efek Proporsi Susu kedelai, Glukomanan Porang dan Gula Aren Terhadap Total Gula dan Stabilitas Susu Kedelai

Data hasil perlakuan terhadap respon total gula berkisar antara 4,11% hingga 6,24%. Meskipun total gula yang lebih rendah tidak selalu menghasilkan produk yang aman secara keseluruhan, tetapi mengurangi asupan gula yang berlebihan dapat mengurangi resiko penyakit bagi kesehatan tubuh seperti diabetes tipe 2, gula darah tinggi dan obesitas (Tarmizi, 2022). Pada penelitian ini hasil yang diinginkan adalah mendapatkan minuman susu kedelai dengan total gula yang rendah dengan menggunakan gula aren sebagai pemanisnya.

Stabilitas susu kedelai artinya kemampuan susu kedelai untuk tetap stabil

secara fisik tanpa mengalami perubahan yang signifikan selama penyimpanan. Stabilitas ini dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti: proses produksi, formulasi, kemasan, dan lingkungan penyimpanan. *Software* untuk menentukan nilai formulasi optimum pada produk pangan umumnya memakai metode "SIMPLEX", dimana simplex obyek disebut sebagai: DIMENSI. Dimensi (n) artinya jumlah bahan baku yang terlibat dalam suatu formula produk pangan seperti: susu kedelai (Lundstedt *et al.*, 1998). Namun pada penelitian ini, untuk menentukan nilai optimum dari formula susu kedelai dengan 3 faktor, dipakai metode MOCD.

Hasil ANOVA untuk semua respon total gula dan stabilitas susu kedelai akibat pengaruh formula susu kedelai, glukomanan porang dan gula aren dapat dilihat pada

Tabel 3. Hasil ANOVA menunjukkan interaksi susu kedelai dengan gula aren berpengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap kadar total gula minuman susu kedelai (Tabel 3). Hal ini diduga karena hanya penambahan gula aren yang berpengaruh terhadap turunnya kadar total gula pada susu kedelai yang diteliti. Gula aren dapat menurunkan total gula pada susu kedelai karena mengandung lebih sedikit glukosa dan indeks glikemik yang rendah. Nilai koefisien determinasi kuadrat (R^2) sebesar 80,08%.

Artinya 80,08% susu kedelai dan gula aren berpengaruh nyata terhadap kadar total gula. Nilai Lack of fits tidak berpengaruh nyata terhadap total gula (Tabel 3). Nilai R^2 adalah koefisien determinasi yang berkisar dari 0-1, di mana jika nilai semakin mendekati 1, maka pengaruh variabel bebas terhadap respons semakin besar, sehingga model yang digunakan baik untuk menjelaskan pengaruh variabel tersebut (Mulyaningih dan Astuti, 2021).

Tabel 3. Hasil perhitungan ANOVA untuk polinomial orde dua dari model kuadratif untuk respon total gula dan stabilitas susu kedelai akibat pengaruh formula susu kedelai, GM porang dan gula aren yang berbeda

Sumber Variasi	Respon (%)	p-value	R^2	R^2 justifikasi	R^2 Prediksi	Lack of Fit
AC (susu kedelai + gula aren)	Total Gula	0,032*	0,8008	0,7013	0,5306	0,4406
AB (susu kedelai + GM porang)	Stabilitas	0,0006**	0,7917	0,6876	0,4207	0,7999
BC (GM porang + gula aren)	Stabilitas	0,0010**	0,7917	0,6876	0,4207	0,7999

*P-value $< 0,05$ = nyata;

**P-value $< 0,05$ = sangat nyata.

Glukomanan merupakan polisakarida tersusun atas molekul glukosa dan mannanosa yang merupakan senyawa hidrokolloid yang menyebabkan gel pada suatu system campuran makanan. Glukomanan kebanyakan merupakan ingredient utama pada produk minuman seperti: jelly drink (Suryana *et al.*, 2022). Teori ini sesuai mendukung data Tabel 3, dimana penambahan tepung GM porang pada susu kedelai (AB) dan susu kedelai yang diberi GM porang dan gula aren (BC) berpengaruh nyata terhadap kestabilan susu kedelai. Sedangkan gula aren sebagai gula apabila ditambahkan pada produk makanan/minuman akan meningkatkan kemanisan suatu pangan/minuman. Namun tidak menyebabkan kestabilan suatu produk minuman (Yanto *et al.*, 2015).

$$Y_1 = 0,02 X_1 + 23,52 X_2 - 5,13 X_3 - 0,23 X_1.X_2 + 0,06 X_1.X_3 - 0,32 X_2.X_3 \dots\dots\dots(1)$$

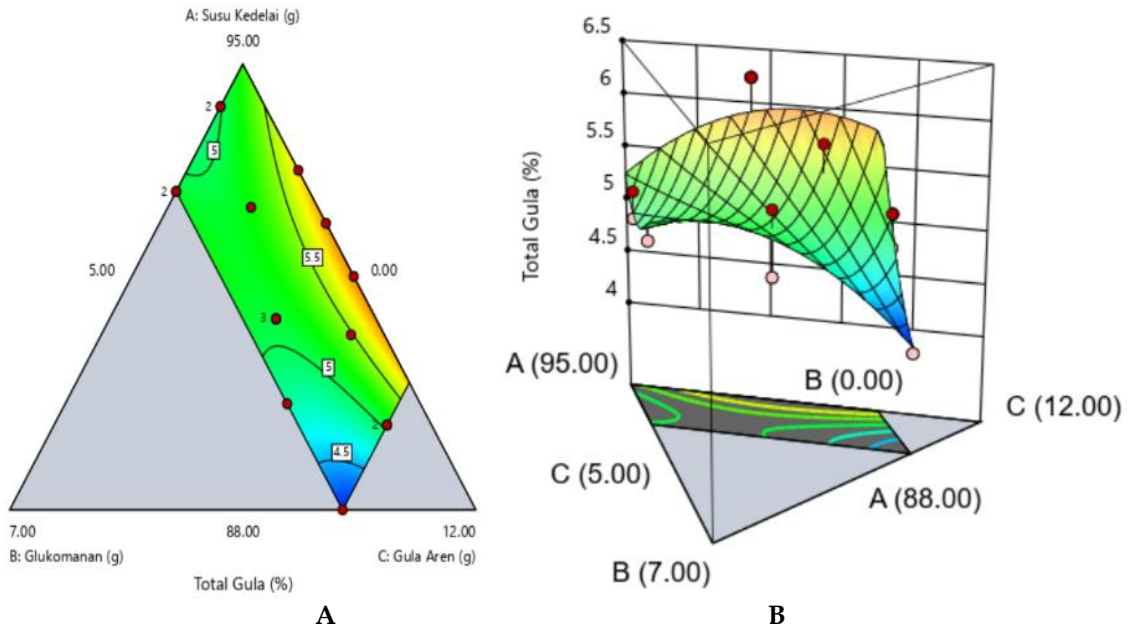
$$Y_2 = 0,63 X_1 - 2582,78 X_2 + 21,65 X_3 + 26,53 X_1.X_2 - 0,24 X_1.X_3 + 25,78 X_2.X_3 \dots\dots\dots(2)$$

Analisis kurva respon permukaan untuk model kuadratik pengaruh formulasi susu kedelai, GM porang dan gula aren untuk respon kadar total gula dan stabilitas susu kedelai mengikuti persamaan model (1) dan (2). Nilai plus (+) pada persamaan (1) dan (2) menunjukkan peningkatan, sedangkan nilai minus menunjukkan penurunan pada kadar total gula dan stabilitas susu kedelai, apabila nilai X_1 , X_2 dan X_3 dari design aktual pada Tabel 1 dimasukkan ke persamaan regresi total gula dan stabilitas susu kedelai menurut model kuadratik (Wulandari dan Widjanarko, 2018; (Haliza *et al.*, 2017).

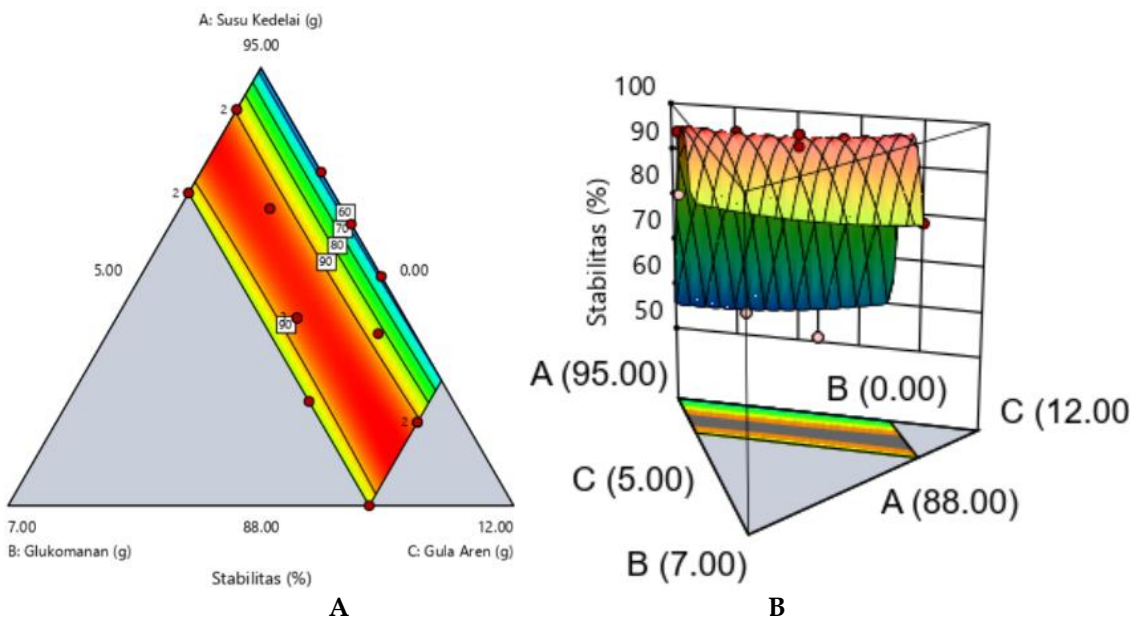
Pengaruh variabel bebas terhadap kadar total gula dapat dilihat grafik kontur dan 3D pada Gambar 1. Nampak bahwa titik optimum terendah total gula diperkirakan terletak pada formula susu kedelai 88 g, GM porang 2 g dan gula aren 10 g (Run 6, Tabel 2). Terlihat pada gambar bahwa interaksi gula aren dapat mempengaruhi total gula karena interaksinya dengan susu kedelai, semakin banyak gula aren yang

ditambahkan hingga 10 g maka akan mencapai titik optimum terendah total gula (dalam gambar grafik ditunjukkan pada warna biru), sedangkan jika jumlah gula aren dalam formulasi dikurangi, maka total gula akan cenderung naik. Akan tetapi jika melihat pada gambar, GM porang juga ikut berperan dalam naik-turunnya total gula, meskipun jika dilihat dari statistik tidak

berbeda nyata, tetapi pada formulasi dengan GM porang sebanyak 0 g dan gula aren 7,5 g justru menghasilkan total gula yang paling tertinggi, yaitu sebesar 6,24% (dalam gambar grafik ditunjukkan pada warna orange). Gula aren tidak menstabilkan sistem emulsi suatu minuman, namun meningkatkan kemanisan minuman (Suharto dan Kurnia, 2022).



Gambar 1. Grafik Kontur (A) dan 3D (B) dari Respon Total Gula

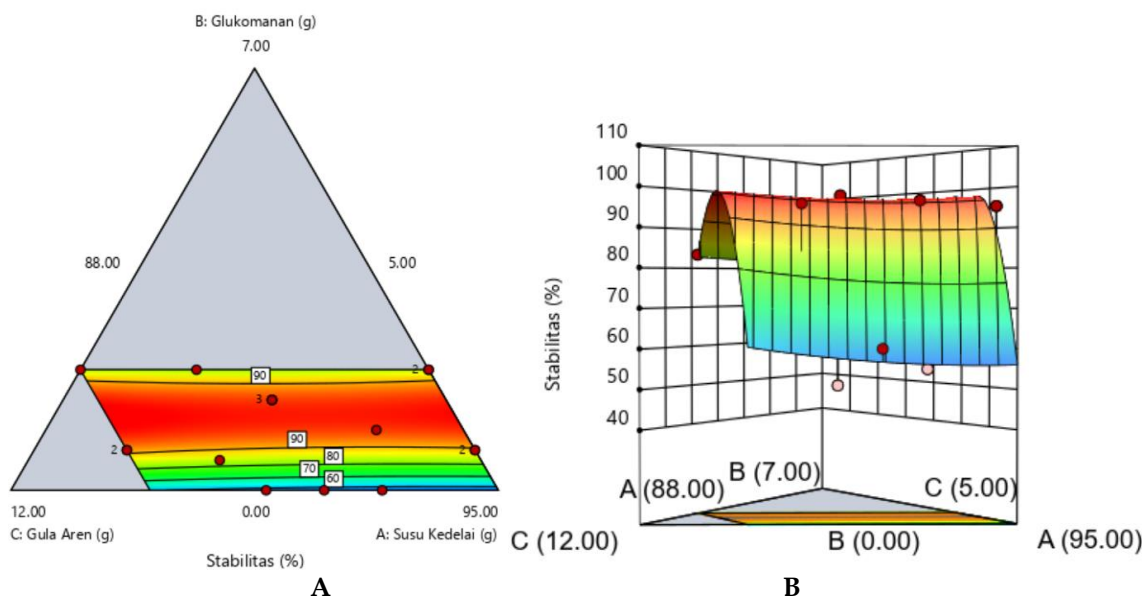


Gambar 2. Kontur (A) dan 3D (B) dari Respon Stabilitas Susu Kedelai untuk Interaksi Susu Kedelai dengan GM Porang

Gambar kontur dan 3D respon stabilitas susu kedelai untuk interaksi susu kedelai dengan GM porang terlihat pada Gambar 2, berdasarkan gambar kontur maupun 3D terlihat bahwa akibat dari variasi perlakuan pada jumlah susu kedelai dan GM porang mempengaruhi kestabilan susu kedelai secara nyata, jumlah penambahan GM porang yang semakin banyak menyebabkan susu kedelai semakin stabil, tetapi nilai stabilitas yang tertinggi diperoleh pada penambahan GM porang sebanyak 1,5 g, pada variasi penambahan susu kedelai sebanyak 91 g (dalam gambar ditunjukkan pada warna merah berarti semakin stabil, dan kuning hingga biru mengindikasikan susu kedelai semakin tidak stabil), namun jika GM porang yang ditambahkan ditingkatkan menjadi 2 g justru kestabilan susu kedelai kembali menurun, hal ini tentu dipengaruhi juga karena interaksinya dengan susu kedelai, karena jika jumlah susu kedelai dalam formulasi semakin ditambahkan maka kestabilan susu kedelai juga akan cenderung menurun.

Gambar 3 memperlihatkan interaksi antara GM porang dan gula aren yang berpengaruh nyata terhadap kestabilan susu kedelai. GM porang dapat digunakan sebagai bahan penstabil pada produk

makanan dan minuman seperti susu kedelai karena memiliki sifat sebagai pengental, pengikat, dan emulsifier (Anwar *et al.*, 2017), sehingga interaksinya dengan gula aren juga dapat berpengaruh terhadap kestabilan susu kedelai secara nyata. Grafik kontur maupun 3D dapat kita lihat bahwa tren menunjukkan bahwa semakin banyak GM porang yang ditambahkan hingga batas tertentu (1,5 g) pada formulasi, maka stabilitas susu kedelai akan meningkat, pada formulasi dengan penambahan gula aren terkecil (5 g), menunjukkan tingkat stabilitas yang berbeda, ada yang pada 5 g stabilitasnya tinggi, tetapi ada yang pada 5 g stabilitasnya rendah, hal ini nampaknya sangat dipengaruhi oleh jumlah GM porang yang ditambahkan. Tetapi jika merujuk pada gambar kontur dan 3D terlihat bahwa semakin banyak gula aren yang ditambahkan maka tingkat stabilitas susu kedelai semakin tinggi, sedangkan GM porang pada penambahan sebanyak 0 g maka stabilitas terlihat rendah (warna biru) dan kemudian terus meningkat seiring naiknya penambahan jumlah GM porang dan menajapai titik maksimum pada penambahan GM porang sebanyak 1,5 g, kemudian menurun kembali jika GM porang ditambahkan hingga 2 g.



Gambar 3. Kontur (A) dan 3D (B) dari Respon Stabilitas Susu Kedelai untuk Interaksi GM Porang dengan Gula Aren

Tabel 4. Kriteria dan *constraints* optimasi susu kedelai

Faktor	Goal	Lower Limit	Upper Limit	Lower Weight	Upper Weight	Importance
Susu kedelai (g)	<i>in range</i>	88	95	1	1	3
GM porang (g)	<i>in range</i>	0	2	1	1	3
Gula aren (g)	<i>in range</i>	5	10	1	1	3
Total gula (%)	Minimum	4,1125	6,24	1	1	3
Stabilitas (%)	Maksimum	51	98,5	1	1	3

Tabel 5. Tiga solusi formula optimum susu kedelai dengan nilai “*desirability*” tertinggi sampai terendah

No	Susu Kedelai (g)	GM Porang (g)	Gula Aren (g)	Total Gula (%)	Stabilitas (%)	<i>Desirability</i>
1	88,502	1,498	10,000	4,409	97,510	0,918 Selected
2	88,388	1,612	10,000	4,345	95,459	0,913
3	93,759	1,241	5,000	4,931	98,313	0,783

Tabel 6. Data perbandingan prediksi dan verifikasi formula susu kedelai

No	Jenis perlakuan	Susu kedelai (g)	GM porang (g)	Gula aren (g)	Total gula %	Stabilitas %
1	Prediksi	88,51	1,5	10	4,41±0,00	97,51±0,00
2	Verifikasi	88,51	1,5	10	4,72±0,19	97,67±0,58

P-Value untuk Total gula = 0,11 dimana P-Value>0,05;

P-Value untuk Stabilitas = 0,68 dimana P-Value >0,05.

Optimasi Formula Susu Kedelai

Kriteria formulasi optimum untuk mendapatkan hasil perhitungan formula optimum dengan DX versi 13 sebagai berikut: Susu kedelai, GM porang dan gula aren di “set” *in range*, sedangkan respon untuk total gula di “set” minimum dan stabilitas “maksimum” (Tabel 4). Total gula diatur atau di “set” minimum agar formula minuman susu kedelai memiliki sifat fungsional minuman yang lebih cocok untuk konsumen agar dapat terhindar dari penyakit *degenerative*, seperti diabetes tipe 2. Gula aren mengandung kalori yang lebih rendah dibandingkan dengan gula tebu (Powell dan Miller, 2018).

Hasil perhitungan solusi DX versi 13 menunjukkan data dan diperoleh 3 solusi optimasi Design Expert (Tabel 5). Formula nomor urut 1: susu kedelai 88,5 g, proporsi GM porang 1,5 g dan gula aren 10 g, dengan nilai *desirability* 91,8%. Artinya formula ini 91,8% karena pengaruh proporsi susu kedelai, glukomanan porang dan gula aren mempengaruhi kadar gula dan stabilitas

susu kedelai masing-masing sebesar 4,41% total gula dan stabilitas 97,51%. Semakin tinggi nilai *desirability* (nilai yang diinginkan), semakin kecil *error* akibat variabel bebas terhadap respon suatu kegiatan penelitian (Yolmeh *et al.*, 2014).

Perbandingan Prediksi dan Verifikasi

Hasil riset verifikasi bila dibandingkan dengan prediksi optimasi Design Expert menunjukkan data yang tidak berbeda nya pada nilai $p < 0,05$ (Tabel 6). Artinya riset verifikasi mendukung prediksi optimasi design expert. Sehingga perhitungan DX dengan model kuadratik efek formula terhadap respon total gula dan stabilitas susu kedelai dapat dipakai. Model dan data yang sama ditunjukkan pada penelitian (Witoyo *et al.*, 2021).

Perbandingan Mutu Susu Kedelai Hasil Verifikasi dengan Produk Komersial

Mutu susu kedelai hasil verifikasi dengan produk komersial mengacu pada pada syarat mutu susu kedelai Menurut SNI

01-3830-1995. Data mutu susu kedelai dapat dilihat pada Tabel 7. Kadar total gula susu kedelai hasil verifikasi lebih rendah dan berbeda nyata ($p < 0,05$) dari pada susu kedelai komersial (Merk. Soybaru, Tabel 7). Hal ini kemungkinan ini disebabkan jumlah gula susu kedelai Soybaru lebih tinggi dibandingkan susu kedelai verifikasi.

Disamping itu, kemungkinan gula pasir yang dipakai sebagai pemanis susu kedelai Soybaru, sedangkan susu kedelai verifikasi memakai gula aren. Gula aren memiliki nilai IG yang lebih rendah dibandingkan IG gula pasir. IG indeks gula aren lebih rendah 34-44 dibandingkan dengan IG indeks gula pasir 68-73 (Srikaeo *et al.*, 2015). Sehingga kadar total gula

Soybaru berbeda nyata dengan total gula susu kedelai verifikasi.

Nilai stabilitas susu kedelai verifikasi jauh lebih tinggi dan berbeda nyata ($p < 0,05$) dibandingkan dengan stabilitas susu kedelai Soybaru. Hal ini disebabkan susu kedelai Soybaru tidak memakai GM porang dalam campuran produknya. Tepung umbi dari tanaman Salep (*Orchid sancta*) yang banyak tumbuh di Turki dan Iran, mengandung kadar glukomanan yang tinggi, sehingga banyak digunakan dalam minuman *beverage* mengandung susu, dan viskositasnya cenderung kental, akibat sifat hidrokoloid glukomanan yang membentuk gel bila dipanaskan, setelah agak dingin dinikmati sebagai minuman (Ghosh *et al.*, 2021).

Tabel 7. Data perbandingan uji syarat mutu susu kedelai komersial "Soybaru" dengan hasil verifikasi

Kriteria Uji	Susu Kedelai Verifikasi %	Susu Kedelai Komersial "Soybaru" %	P-Value
Total Gula	4,72±0,26 ^a	7,51±0,07 ^b	0,001
Stabilitas	97,67±0,57 ^a	49,33±1,15 ^b	0,000
Protein	3,81±0,28 ^a	2,66±0,33 ^a	0,019
Lemak	2,39±0,14 ^a	3,09±0,21 ^a	0,213
pH	Netral (7)	Netral (7)	-
Bau	4,24±0,93 ^a	4,40±0,65 ^a	0,491
Rasa	4,68±0,48 ^a	4,44±0,82 ^a	0,228
Warna	4,60±0,65 ^a	4,48±0,77 ^a	0,524
Penerimaan Keseluruhan	4,60±0,65 ^a	4,56±0,77 ^a	0,846

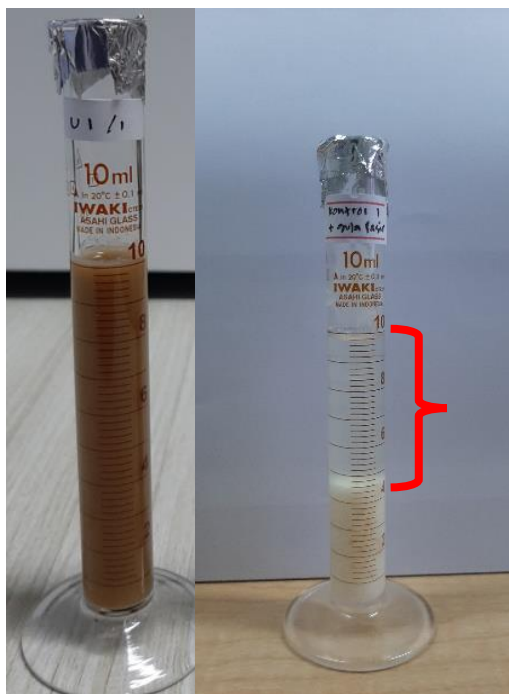
*) Data diambil dari 2 ulangan dan duplo


Menurut SNI 1995 (BSN, 1995), sifat sensoris bau, rasa, warna dan penerimaan keseluruh susu kedelai hasil verifikasi dengan susu komersial tergolong memenuhi. Artinya penambahan tepung GM porang dan gula aren tidak menurunkan mutu susu kedelai. Demikian pula kadar protein dan lemak minuman susu kedelai verifikasi (Fadhillah *et al.*, 2020) dan soybaru tidak berbeda nyata. Hal ini kemungkinan pada pembuatan susu kedelai umumnya terdiri atas memakai perbandingan air dan biji kedelai adalah 10:1, dimana perbandingan air dan biji kedelai ini yang umum dipakai. Demikian pula pada pembuatan susu kedelai hasil

verifikasi memakai resep umum tersebut. Perbandingan air dan biji kedelai yang terbaik pada penelitian di Ambon adalah 10:1 (Picauly *et al.*, 2015). Disamping itu, penambahan GM porang dan gula aren tidak berpengaruh terhadap komposisi susu kedelai pada respon kadar protein, lemak, bau, rasa, warna dan penerimaan keseluruhan. Glukomanan hanya berfungsi sebagai bahan pengental (An *et al.*, 2019) dan gula aren hanya berfungsi sebagai pemanis namun rendah kalori (Fadhillah *et al.*, 2020).

Gambar 4 menunjukkan perbandingan stabilitas susu kedelai hasil verifikasi dengan nilai stabilitas 97,67% dengan produk komersial merek "Soybaru"

yang mempunyai nilai stabilitas yaitu 49,33%. Hal ini memperlihatkan bahwa formulasi campuran susu kedelai 88,51g, GM porang 1,5 g dan gula aren 10g dapat menghasilkan produk susu kedelai yang lebih stabil dibandingkan dengan kontrol (Soybaru), gambar (A) terlihat berwarna coklat dikarenakan campuran menggunakan gula aren sebagai pengganti gula pasir.



Gambar 4. Perbandingan Stabilitas Hasil Verifikasi (A) dan Produk Komersial Merk "Soybaru" (B). Tanda  Menunjukkan Sampel yang Tidak Stabil (Terpisah)

Gambar 4 mendukung data Tabel 7, dimana stabilitas susu kedelai hasil verifikasi berbeda sangat nyata dengan stabilitas susu kedelai komersial merk "Soybaru". Hal ini menunjukkan fungsi glukomanan porang dapat meningkatkan stabilitas sistem emulsi susu kedelai. GM porang dapat digunakan sebagai bahan penstabil pada produk makanan dan minuman seperti susu kedelai karena memiliki sifat sebagai pengental, pengikat, dan emulsifier (Anwar *et al.*, 2017).

SIMPULAN

Penambahan GM porang berpengaruh nyata terhadap stabilitas susu kedelai, dengan meningkatkan nilai kestabilan hingga $97,67 \pm 0,57\%$, sedangkan nilai kestabilan susu kedelai kontrol (soybaru) hanya $49,33 \pm 1,15\%$. Penambahan gula aren berpengaruh nyata terhadap total gula susu kedelai, dengan total gula $4,72 \pm 0,26$, pada perlakuan susu kedelai 88,5 g, proporsi GM porang 1,5 g dan gula aren 10 g, sedangkan total gula susu kedelai kontrol (soybaru) lebih tinggi yaitu $7,51 \pm 0,07$. Perlakuan prediksi optimasi bila membuat susu kedelai dengan campuran GM porang dan gula aren, maka rekomendasinya adalah: susu kedelai 88,51 g, 1,5 g GM porang dan 10 g gula aren, dengan kadar total gula $4,41 \pm 0,19\%$ dan kestabilan $97,51 \pm 0,00\%$. Hasil verifikasi tidak berbeda nyata dengan prediksi perhitungan optimasi design expert menggunakan metode MOCD yang berarti hasil verifikasi tersebut mendukung prediksi optimasi design expert sehingga dapat dijadikan referensi dalam pembuatan susu kedelai yang menggunakan campuran GM porang dan gula aren.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Pusat Layanan Pembiayaan Pendidikan (PUSLAPDIK) Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi dan Lembaga Pengelolaan Dana Pendidikan (LPDP) yang telah memberikan beasiswa melalui Beasiswa Pendidikan Indonesia (BPI).

DAFTAR PUSTAKA

- Al Falah, S, A, N, -W., Maharani, -S., 2020. Perkembangan yoghurt susu kedelai. *Journal of Food and Culinary*. 3(2), 84-92. <https://doi.org/10.12928/jfc.v3i2>.

- Al-Kayyis, H, -K., Susanti, -H., 2016. Perbandingan metode somogyi-nelson dan anthrone-sulfat pada penetapan kadar gula pereduksi dalam umbi cilembu (*Ipomea batatas* L.). *Journal of Pharmaceutical Sciences and Community*. 13(2), 81-89. <https://doi.org/10.24071/jpsc.132191>
- An, -K., Kang, -H., Tian, -D., 2019. Stabilization of soy milk using konjac glucomannan. *Emirates Journal of Food and Agriculture*. 31(7), 526-534. <https://doi.org/10.9755/ejfa.2019.v31.i7.1964>.
- Anwar, S, -H., Ginting, B, M, -B., Aisyah, -Y., Safriani, -N., 2017. Pemanfaatan tepung porang (*Amorphophallus oncophyllus*) sebagai penstabil emulsi m/a dan bahan penyalut pada mikrokapsul minyak ikan', *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*. 27(1), pp. 76-88. <https://journal.ipb.ac.id/index.php/jurnaltin/article/view/17107>
- Aryanti, -N., Abidin, K, -Y., 2015. Ekstraksi glukomanan dari porang lokal (*Amorphophallus oncophyllus* dan *Amorphophallus muerelli blume*). *METANA*. 11(1), 21-30. <https://doi.org/10.14710/meta.na.v11i01.13037>
- BSN. 1992. *SNI Cara Uji Makanan dan Minuman*. Badan Standardisasi Nasional, Indonesia
- BSN. 1995. *SNI 01-3830-1995 Susu Kedelai*. Badan Standardisasi Nasional, Indonesia
- Chua, -M., Baldwin, T, -C., Hocking, T, -J., Chan, -K., 2010. Traditional uses and potential health benefits of *Amorphophallus konjac* K. Koch ex N.E.Br. *Journal of Ethnopharmacology*. 128(2), 268-278. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2010.01.021>
- de Souza, V, -R., Pereira, P, A, -P., Pinheiro, A, C, -M., Nunes, C, -A., Silva, T, L, -T., Borges, S, -V., Queiroz, -F., 2012. Multivariate approaches for optimization of the acceptance: optimization of a brazilian cerrado fruit jam using mixture design and parallel factor analysis. *Journal of Sensory Studies*. 27(6), pp. 417-424. <https://doi.org/10.1111/joss.12005>
- Devaraj, R, -D., Reddy, C, -K., Xu, -B., 2019. Health-promoting effects of konjac glucomannan and its practical applications: A critical review. *International Journal of Biological Macromolecules*. 126, 273-281. <https://doi.org/10.1016/j.ijbio.2018.12.203>.
- Djajati, S., Sudaryati., Palupi, -T., 2018. Es krim susu biji kecipir (*Psophocarus tertragonolobus* L.) dengan penambahan tepung glukomanan dan virgin coconut oil. *Jurnal Teknologi Pangan*. 11(2), 23-30. <https://doi.org/10.33005/jtp.v11i2.893>
- Fadhillah, -N., Mela, -E., Mustaufik., 2020. Gula kelapa kristal dan potensi pemanfaatannya pada produk minuman. *Agritech: Jurnal Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Purwokerto*. 22(1), 20-28. <https://doi.org/10.30595/agritech.v22i1.7059>.
- Ghosh, T., Singh, R., Nesamma, AA., Jutur, PP. 2021. 'Marine Polysaccharides: Properties and Applications'. Dalam Inamuddin, Ahamed, MI., Boddula, R., Altalhi, T. (ed.). *Polysaccharides: Properties and Applications*. John Wiley & Sons, Inc., New Jersey
- Haliza, W., Kailaku, S.I. and Yuliani, S. (2017) 'Penggunaan Mixture Response Surface Methodology Pada Optimasi Formula Brownies Berbasis Tepung Talas Banten (*Xanthosoma Undipes* K.

- Koch) Sebagai Alternatif Pangan Sumber Serat', *Jurnal Penelitian Pascapanen Pertanian*, 9(2), p. 96. doi:10.21082/jpasca.v9n2.2012.96-106.
- Hasanah, A, A, -N., Mustofa, -A., Widanti, Y, -A., 2020. Karakteristik kimia, fisika, dan sensoris es krim buah. *JITIPARI*. 5(1), pp. 1-12. <https://doi.org/10.33061/jitipari.v5i1.3641>
- Hasyati, -N., Fibrianto, -K., Yuwono, S, -S., 2022. Studi Empat Atribut Sensoris (Manis, Pahit, Asam, Sepat) Pada Teh Daun Kopi Robusta dan Arabika dengan Teknik Seduh Dekoksi dan Infusa. Thesis. Universitas Brawijaya. Malang
- Joseph, G, -H., Layuk, -P., 2012. Pengolahan gula semut dari aren. *Buletin Palma*. 13(1), 60-65. <https://repository.pertanian.go.id/server/api/core/bitstreams/ce12cb53-7ef1-4135-8337-3a7ebf1d0938/content>
- Julianti, I, M, -D., 2021. Hubungan antara kadar gula darah dengan tekanan darah pada pasien diabetes melitus tipe II. *Jurnal Penelitian Kedokteran*. 2021, pp. 1-7. <https://erepository.uwks.ac.id/9185/9/JURNAL%20KEDOKTERAN%20WK%20-%20IRA.pdf>
- Lundstedt, -T., Seifert, -E., Abramo, -L., Thelin, -B., Nyström, -A., Pettersen, -J., Bergman, -R., 1998. Experimental design and optimization. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*. 42(2), 3-40. [https://doi.org/10.1016/S0169-7439\(98\)00065-3](https://doi.org/10.1016/S0169-7439(98)00065-3)
- Mulyaningsih, -A., Astuti, -A., 2021. Faktor-faktor yang berpengaruh terhadap keberdayaan petani dalam mencapai diversifikasi pangan. *Jurnal Agribisnis Terpadu*. 14(1), 137-152. <https://jurnal.untirta.ac.id/index.php/jat/article/download/11463/7294>
- Picauly, -P., Talahatu, -J., Mailoa, -M., 2015. Pengaruh penambahan air pada pengolahan susu kedelai. 4(1), 8-13. <https://ojs3.unpatti.ac.id/index.php/agritekno/article/view/33>
- Pierlot, -C., Leprêtre, -A., Aubry, J, -M., 1998. Experimental design, sensorial and principal components analysis: Three complementary tools for cocktail optimization. *Analisis Magazine*. 26(1), 71-78. <http://dx.doi.org/10.1051/analisis:199826080071>
- Powell, K, -F., Miller, J, -B., 2018. International tables of glycemic index. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 62(4), 871-890. <https://doi.org/10.1093/ajcn/62.4.871S>
- Radiyah, T. (2008) 'Pengaruh Penambahan Alginat Dengan Variasi Kecepatan, Waktu dan Suhu Pengadukan Terhadap Laju Pengendapan Susu Kedelai', *Jurnal Geodesi Undip*, 22, pp. 1-120.
- Sabariman, -M., Sandrasari, D, -A., Azni, I, -N., Permata, T, -D., 2021. Aplikasi metode mixture design pada formulasi minuman fungsional serbuk temulawak, jahe merah dan gula merah. *Jurnal Teknologi Pangan dan Kesehatan*. 3(1), 41-48. <https://doi.org/10.36441/jtepak.es.v3i1.533>
- Shiby, V, -K., Radhakrishna, -K., Bawa, A, -S., 2013. Development of whey-fruit-based energy drink mixes using D-optimal mixture design. *International Journal of Food Science and Technology*. 48(4), 742-748. Available at: <https://doi.org/10.1111/ijfs.12022>
- Solang, -M., Ismail, Y, N, -N., Uno, W, -D., 2020. Komposisi proksimat dan indeks glikemik nira aren. *Biospecies*. 13(2), 1-9.

- <https://doi.org/10.22437/biospecies.v13i2.8761>.
- Srikaeo, -K., Thongta, -R., 2015. Effects of sugarcane , palm sugar , coconut sugar and sorbitol on starch digestibility and physicochemical properties of wheat based foods. *International Food Research Journal*. 22(3), 923-929.
[http://www.ifrj.upm.edu.my/22%20\(03\)%202015/\(7\).pdf](http://www.ifrj.upm.edu.my/22%20(03)%202015/(7).pdf)
- Suharto, E, L, -S., Kurnia, Y, -F., 2022. Nutritional value and quality of yogurt with addition of palm sugar (*Arenga Pinnata Merr*). *IOP Conference Series Earth and Environmental Science*, pp. 1-5.
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/1059/1/012058>
- Suryana, E, -A., Kamsiati, -E., Usmiati, -S., Herawati, -H., 2022. Effect of porang flour and low-calorie sugar concentration on the physico-chemical characteristics of jelly drinks. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, pp. 1-7.
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/985/1/012042>
- Swastini, D, -A., Ramona, -Y., Arisanti, C, I, -S., 2017. Uji kandungan minuman isotonik (arensweeti) dan gula kristal (palm sugar) hasil produk olahan nira aren, *Jurnal Farmasi Udayana*, 6(2), pp. 23-27.
<https://doi.org/10.24843/JFU.2017.v06.i02.p05>
- Swastini, D, -A., Shaswati, G, A, P, -A., Widnyana, I, P, -S., Amin, -A., Kusuma, L, A, -S., Putra, A, A, G, R, -Y., Samirana, P, -O., 2018. Penurunan kadar glukosa darah dan gambaran histopatologi pankreas dengan pemberian gula aren (*Arenga pinnata*) pada tikus jantan galur wistar yang diinduksi aloksan. *Indonesia Medicus Veterinus*. 7(2), 94-105.
<https://doi.org/doi:10.19087/ismv.2018.7.2.94>
- Tarmizi, SN. 2022 Konsumsi gula berlebih, waspadai risikonya. Dilihat: 27 September 2022.
<<https://sehatnegeriku.kemkes.go.id>>
- Witoyo, J, -E., Argo, B, -D., Yuwono, S, -S., Widjanarko, S, -B., 2021. A pilot plant scale of yellow konjac (*Amorphophallus Muelleri Blume*) flour production by a centrifugal mill using response surface methodology. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*. 15, 199-209.
<https://doi.org/10.5219/1455>
- Wulandari, -K., Widjanarko, S, -B., 2018. Optimasi proses ekstraksi pektin dari kulit dan jerami nangka (*Artocarpus heterophyillus*) (kajian rasio bahan pengendap dan lama pengendapan) menggunakan metode respon permukaan. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*. 6(4), 38-48.
<https://doi.org/10.21776/ub.jpa.2018.006.04.5>
- Yanto, -T., Karseno, -K., Purnamasari, M, M, -D., 2015. Pengaruh jenis dan konsentrasi gula terhadap karakteristik fisikokimia dan sensori jelly drink. *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*. 8(2), 123-120.
<https://doi.org/10.20961/jthp.v0i0.12904>
- Yin, J, -Y., Ma, L, -Y., Xie, M, -Y., Nie, S, -P., Wu, J, -Y., 2020. Molecular properties and gut health benefits of enzyme-hydrolyzed konjac glucomannans. *Carbohydrate Polymers*. 237, 1-8.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.116117>
- Yolmeh, -M., Najafi, M, B, -H., Farhoosh, -R., 2014. Optimisation of ultrasound-assisted extraction of natural pigment from annatto seeds by response surface methodology (RSM). *Food Chemistry*. 155, 319-324.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.01.059>

Jurnal Teknologi Pertanian Vol. 25 No. 1 [April 2024] 77-92
Formulasi Penambahan Tepung Glukomanan dari Porang dan Gula Aren pada Pembuatan Susu Kedelai Menggunakan Rancangan Metode *Mixture Optimal Custom Design*
[Mustofa *et al*]

Zeng, -Y., Zhang, -J., Zhang, -Y., Men, -Y.,
Zhang, -B., Sun, -Y., 2018.
Prebiotic, immunomodulating,
and antifatigue effects of konjac

oligosaccharide. *Journal of Food
Science*. 83(12), 3110–3117.
[https://doi.org/10.1111/1750-
3841.14376](https://doi.org/10.1111/1750-3841.14376)