

OPTIMASI FORMULA JAMU SINOM SEDIAAN CELUP METODE MIXTURE DESIGN D-OPTIMAL

Optimization of Dipping Jamu Sinom Formula using D-Optimal Mixture Design Method

Diana Candra Wulandari*, Tri Dewanti Widyarningsih

Program Studi Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya
Jl. Veteran – Malang 65145

*email: dianawuland@student.ub.ac.id

ABSTRAK

Sinom merupakan jamu dengan bahan baku utama rimpang kunyit (*Curcuma longa*) dan daun asam jawa (*Tamarindus indica* L.) yang memiliki efek fungsional bagi kesehatan akibat senyawa bioaktif di dalamnya. Produk sinom siap minum memiliki keterbatasan masa simpan akibat pengaruh mikroba maupun kimia, sehingga dikembangkan bentuk sediaan celup untuk meningkatkan stabilitas dan mutu produk. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh formulasi optimal sinom sediaan celup dengan metode *Mixture Design D-Optimal*, menggunakan tiga bahan utama: bubuk kunyit (30–50%), daun asam jawa (17–23%), dan buah asam jawa (33–47%). Parameter yang dianalisis meliputi kadar air bubuk, pH seduhan, serta aktivitas antioksidan (inhibisi DPPH). Hasil optimasi menunjukkan formula terbaik terdiri dari bubuk kunyit 48,393%, daun asam jawa 18,607%, dan buah asam jawa 33%, dengan hasil prediksi aktual kadar air 9,5772%, pH 3,33, dan inhibisi DPPH sebesar 37,233%. Seduhan formula optimal sinom sediaan celup menunjukkan aktivitas antioksidan sedang dengan nilai IC_{50} sebesar 238,067 ppm, total polifenol 14,392 mg GAE/g, dan hasil kesukaan keseluruhan uji hedonik sebesar 3,292 (agak suka) dengan warna L: 31,9; a: 0,9; dan b: 15,3 dengan warna kuning cerah. Formulasi tersebut memiliki karakteristik fisik dan fungsional yang baik serta berpotensi sebagai alternatif produk jamu yang lebih tahan lama dan disukai konsumen.

Kata kunci: Aktivitas Antioksidan; Formulasi; Minuman Fungsional; Seduhan Herbal

ABSTRACT

*Sinom is a traditional herbal drink made from turmeric rhizome (*Curcuma longa*) and tamarind leaves (*Tamarindus indica* L.) as main ingredients, which provides functional health benefits caused by bioactive compound. Ready-to-drink sinom products have limited shelf life; therefore, this study developed sinom in instant infusion form to improve product stability and quality. The objective of this research was to obtain the optimal formulation of sinom infusion using the Mixture Design D-Optimal method, with three main ingredients: powdered turmeric (30–50%), tamarind leaves (17–23%), and tamarind fruit (33–47%). The evaluated parameters included powder moisture content, infusion pH, and DPPH inhibition. The optimization results showed the best formulation consisted of 48.393% turmeric powder, 18.607% tamarind leaves, and 33% tamarind fruit, with actual analysis results of 9.5772% moisture content, pH 3.33, and 37.233% DPPH inhibition. The optimized sinom infusion exhibited moderate antioxidant activity with an IC_{50} value 238.067 ppm, total polyphenol content 14.392 mg GAE/g, and an overall hedonic score of 3.292 (moderately like). The color characteristics were L: 31.9, a: 0.9, and b: 15.3, indicating a bright yellow appearance. Based on these results, the product possesses favorable physical and functional characteristics and has potential as a consumer-acceptable herbal product alternative.*

Keyword: Antioxidant Activity; Formulation; Functional Drink; Herbal Infusion

PENDAHULUAN

Jamu telah dikenal luas di Indonesia karena kandungan senyawa bioaktif yang menunjang imunitas tubuh dari penyakit ringan seperti sakit tenggorokan, demam, sakit kepala, mual, tidak nafsu makan, dan pegal-pegal (Estiasih *et al.*, 2024). Salah satu jenis jamu yang populer adalah sinom dengan bahan baku utama kunyit (*Curcuma longa*) dan daun asam jawa (*Tamarindus indica* L.) (Akbar *et al.*, 2018). Sinom mengandung senyawa aktif seperti vitamin C, vitamin B, asam lemak tidak jenuh, polifenol, dan flavonoid yang memberi efek antioksidan, anti-inflamasi, anti-diabetes, dan anti-hiperurisemia (Elwekeel *et al.*, 2023; Kusumaningsih dan Wiradnyani, 2019; Rizeki, 2021; Wiradnyani, 2018).

Secara umum, produk sinom tradisional dipasarkan dalam bentuk cair siap konsumsi yang diproduksi oleh pelaku Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM). Sediaan cair dipilih akibat keterbatasan modal serta peralatan produksi. Kondisi ini berdampak pada rendahnya stabilitas produk yang mempengaruhi umur simpan akibat kontaminasi mikroorganisme, oksigen, uap air, cahaya, kompresi, dan bahan kimia yang memicu degradasi antioksidan, reaksi pencokelatan, maupun perubahan organoleptik saat penyimpanan dan distribusi (Herawati, 2008). Salah satu upaya yang dapat diusulkan untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah pengembangan bentuk sediaan yang

mampu memperpanjang masa simpan, serta mempertahankan kandungan senyawa bioaktif yang terkandung dalam produk jamu sinom. Menurut Septiyani & Rahmawati, (2019), minuman rempah sediaan instan metode kristalisasi dan sirup memiliki aktivitas antioksidan lebih rendah dibandingkan celup dan seduh (maserasi bahan baku kering). Oleh karena itu, sediaan celup sebagai pengembangan produk jamu sinom berpotensi meningkatkan masa simpan hingga 17 bulan pada suhu $30^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ dan RH $75\% \pm 5\%$ (Shamim *et al.*, 2023). Proses produksi sediaan celup juga relatif sederhana dan ekonomis, melalui pengeringan bahan baku, pengecilan ukuran, dan pencampuran, tanpa memerlukan peralatan kompleks atau bahan tambahan sehingga mampu mempertahankan fungsionalitas produk (Prabowo *et al.*, 2022).

Tingginya tingkat konsumsi ramuan tradisional jadi di Indonesia mencapai 48%, menunjukkan adanya potensi besar dalam pengembangan produk herbal fungsional yang praktis dan diterima konsumen secara luas (RISKESDAS, 2018). Maka dari itu, diperlukan formulasi sinom dalam bentuk sediaan celup yang memiliki karakteristik fisik dan sensori yang baik serta sesuai dengan preferensi konsumen. Pada studi ini, formulasi sinom dikembangkan melalui kombinasi bubuk kunyit, daun asam jawa, dan buah asam jawa sebagai bahan baku utama. Metode *Mixture design D-Optimal*

umumnya digunakan untuk optimasi formula yang mampu mengoptimalkan waktu, biaya, dan tenaga akibat jumlah *run* yang relatif sedikit dan fleksibel (Kusuma 2018; Zen *et al.*, 2015). Melalui pendekatan tersebut, diharapkan diperoleh formula sinom sediaan celup yang optimal, baik dari karakteristik fisikokimia seperti pH, kadar air, warna, aktivitas antioksidan, total polifenol maupun dari segi tingkat kesukaan oleh konsumen.

METODOLOGI PENELITIAN

Alat

Alat-alat yang digunakan adalah *cabinet dryer*, timbangan analitik (Kern ABJ 220-4NM), ayakan 40 *mesh*, *shaker water bath* (Biobase SHZ-A10), *rotary vacuum evaporator* (IKA RV 10 digital V), spektrofotometer UV-Vis (Shimadzu UVmini-1240), *microplate reader* (Spectrostar nano), vortex (IKA VM-2000), oven (Mettler Binder BD - 115), pH meter (Biobase PH-920), *color reader* (Konica Minolta CR-10), mikropipet, *microplate* (Biologix 07-6096) dan *glassware* pendukung lainnya.

Bahan

Bahan yang digunakan kunyit dan buah asam jawa yang didapat dari pasar Besar, Kota Malang, daun asam jawa muda yang didapat dari daerah Mrican, Kota Kediri, air mineral (merek Tulus), kunyit asam celup (Elif Tea and Tisane), kantung celup PP non woven, metanol PA, aquades, reagen DPPH 0,1 mM dalam metanol PA,

asam galat anhidrat, reagen Folin Ciocalteu, dan Na₂CO₃.

Desain Penelitian

Formulasi sinom sediaan celup metode *Mixture Design D-optimal* menggunakan aplikasi *Design Expert 13* dengan variabel bebas bubuk kunyit, daun, dan buah asam jawa. Variabel kunyit memiliki batas atas 50% dan batas bawah 30%. Daun asam jawa diatur batas atas 23% dan batas bawah 17%. Variabel buah asam jawa memiliki batas atas 47% dan batas bawah 33%. Rancangan tersebut menghasilkan 16 *run* dengan respons kadar air bubuk, pH seduhan, dan inhibisi DPPH ekstrak.

Pembuatan Bahan Baku dan Sinom

Kunyit beserta daun asam jawa disortasi dan dicuci. Pulp buah asam jawa dipisahkan dari biji dan kulit ari, daun asam jawa dipilih warna hijau muda dengan batang berwarna hijau muda; Kunyit dipotong tipis. Ketiga bahan secara berturut-turut dikeringkan dengan suhu 60°C selama 24; 4; dan 8 jam, dilakukan pengecilan ukuran dan pengayakan (40 *mesh*) yang menyerupai metode (Deepak *et al.*, 2016; Komonsing *et al.*, 2022; Tril *et al.*, 2014). Sinom sediaan celup ditimbang sesuai proporsi dalam formulasi dengan total berat 2 gram dan dikemas dalam kertas saring (Vuong *et al.*, 2022).

Metode Ekstraksi

Bahan baku diekstraksi modifikasi sesuai (Maithilikarpagaselvi *et al.*, 2020;

Leng *et al.*, 2017). Bubuk bahan baku diekstraksi maserasi dalam metanol PA perbandingan 1:10 selama 7 jam pada suhu 40°C kecepatan 70 rpm. Ekstrak dievaporasi pada *vacuum rotary evaporator* suhu 40°C.

Rancangan formula sinom sediaan celup dan bahan baku untuk analisis polifenol diekstraksi maserasi perbandingan 1:10 dengan metanol PA selama 7 jam pada suhu 40°C kecepatan 70 rpm sesuai modifikasi (Leng *et al.*, 2017)

Sinom celup formulasi optimal dilakukan penyeduhan dengan perbandingan berat bubuk dalam kantung dan air 1:100. Suhu air 95°C didiamkan selama 10 menit dengan pencelupan 10 kali sesuai metode modifikasi (Winiarska-mieczan dan Baranowska-Wokcik, 2024).

Analisis Kadar Air

Sampel ditimbang berat awal 2 g. Dilakukan pengovenan suhu 105°C selama 4 jam dan penimbangan berat akhir. Pengovenan dan penimbangan dilakukan berulang dengan waktu pengovenan 1 jam hingga didapat berat akhir konstan (selisih 2 mg) sesuai metode modifikasi (SNI 01-2891-1992; Jittanit *et al.*, 2011).

Perhitungan:

$$\text{Kadar air} = W_0/W_1 \times 100\% \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan:

W₀ : Kehilangan bobot setelah dikeringkan

(g)

W₁ : Bobot sebelum dikeringkan (g)

Analisis Aktivitas Antioksidan

Pengukuran aktivitas antioksidan menggunakan DPPH metode spektrofotometri sesuai modifikasi (Irwinsyah *et al.*, 2021; Zubaidah *et al.*, 2024) dan *microplate reader* dengan acuan (Sulistiyani *et al.*, 2024). Spektrofotometer *uv-vis* digunakan untuk analisa bahan baku dengan pengenceran 10-50 ppm dan ekstrak sinom formulasi *Deisgn Expert 13* dengan pengenceran 200 ppm dalam metanol PA. Infusi sinom sediaan celup optimal dilakukan pengenceran 25-125 ppm yang dianalisis menggunakan *microplate reader*. Penambahan sampel dengan reagen DPPH perbandingan 1:1, dihomogenisasi, inkubasi 30 menit dalam kondisi gelap, dan diukur absorbansi pada panjang gelombang 517 nm dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\% \text{ Inhibisi DPPH} = \frac{AK-AS}{AS} \times 100\% \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan :

AK : Absorbansi Kontrol

AS : Absorbansi Sampel

$$IC_{50} = \frac{(50-b)}{a} \dots \dots \dots (3)$$

Keterangan:

b: Konstanta regresi linier

a: Koefisien regresi linier

Analisis pH dan Warna

Warna infusi sinom sediaan celup optimal dianalisis dengan nilai (L*) kecerahan, (a*) merah hingga hijau, dan (b*) kuning hingga biru sesuai (Siagian *et al.*, 2019). Analisis pH seduhan dengan pH meter sesuai (SNI 01-2891-1992).s

Analisis Total Polifenol

Analisis bahan baku dilakukan dengan pengenceran ekstrak kunyit 100 kali sementara daun dan buah asam adalah 25 kali dengan aquades. Seduhan formulasi optimal tidak diencerkan. Dilakukan pencampuran 0,5 ml sampel dengan 2 ml Na_2CO_3 7,5%, dan 2,5 ml reagen *Folin Ciocalteu* 10%. Inkubasi dilakukan 1 jam pada tempat gelap dengan pengukuran absorbansi pada panjang gelombang 765 nm sesuai modifikasi (Phuyal *et al.*, 2020); ISO 14502-1:2005). Perhitungan total polifenol dengan standar asam galat adalah sebagai berikut:

C (mg GAE/g) =

$$c \frac{V}{m} \dots \dots \dots (4)$$

Keterangan

C : Total polifenol (mg GAE/g)

c : Konsentrasi berdasarkan kurva standar (mg/mL)

V : Volume ekstraksi (ml)

M : Massa sampel (g)

Analisis Sensoris

Analisis sensoris dilakukan dengan uji hedonik untuk melihat tingkat kesukaan konsumen terhadap seduhan sinom sediaan celup optimal sesuai modifikasi (Mulyani *et al.*, 2014; Novita *et al.*, 2022). Uji hedonik dilakukan oleh 100 panelis tidak terlatih untuk menganalisis warna, kejernihan, aroma kunyit, aroma asam, aroma daun, rasa pahit/getir, rasa asam, *aftertaste* pahit, *aftertaste earthy*, sensasi segar, dan

kesukaan secara keseluruhan dengan skala 1-5.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Bahan Baku

Bahan baku bubuk kunyit, daun, dan buah asam dianalisis karakteristik kimia dalam **Tabel 1**. Hal ini berfungsi menjadi acuan untuk melihat pengaruh bahan baku terhadap respons yang dianalisis.

Kadar air bahan menunjukkan nilai di bawah batas maksimum 12% menurut SNI 01-3709-1995 dan rekomendasi Vidović *et al* (2013), sehingga pengeringan telah dilakukan dengan baik. Hasil ini nilai kadar air kunyit yang lebih rendah namun daun dan buah asam jawa lebih tinggi dibanding literatur (Deepak *et al.*, 2016; Komonsing *et al.*, 2022; Parmar *et al.*, 2024; Prangpru *et al.*, 2017). Perbedaan disebabkan oleh variasi metode, suhu, serta kecepatan udara yang memengaruhi laju penguapan air dalam (Abbasi *et al.*, 2009; Zheng *et al.*, 2023). Nilai pH seduhan dalam **Tabel 1** menunjukkan kunyit memiliki pH cenderung netral, sedangkan daun dan buah asam jawa bersifat asam. Variasi pH dibandingkan dengan literatur (Emelike, 2020; Nwodo *et al.*, 2011; Rajkumar *et al.*, 2023; Swetha dan Hemalatha 2023) dipengaruhi oleh degradasi asam organik pada pengeringan suhu ruang dengan waktu lama dan peningkatan konsentrasi asam organik pada pengeringan suhu 60-70°C dan kecepatan udara 0,5-1,5 m/s akibat penurunan kadar

air (Abbaspour-gilandeh *et al.*, 2021; Hong *et al.*, 2025).

Aktivitas antioksidan berdasarkan nilai IC₅₀ pada **Tabel 1** menunjukkan bahwa kunyit tergolong kuat, buah asam jawa sedang, dan daun asam jawa lemah sesuai klasifikasi (Jumina *et al.*, 2019). Nilai tersebut menunjukkan perbedaan dengan nilai IC₅₀ kunyit dan daun asam jawa lebih tinggi namun buah asam jawa lebih rendah dibanding penelitian lain (Fagbemi *et al.*, 2022; Gomathi *et al.*, 2011; Kabede *et al.*, 2021; Raghavendra *et al.*, 2018). Penyebab hal tersebut adalah perbedaan varietas tanaman, metode, dan pelarut yang digunakan untuk ekstraksi. Varietas tanaman berpengaruh terhadap perbedaan komposisi kimia dalam bahan yang memengaruhi aktivitas antioksidan (Akter *et al.*, 2018). Metode dan pelarut ekstraksi memiliki korelasi terhadap kecepatan difusi senyawa akibat perbedaan mekanisme kerusakan dinding sel dan kesesuaian polaritas

senyawa dengan pelarut (Markandan *et al.*, 2016; Milenkovi *et al.*, 2025).

Nilai total polifenol bahan baku kunyit menunjukkan kesesuaian dengan literatur Singh *et al* (2022), menggunakan metode MAE yang menunjukkan kesetaraan efisiensi ekstraksi dengan prosedur maserasi yang dilakukan. Sementara itu, nilai total polifenol menunjukkan perbedaan dengan literatur Mbunde *et al* (2018), akibat perbedaan lokasi tumbuh, dan tingkat kematangan bahan. Stres ekologis yang tinggi, seperti curah hujan rendah dan suhu tinggi (zona monsun atau savana), memicu produksi metabolit sekunder lebih besar (Alba *et al.*, 2021; Wiyono, 2022). Selain itu, daun dengan umur lebih muda menghasilkan fenol lebih tinggi karena respons cepat terhadap stres, sedangkan buah matang mengandung lebih banyak polifenol akibat akumulasi kuinon selama pematangan (Alba *et al.*, 2021; Obulesu & Bhattacharya, 2011).

Tabel 1. Karakteristik bahan baku

Analisa	Kunyit	Daun Asam Jawa	Buah Asam Jawa
Kadar air (%)	9,57 ± 0,03*	5,41 ± 0,30*	9,62 ± 0,79*
pH	6,36 ± 0,18*	2,97 ± 0,04*	2,84 ± 0,01*
Aktivitas antioksidan IC ₅₀ (ppm)	68,11 ± 1,97*	326,73 ± 15,10*	223,44 ± 7,18**
Total polifenol (mg GAE/g)	175,62 ± 5,19*	29,10 ± 0,74*	29,44 ± 1,47*

Keterangan: Simbol * menunjukkan data merupakan rerata dari tiga ulangan ± standar deviasi; simbol ** menunjukkan data merupakan rerata dari dua kali ulangan ± standar deviasi.

Data Hasil Analisis

Hasil pengukuran respons sinom sediaan celup dengan 16 runs (**Tabel 2**) menunjukkan rentang kadar air 9,456–10,538%, pH diantara 3,08-3,35, serta rentang nilai inhibisi DPPH 22,59% - 39,18%. Hasil ANOVA keseluruhan respons dalam **Tabel 3** dan grafik 3D dalam **Gambar 1**.

Menurut hasil *analysis of variance* (ANOVA), model terpilih untuk kadar air adalah *cubic*, pH adalah *linear*, sementara inhibisi DPPH adalah spesial *quartic*. Model terpilih memiliki *p-value* kurang dari 0,05 sehingga semua model memengaruhi respons secara signifikan, dengan probabilitas eror kurang dari 5% (Nwose *et al.*, 2021). Nilai *lack of fit* menunjukkan *p-value*>0,05 sehingga model mampu menghasilkan respons yang baik atau ketidaksesuaian model tidak signifikan (Madondo *et al.*, 2022).

Kadar Air

Hasil analisis model kadar air dalam **Tabel 3** memiliki nilai *p-value*<0,05 pada komponen *linear model*, sehingga kadar air campuran sinom dipengaruhi oleh proporsi masing-masing variabel bebas tanpa ada interaksi signifikan. Persamaan aktual komponen bubuk kunyit (A) dan buah asam jawa (C) menunjukkan notasi positif sehingga penambahan bubuk kunyit dan buah asam jawa akan meningkatkan kadar air campuran sinom celup. Sementara itu, bubuk daun asam jawa (B) memiliki nilai

negatif sehingga semakin tinggi proporsi maka terjadi penurunan kadar air campuran sinom celup.

Tabel 2 dan **Gambar 1** menunjukkan kadar air lebih rendah pada formulasi sinom terjadi di area biru dengan proporsi daun asam jawa 23%. Nilai tertinggi ditunjukkan dengan warna merah di area buah asam jawa proporsi 47%. Menurut Wiyono *et al.*, (2024), penambahan proporsi bahan dengan kadar air lebih tinggi akan meningkatkan total kadar air campuran, sementara penambahan bahan dengan kadar air lebih rendah akan menurunkan total kadar air bahan. Bubuk daun asam jawa yang dianalisis memiliki kadar air 5,41% sehingga mampu menurunkan kadar air campuran jika ditambahkan pada bubuk kunyit dan buah asam jawa dengan kadar air lebih tinggi. Kadar air kunyit dan buah asam jawa tidak berbeda secara signifikan dalam **Tabel 1**, namun buah asam jawa dapat meningkatkan kadar air bahan lebih tinggi saat proporsi bahan A:B:C 33%:20%:47% dibanding kunyit saat proporsi A:B:C 47%:20%:33%. Cynthia *et al.*, (2015), menyatakan bubuk buah asam jawa lebih mudah menyerap air dan menggumpal akibat kandungan gula yang tinggi terutama gula pereduksi (glukosa dan fruktosa), serta mengandung senyawa yang bersifat hidrofilik. Mendukung pernyataan tersebut Mamathashree *et al.*, (2022), yang menganalisis beberapa varietas pulp buah asam menunjukkan kandungan gula

pereduksi sebesar 31,41-40,48%, asam tartarat 4,8 – 11,4 mg/100g dan triptofan 2,03-3,93 $\mu\text{g/g}$ yang bersifat hidrofilik akibat keberadaan gugus karboksil, hidroksil, dan amino.

pH

Persamaan aktual variabel bubuk kunyit (A), daun asam jawa (B), dan buah asam jawa (C) dalam **Tabel 3** menunjukkan notasi positif sehingga peningkatan proporsi masing-masing bahan berpengaruh pada peningkatan pH seduhan sinom sediaan celup. **Gambar 1(b)** menunjukkan, kunyit menyebabkan peningkatan pH dengan titik tertinggi warna merah pada proporsi 50%. pH terendah 3,1 menunjukkan proporsi daun dan buah asam jawa tertinggi yaitu 23% dan 47%. Hal ini dapat terjadi karena pH kunyit pada analisis bahan baku dalam Tabel 1

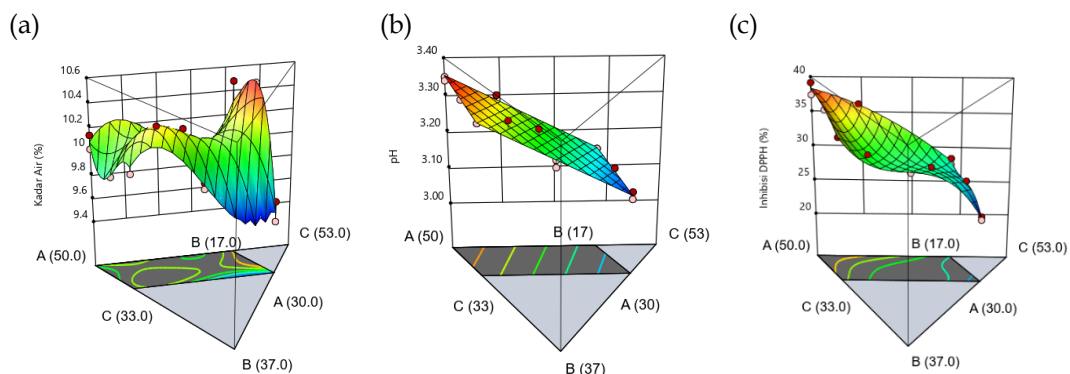
yaitu 6,36 (mendekati netral) sehingga memengaruhi peningkatan pH secara signifikan pada larutan asam (Sıçramaz 2025). Sementara itu, buah dan daun asam memiliki kandungan asam organik seperti asam asetat, asam sitrat, asam malat, asam tartarat, dan asam oksalat yang mampu meningkatkan konsentrasi ion hidrogen (H^+) dalam larutan sehingga terjadi penurunan pH secara signifikan (Astiningsih *et al.*, 2018; Mamathashree *et al.*, 2024; Syed *et al.*, 2014). Pencampuran kedua bahan mampu menurunkan konsentrasi ion hidrogen dalam seduhan akibat penurunan konsentrasi asam organik saat penambahan kunyit. Hal ini memberikan nilai pH campuran yang lebih tinggi dibanding pH masing-masing daun dan buah asam namun lebih rendah dibanding pH kunyit.

Tabel 2. Data hasil analisis formulasi sinom sediaan celup

Run	Komponen				Respons	
	Kunyit (%)	Bubuk Daun Asam Jawa (%)	Bubuk Buah Asam Jawa (%)	Kadar Air (%)	pH	Inhibisi DPPH (%)
1	47	20	33	9,87	3,32	36,66
2	50	17	33	10,02	3,35	39,18
3	37	23	40	9,79	3,17	29,30
4	36	17	47	10,16	3,15	27,58
5	45	17	38	10,17	3,30	36,23
6	36	17	47	10,48	3,15	28,44
7	33	20	47	10,54	3,13	26,66
8	37	23	40	9,85	3,19	29,40
9	42	22	37	10,30	3,28	31,12
10	50	17	33	10,14	3,34	37,46
11	44	23	33	9,98	3,29	34,25
12	44	23	33	10,11	3,29	34,22
13	30	23	47	9,63	3,08	22,59
14	37	20	44	10,13	3,16	28,65
15	30	23	47	9,46	3,10	23,08
16	40	20	40	10,21	3,24	29,42

Tabel 3. ANOVA respons sinom sediaan celup

Sumber	Respons		
	Kadar Air	pH	Inhibisi DPPH
Model	<i>Cubic</i> <i>P-value</i> 0,0075	<i>Linear</i> <i>P-value</i> <0,0001	<i>Special Quartic</i> <i>P-value</i> <0,0001
Persamaan	(Actual) Y(Kadar Air) = + 0,981048 A – 41,09571 B + 3,33836 C + 0,726505 AB – 0,061232 AC + 0,612952 BC – 0,005545 ABC – 0,005283 AB(A-B) + 0,000792 AC(A-C) + 0,003270 BC(B-C)	(Actual) Y(pH seduhan) = 0,040050 A + 0,029537 B + 0,025735 C	(Coded) Y(Inhibisi DPPH) = 38,32 A + 6,46 B + 20,49 C + 25,97 AB + 10,61 AC + 31,32 BC – 354,33 A ² BC + 325,32 AB ² C + 41,83 ABC ²
Linier Model	<i>P-value</i> 0,0057	<i>P-value</i> <0,0001	<i>P-value</i> <0,0001
Interaksi	<i>P-value</i> >0,1	-	A ² BC : <i>P-value</i> 0,0047 Interaksi lain <i>P-value</i> <0,0001
Lack of Fit	<i>P-value</i> 0,6506 <i>F-value</i> 0,2317	<i>P-value</i> 0,6506 <i>F-value</i> 0,2317	<i>P-value</i> 0,6506 <i>F-value</i> 0,2317
Mean	10,05	3,22	30,89
STD	0,1194	0,0127	0,5797
R ²	0,9304	0,9824	0,9937
Adjusted R ²	0,8261	0,9797	0,9865
Pred R ²	NA	0,9759	0,9612



Gambar 1. Grafik 3D respons (a) kadar air, (b) pH, (c) Inhibisi DPPH

Inhibisi DPPH

Analisis model inhibisi DPPH dalam **Tabel 3** memiliki nilai *p-value*<0,05 pada komponen *linear model* dan interaksi A²BC. Hal ini menunjukkan inhibisi DPPH sinom celup dipengaruhi oleh proporsi masing-masing variabel bebas (A, B, C) dengan interaksi tertentu (Madondo *et al.*, 2022). Persamaan *coded* masing-masing komponen kunyit (A), daun asam jawa (B),

buah asam jawa (C) menghasilkan nilai positif sehingga memiliki kontribusi dalam peningkatan Inhibisi DPPH. Interaksi dua komponen seperti kunyit dan daun asam jawa (AB), kunyit dengan buah asam jawa (AC), serta daun asam jawa dengan buah asam juga menunjukkan peningkatan Inhibisi DPPH. Interaksi tiga komponen dengan penekanan nilai A (A²BC) memberikan respons negatif, namun penekanan pada

nilai B (AB^2C) dan C(ABC^2) memberikan respons positif terhadap inhibisi DPPH.

Gambar 1(c) menunjukkan inhibisi DPPH tertinggi pada persentase kunyit 50% dengan area berwarna merah. Semakin tinggi nilai kunyit maka nilai Inhibisi DPPH juga akan meningkat. Sementara itu, nilai inhibisi DPPH terendah dengan warna biru tua dan biru muda terjadi saat proporsi daun asam jawa 17-23% dan buah asam jawa 47%. Menurut Mulyani *et al* (2016), interaksi antara kunyit dan daun asam jawa tidak memberikan efek sinergis, sehingga semakin tinggi penambahan daun asam menyebabkan penurunan inhibisi DPPH akibat senyawa antioksidan yang lebih lemah dibanding kurkumin dalam kunyit. Hal ini ditunjang dengan nilai IC_{50} dalam **Tabel 1**. Penambahan buah asam juga menyebabkan penurunan Inhibisi DPPH sinom sediaan celup. Menurut Krisnamurti (2020), campuran kurkumin dan prosianidin sebagai komponen bioaktif mayor dalam kunyit dan buah asam mampu menurunkan aktivitas enzim COX (*cyclooxygenase*) atau protein yang merespons peradangan. Kompleks kurkumin-prosianidin mampu menghambat enzim COX namun memiliki kekuatan interaksi yang lebih rendah dibanding masing-masing senyawa secara tunggal. Hal ini menyebabkan penurunan kinerja senyawa satu sama lain sehingga kekuatan ikatan dan kemampuan inhibisi enzim COX menurun.

Hasil Optimasi *Mixture Design D-Optimal*

Optimasi formula optimal dilakukan untuk memperoleh solusi terbaik berdasarkan variabel bebas dan respons yang telah dianalisis. Variabel bebas atau bahan baku diatur dengan kriteria *in range*. Parameter respons kadar air bubuk campuran sinom diatur *minimize* karena semakin rendah kadar air perubahan mutu selama penyimpanan dapat dicegah. pH diatur *in range* untuk mempertahankan karakteristik sensori produk, sementara inhibisi DPPH dipilih *maximize* untuk memperoleh minuman sinom dengan aktivitas antioksidan terkuat.

Hasil formulasi pada **Tabel 4** menunjukkan proporsi bubuk kunyit 48,393%; daun asam jawa 18,607%, dan buah asam jawa 33% dengan nilai *desirability* 0,772. *Desirability* merupakan angka yang menjelaskan seberapa baik formula optimum yang ditemukan terhadap respons (Krisnamurti, 2020). Rentang *desirability* 0 hingga, semakin mendekati 1 menunjukkan bahwa formula memberikan hasil terbaik terhadap semua respons sesuai kriteria yang diinginkan (Ruiz-Domínguez *et al.*, 2020).

Tabel 4. Nilai formulasi optimum sinom sediaan celup prediksi dan verifikasi

	Variabel			Respons		
	Kunyit (%)	Daun asam jawa (%)	Buah asam jawa (%)	Kadar air (%)	pH	Inhibisi DPPH (%)
Prediksi	48,393	18,607	33	9,829	3,337	37,681
Verifikasi	48,393	18,607	33	9,572±0,33	3,33±0,019	37,233±0,68
<i>P-value</i>				0,309	0,481	0,372

Analisis verifikasi dilakukan tiga kali ulangan ± standar deviasi

Verifikasi Hasil Optimum

Hasil respons prediksi dan verifikasi

Tabel 4 menunjukkan respons aktual persentase kadar air, pH, dan persentase inhibisi DPPH pada formula optimal adalah 9,572; 3,33; dan 37,233. Analisis *Paired t-test* dengan selang kepercayaan 95% menunjukkan *p-value* masing-masing respons adalah 0,309; 0,481; dan 0,372. Hasil tersebut menunjukkan nilai lebih besar dari 0,05 sehingga respons hasil analisis tidak menunjukkan perbedaan secara signifikan dengan prediksi. Oleh karena itu, model yang dipilih *Design Expert* 13 menunjukkan hasil yang sesuai dengan kondisi aktual penelitian (Mahdi *et al.*, 2022).

Karakteristik Formulasi Optimal

Kadar air merupakan salah satu aspek yang memengaruhi kualitas bahan baku rempah-rempah bubuk. Menurut Vidović *et al* (2013), kadar air maksimum rempah-rempah dalam produksi teh herbal berfiltrasi adalah 12% untuk mencegah pertumbuhan mikroorganisme dan degradasi komponen penting di dalamnya. SNI 01-3709-1995 juga menyatakan kadar air maksimum rempah-rempah bubuk adalah

12% sehingga proses pengeringan bahan baku telah dilakukan secara tepat dengan kadar air 9,572%.

Tabel 5 menunjukkan pH seduhan cenderung asam akibat total proporsi daun dan buah asam yang lebih besar dibandingkan kunyit. Penurunan pH mengindikasikan asam organik yang mampu mendonorkan proton (H^+) memiliki konsentrasi yang tinggi (Astiningsih *et al.*, 2018). Parameter warna seduhan dipengaruhi oleh proporsi bahan yang digunakan sehingga peningkatan konsentrasi kunyit mampu meningkatkan nilai L^* , a^* , dan b^* akibat keberadaan kurkurmin (Rashid *et al.*, 2022). Keberadaan daun asam jawa yang telah mengalami pembubukan mampu menurunkan nilai a^* dan b^* serta tidak memengaruhi L^* secara signifikan (Yogeswari *et al.*, 2016). Sementara itu, peningkatan buah asam pada seduhan berpengaruh pada penurunan nilai L^* , b^* , dan peningkatan nilai a^* akibat warna buah yang coklat kemerahan atau coklat tua akibat *browning* enzimatis dan reaksi Maillard sesuai lama penyimpanan bahan (Obulesu dan Bhattacharya, 2011).

Berdasarkan keterangan tersebut diketahui nilai L^* , a^* , dan b^* seduhan produk sinom formulasi optimal adalah kuning cerah.

Nilai IC_{50} 238,067 ppm menunjukkan aktivitas antioksidan seduhan tergolong sedang (Jumina *et al.*, 2019). Hasil tersebut sesuai dengan pernyataan Indradi *et al.* (2017), nilai total polifenol memiliki korelasi negatif dengan IC_{50} DPPH sehingga semakin tinggi nilai total polifenol maka semakin rendah nilai IC_{50} atau aktivitas penghambatan DPPH semakin kuat. Oleh karena itu, nilai IC_{50} yang cukup tinggi dalam **Tabel 5** dapat disebabkan oleh total polifenol seduhan yang cukup rendah yaitu 14,392 mg GAE/g.

Tabel 5. Karakteristik fisik dan kimia sinom celup formulasi optimal

Parameter	Hasil analisis
Kadar air (%)	$9,572 \pm 0,33$
pH	$3,33 \pm 0,019$
Warna	
L^*	$31,9 \pm 0,20$
a^*	$0,9 \pm 0,14$
b^*	$15,3 \pm 0,13$
IC_{50} (ppm)	$238,067 \pm 18,67$
Total polifenol (mg GAE/g)	$14,392 \pm 1,12$

Analisis dilakukan dengan tiga kali ulangan $\pm$ standar deviasi

Uji Hedonik

Tingkat kesukaan konsumen minuman sinom sediaan celup formulasi optimal dengan kode 766 dianalisis menggunakan uji hedonik dengan hasil dalam **Tabel 6**. Atribut warna kuning memiliki nilai 4,075 (suka) akibat keberadaan kurkumin yang memengaruhi

warna menjadi lebih cerah, kemerahan atau keorangean, serta lebih kuning (Rashid *et al.*, 2022). Hasil ini sesuai dengan penelitian Mulyani *et al.* (2014), panelis cenderung menyukai minuman sinom dengan warna kuning kecokelatan jernih.

Kejernihan seduhan dipengaruhi oleh waktu infusi, semakin lama waktu infusi maka terjadi peningkatan konsentrasi, penguraian, dan degradasi senyawa dalam seduhan (Polat *et al.*, 2022). Penyeduhan dengan rentang waktu 10 menit dan pencelupan sepuluh kali menunjukkan kejernihan yang agak disukai panelis.

Atribut aroma menunjukkan nilai agak suka pada rentang 3,038 – 3,085. Menurut Hasegawa *et al.* (2015), aroma khas kunyit secara khusus dipengaruhi oleh proporsi *ar-turmerone* dan *β -turmerone* dengan *α -curcumene*, dan *β -sesquihellandrene* dan alkohol. Atribut aromas asam disebabkan oleh keberadaan senyawa asam asetat, asam oktanoat dan senyawa seperti limonen, cymene, oktanal, dekanal, nonanal dengan aroma asam seperti lemon pada buah asam (Reuss *et al.* 2020; Wu *et al.* 2023). Aroma daun pada asam jawa disebabkan oleh senyawa *3-heptylacrolein*, *2-undecenal*, heksanal, dan nonanal (Reuss *et al.*, 2020; Wu *et al.*, 2023). Karakteristik aroma yang disukai panelis minuman sinom umumnya lebih dominan aroma kunyit sehingga aroma asam yang lebih dominan cenderung kurang disukai (Mulyani *et al.*, 2014).

Rasa pahit/getir dipengaruhi oleh senyawa turmeron, α -zingiberene, dan kurkumin dalam kunyit (Colic *et al.*, 2023; Sun *et al.*, 2023). Menurut Septiana *et al* (2018), minuman kunyit asam dengan rasa asam dan pahit yang tidak berlebihan cenderung disukai panelis. Nilai kesukaan 3,085 menunjukkan panelis agak menyukai rasa pahit/getir khas kunyit pada seduhan sinom formulasi optimal. Sementara itu, atribut rasa asam menunjukkan nilai 2,991 (tidak suka) akibat keberadaan asam organik yang cukup dominan tanpa penambahan gula (sukrosa) untuk menyeimbangkan rasa dan menurunkan keasaman produk (Junge *et al.*, 2020).

Sensasi segar atau kesegaran merupakan kombinasi dari penampakan, aroma, dan rasa yang memberikan persepsi menghilangkan dahaga atau membasahi mulut. pada produk minuman buah atau minuman ringan, peningkatan kesegaran berkaitan dengan sensasi dingin, rasa asam, warna jernih atau mencolok, aroma seperti mint, citrus, dan buah persik. Hasil kesukaan sensasi segar menunjukkan nilai 3,321 (agak suka) karena tidak terdapat faktor yang memengaruhi penurunan sensasi seperti kekeruhan, rasa manis, kekentalan, maupun aroma seperti cokelat (Roque *et al.*, 2018).

Aftertaste earthy dan pahit pada seduhan disebabkan oleh komponen monoterpen (α -phellandrene dan γ -terpinene), seskuiterpen (γ -Murolene dan

(6R,7R)-Bisabolone), dan komponen turmeron meliputi *ar-turmerone*, α -tumerone, β -turmerone dalam kunyit (Sun *et al.*, 2023). *Aftertaste* seduhan secara umum dipengaruhi konsentrasi senyawa fenolik dalam seduhan dan suhu air. Semakin tinggi kandungan senyawa fenolik dalam seduhan maka *aftertaste* pahit akan lebih kuat sehingga menghalangi flavor lain. Hal ini yang menyebabkan nilai kesukaan menurun. Penyeduhan dengan suhu lebih rendah waktu lebih lama mampu melemahkan *aftertaste* pahit dan *earthy* dibandingkan suhu tinggi waktu cepat akibat konsentrasi polifenol yang terekstrak lebih rendah (Acar *et al.*, 2022). Oleh karena itu, **Tabel 6** menunjukkan tingkat kesukaan *aftertaste* earthy dan pahit (agak suka) disebabkan oleh waktu penyeduhan 10 menit dan suhu penyeduhan 95°C.

Kesukaan keseluruhan dari seduhan sinom celup formulasi optimal menunjukkan nilai 3,292 (agak suka). Hal ini terjadi karena atribut kejernihan, aroma, rasa, dan *aftertaste* memiliki rentang nilai 2,991-3,745 (tidak suka-suka). Akan tetapi terdapat atribut warna dengan nilai 4,075 atau cenderung disukai oleh panelis.

Tabel 6. Hasil uji hedonik seduhan sinom formulasi optimal

Atribut Sensoris	Nilai Hedonik Formula Optimal
Warna kuning	4,075 ± 0,765
Kejernihan	3,745 ± 0,829
Aroma kunyit	3,038 ± 1,041
Aroma asam	3,047 ± 0,999
Aroma daun	3,104 ± 0,935
Rasa pahit/getir	3,085 ± 0,996
Rasa asam	2,991 ± 0,878
Sensasi segar	3,321 ± 1,000
Aftertaste earthy	3,198 ± 0,999
Aftertaste pahit	3,255 ± 1,070
Kesukaan keseluruhan	3,292 ± 0,915

KESIMPULAN

Kombinasi proporsi bubuk kunyit, daun, dan buah asam 48,393%; 18,607%; dan 33% dipilih sebagai formulasi optimum minuman sinom sediaan celup berdasarkan kadar air bubuk, pH seduhan, dan inhibisi DPPH ekstrak. Karakteristik fisik dan kimia sinom celup formulasi optimum adalah kadar air $9,572 \pm 0,33$; pH $3,33 \pm 0,0186$; warna (L^*) $31,9 \pm 0,20$; (a^*) $0,9 \pm 0,14$; (b^*) $15,3 \pm 0,13$; aktivitas antioksidan IC_{50} 238,067 ppm dan total polifenol $14,392 \pm 1,12$ mg GAE/g. Tingkat kesukaan seduhan sinom optimal secara keseluruhan menunjukkan nilai 3,292 (agak suka) dengan atribut warna 4,075 (suka), atribut aroma, rasa, sensasi, dan aftertaste berada di rentang (2,991- 3,745) tidak suka-agak suka.

DAFTAR PUSTAKA

Abbasi, Sedigheh, S. M. Mousavi, M. Mohebi, and Shirin, Kiani. 2009. "Effect of Time and Temperature on Moisture Content, Shrinkage, and Rehydration of Dried Onion Investigation of Physicochemical and

Microbial Characteristics of Tarkhineh (a Traditional Fermented Food) View Project Frying View Project." *Iranian Journal of Chemical Engineering* 6(3):57–70.

Abbaspour-gilandeh, Yousef, Mohammad Kaveh, Hamideh Fatemi, and Muhammad Aziz. 2021. "Combined Hot Air , Microwave , and Infrared Drying of on Drying Time , Energy , Qualitative , and Bioactive." *Foods*. 10(1006): 1-18.

Acar, Aysenur, Merve Aydin, and Derya Arslan. 2022. "Development of Infusion Tea Formulations with Food Wastes : Evaluation of Temperature and Time Effects on Quality Parameters." *Applied Food Research* 2(100087):1–8.

Akter, Jesmin, Amzad Hossain, Kensaku Takara, and Zahorul Islam. 2018. "Antioxidant activity of different species and varieties of turmeric (*Curcuma* spp): Isolation of active compounds". *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*. 215(1): 9-17.

Alba, T. M., E. Tessaro, and A. M. Sobottka. 2021. "Seasonal Effect on Phenolic Content and Antioxidant Activity of Young , Mature and Senescent Leaves from *Anredera Cordifolia* (Ten .) Steenis (Basellaceae)." *Brazilian Journal of Biology* 84:1–8.

Astiningsih, R., B. Irawan, and A. Noerdin. 2018. "Effect of Turmeric Tamarind Solution on Surface Roughness of Conventional Glass Ionomer Cement Effect of Turmeric Tamarind Solution on Surface Roughness of Conventional Glass Ionomer Cement." *The 2nd Physics and Technologies in Medicine and Dentistry Symposium* 1073:1–5.

Badan Standarisasi Nasional. 1992. SNI 01-2891-1992 Cara Uji Makanan dan

- Minuman.
- Colic, Mirela L., Martina Antunovi, Marko Jukic, Ivana Popovic, and Jasmina Lukinac. 2023. "Sensory Acceptance and Characterisation of Turmeric- and Black-Pepper-Enriched Ice Cream." *Applied Sciences* 13(11802):1–19.
- Cynthia, S. J., John Don Bosco, Soumya Bhol. 2015. "Physical and Structural Properties of Spray Dried Tamarind (*Tamarindus Indica* L.) Pulp Extract Powder with Encapsulating Hydrocolloids." *International Journal of Food Properties* 18(8):1793–1800.
- Deepak, Umadevi S., D. K. Hiremath, Krushna Yadav, and M. Suguna. 2016. "Nutrient Composition of Dehydrated Tender Tamarind Leaves (*Tamarinds Indicia* L.) Powder." *Indian Journal of Science and Technology* 9(37):1–4.
- Elwekeel, Ahlam, Marwa H. A. Hassan, Ebtihaj Almutairi, Maryam Alhammad, Farah Alwhbi, Mohamed Sadek Abdel-bakky, Elham Amin, and Enas I. A. Mohamed. 2023. "Molecular Docking Analyses of Non-Polar Extracts from Five *Salsola* Species." *Separations*. 10(72):1-15.
- Emelike, Nkechi-Juliet Tamuno. 2020. "Functional and Physicochemical Properties of Turmeric Powder as Affected by Processing Methods." *Asian Food Science Journal* 19(2):1–10.
- Estiasih, Teti, Jaya Mahar Maligan, Jatmiko Eko Witoyo, Adilla Aisyah Hana Mu'alim, Kgs Ahmadi, Tunjung Mahatmanto, and Elok Zubaidah. 2024. "Indonesian Traditional Herbal Drinks: Diversity, Processing, and Health Benefits." *Journal of Ethnic Foods in Review*.
- Fagbemi, Kehinde Oluwakemi, Daniel Ayandiran Aina, Morenike Olutunmbi, Adeoye Isijola, Kubendran Kista Naidoo, and Roger Murugas Coopoosamy. 2022. "Bioactive Compounds , Antibacterial and Antioxidant Activities of Methanol Extract of Tamarindus." *Scientific Reports* (0123456789):1–12.
- Gomathi, Rajkumar, Nagarajan Anusuya, Chinnasamy Chitravadivu, and Sellamuthu Manian. 2011. "Antioxidant Activity of Lettuce Tree (*Pisonia Morindifolia* R . Br .) and Tamarind Tree (*Tamarindus Indica* L .) and Their Efficacy in Peanut Oil Stability." 20(6):1669–77.
- Hasegawa, Toshio, Kenta Nakatani, Takashi Fujihara, and Hideo Yamada. 2015. "Aroma of Turmeric: Dependence on the Combination of Groups of Several Odor Constituents." *Natural Product Communications* 10(6):1047–50.
- Hong, Hung Trieu, Julius Rami, Michael Rychlik, and Tim J. O. Hare. 2025. "Phytochemicals , Organic Acid , and Vitamins in Red Rhapsody Strawberry — Content and Storage Stability." *Foods*. 14(379): 1-12.
- Indradi, Raden Bayu, Irda Fidrianny, and Komar Ruslan Wirasutisna. 2017. "DPPH Scavenging Activities and Phytochemical Content of Four Asteraceae DPPH Scavenging Activities and Phytochemical Content of Four Asteraceae Plants." *Internasional Journal of Pharmacognosy and Phytochemical*. 9(6):1–6.
- Internasional Organization for Standarization. ISO 1450-1:2005 Determination of substances characteristic of green and black tea Part 1: Content of total polyphenols in tea — Colorimetric method using Folin-Ciocalteu reagent.
- Irwinsyah, Asrul D: Assa, J R; Oessoe, Yoakhin Y. .. 2021. "Analisis Aktivitas Antioksidan dengan Metode DPPH serta Tingkat Penerimaan Kopi Arabika Koya." *Cocos* 14(1):1–10.

- Jittanit, Weerachet, Maythawee Chantara-in, Tithiya Deying, and Wantanee Ratanavong. 2011. "Production of Tamarind Powder by Drum Dryer Using Maltodextrin and Arabic Gum as Adjuncts." *Songklanakarin J. Sci. Technol.* 33(1):33–41.
- Jumina, Dwi Siswanta, Abdul Karim Zulkarnain, Sugeng Triono, Priatmoko, Emmy Yuanita, Arif Cahyo Imawan, Nela Fatmasari, and Ikhsan Nursalim. 2019. "Development of C-Arylcax[4]Resorcinarenes and C-Arylcax[4]Pyrogallolarenes as Antioxidant and UV-B Protector." *Indones. J. Chem* 19(2):273–84.
- Junge, Jonas Yde, Anne Sjoerup Bertelsen, Line Ahm Mielby, Yan Zeng, Yuan-xia Sun, Derek Victor Byrne, and Ulla Kidmose. 2020. "Taste Interactions between Sweetness of Sucrose and Sourness of Citric and Tartaric Acid among Chinese and Danish Consumers." *Foods*. 9(1425): 1-18.
- Kabede, Belay H., Fikreyesus Sirawdink Forsido, Yetenayet B. Tola, and Tessema Astatkie. 2021. "Heliyon Free Radical Scavenging Capacity , Antibacterial Activity and Essential Oil Composition of Turmeric (Curcuma Domestica) Varieties Grown in Ethiopia." *Heliyon* 7(2):1–8.
- Kementerian Kesehatan republik Indonesia, 2018. Laporan Nasional RISKESDAS 2018.
- Komonsing, Nilobon, Pramote Khuwijtjaru, Marcus Nagle, Joachim Müller, and Busarakorn Mahayothee. 2022. "Effect of Drying Temperature Together with Light on Drying Characteristics and Bioactive Compounds in Turmeric Slice." *Journal of Food Engineering*. 317(110695): 1-10.
- Krisnamurti, Gabriella Chandrakirana. 2020. "Combination of Curcumin from Curcuma Longa and Procyanidin from Tamarindus Indica in Inhibiting Cyclooxygenases for Primary Dysmenorrhea Therapy: In Silico Study." *Biointerface Research in Applied Chemistry* 11(1):7460–67.
- Kusuma, Aris Perdana. 2018. "Science & Technology Indonesia Flexibility of Custom Design over Simplex Lattice Design in Co-Processed." *Science & Technology Indonesia* 3(1):30–34.
- Kusumaningsih, P; Wiradnyani, NK. 2019. "Identifikasi Fraksi Air Senyawa Antioksidan Minuman Sinom." *Jurnal Kesehatan Terpadu* 3(1):36–43.
- Leng, Lee Yit, Abdul Razak Shaari, Norawanis Abdul Razak, and C. Y. Khor. 2017. "Antioxidant Capacity and Total Phenolic Content of Fresh , Oven-Dried and Stir-Fried Tamarind Leaves." *Current research in Nutrition and Food Science Journal*. 5(3): 282-287.
- Madondo, Nhlanguiso Ivan, Sudesh Rathilal, and Babatunde Femi Bakare. 2022. "Utilization of Response Surface Methodology in Optimization and Modelling of a Microbial Electrolysis Cell for Wastewater Treatment Using Box – Behnken Design Method." *Catalysts* 12(1052):1–20.
- Mahdi, Sulaiman Akbar, Made Astawan, N. U. R. Wulandari, Tjahja Muhandri, Tutik Wresdiyati, and Andi Early Febrinda. 2022. "Optimization and Physicochemical Characterization of Tempe Drink Powder." *Current Research in Nutrition and Food Science Formula*. 10(3): 1178-1195.
- Maithilikarpagaselvi, Nachimuthu, Magadi Gopalakrishna Sridhar, and Ramalingam Sripradha. 2020. "Evaluation of Free Radical Scavenging Activities and Phytochemical Screening of Curcuma Longa Extracts." *J. Young Pharm.* 12(2):113–117..

- Mamathashree, M. N., B. G. Prakash, and B. Fakrudin. 2022. "Genetic Variability for Biochemical Parameters among Identified Distinct Genotypes of Tamarind (*Tamarindus Indica* L .) in Niche Areas of Karnataka." *The Pharma Innovation Journal*.11(3):2111–18.
- Mamathashree, MN, B. Fakrudin, and BG Prakash. 2024. "Organic Acid Profiling in Tamarind (*Tamarindus Indica* L .) Genotypes by High-Performance Liquid Chromatography." *International Journal of Advanced Biochemistry Research*. 8(8):1452–58.
- Markandan, Shalini, Aminah Abdullah, Khalid Hamid Musa, and Vimala Subramaniam. 2016. "Determination of Antioxidant Activities , Total Phenolic and Flavanoid Contents in Bougainvillea Glabra Bracts at Various Methanol Concentrations Determination of Antioxidant Activities , Total Phenolic and Flavanoid Contents In." *AIP Conference Proceedings* 1784(030038):1–8.
- Mbunde, Mourice, Robinson H. Mdegela, H. S. Laswai, And F. P. Mabiki. 2018. "Quantification of Phenolics, Flavonoids and Antioxidant Activity of *Tamarindus Indica* from Selected Areas in Tanzania." *Journal of Ethnic Foods* 16(1):22–28.
- Milenkovi, Aleksandra, Goran Nikoli, and Zoran S. Ili. 2025. "The Effect of Extraction Technique on the Yield , Extraction Kinetics and Antioxidant Activity of Black Pepper (*Piper Nigrum* L .) Ethanolic Extracts." *Horticultrae*. 11(125): 1-29.
- Mulyani, Sri, Bambang H. Admadi, N. Semadi Antara, and I. N. Kencana Putra. 2016. "An Assessment of Antioxidant Characteristics from Different Ratios Of Turmeric and Tamarind (*Curcuma Domestica* Val .-*Tamarindus Indica* L .) Leaves Extracts." *Australian Journal of Basic and Applied Science* 10(14):347–53.
- Mulyani, Sri, Bambang Admadi Harsojuwono, and Gusti Ayu Kadek Diah Puspawati. 2014. "Potensi Minuman Kunyit Asam (*Curcuma Domestica* Val . Sebagai Minuman Kaya Antioksidan." *Agritech* 34(1):65–71.
- Novita, Anggita Dhea, Rima Azara, Syarifa Ramadhani Nurbaya, and Rahmah Utami. 2022. "The Effect of The Proportion of Termuric Tamarind and Carageenan on The Characteristics of Turmeric Tamarind Jelly Drink." *Journal of Tropical Food and Agroindustrial Technology*. 03(02):53–64.
- Nwodo, Uchechukwu U., Grace E. Obiiyeke, Vincent N. Chigor, and Anthony I. Okoh. 2011. "Assessment of *Tamarindus Indica* Extracts for Antibacterial Activity." *Int. J. Mol. Sci*. 12: 6385–6396.
- Nwose, Sebastian Azonewu, Francis Odikpo Edoziuno, and Sylvester O. Osuji. 2021. "Algerian Journal of Engineering and Statistical Analysis and Response Surface Modelling of the Compressive Strength Inhibition of Crude Oil in Concrete Test Cubes." *Algerian Journal of Engineering and Technology* 04:99–107.
- Obulesu, M., and Sila Bhattacharya. 2011. "Color Changes of Tamarind (*Tamarindus Indica* L .) Pulp During Fruit Development , Ripening , and Storage." *Intt Journal of Food Properties* 14:538–49.
- Parmar, Ravina G., Mukesh N. Dabhi, and Pankaj J. Rathod. 2024. "Effect of Drying Temperature on Proximate Components of Turmeric Rhizome in Tray Dryer." *South Florida Journal of Environmental and Animal Science* 3(4):174–81.

- Phuyal, Nirmala, Pramod Kumar Jha, Pankaj Prasad Raturi, and Sangeeta Rajbhandary. 2020. "Total Phenolic , Flavonoid Contents , and Antioxidant Activities of Fruit , Seed , and Bark Extracts of *Zanthoxylum Armatum* DC." *The Scientific World Journal*. 2020: 1-7.
- Polat, Atilla, Zuhail Kalcıoglu, and Nihat Müezzinoğlu. 2022. "International Journal of Gastronomy and Food Science Effect of Infusion Time on Black Tea Quality , Mineral Content and Sensory Properties Prepared Using Traditional Turkish Infusion Method." *International Journal of Gastronomy and Food Science* 29:1–8.
- Prabowo, Muhammad Farros, Mohammad Prasanto Bimantio, and Reni Astuti Widoyanti. 2022. "Formulasi Teh Rempah Dengan Penambahan Pewarna Alami." *Journal of Bioenergy and Food Technology*. 1(01):20–39.
- Prangpru, Nartchanok, Tawarat Treeamnuak, Kaattisak Jaito, and Benjawan Vanmontree. 2017. "Effect of Temperature on the Physicochemical Properties of Tamarind (*Tamarindus Indica*) Powder." *International Journal of Food Engineering* 3(2):127–31.
- Raghavendra, M., A. Madhusudhana Reddy, Pulala Raghuvver Yadav, Raju A. Sudharshan, and L. Siva Kumar. 2018. "Comparative Studies on the in Vitro Antioxidant Properties of Methanolic Leafy Extracts from Six Edible Leafy Vegetables of India." *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research* 6(3):96–99.
- Rajkumar, P., J. Deepa, and C. Indu Rani. 2023. "Mathematical Modeling on Drying of Tamarind Fruits Mathematical Modeling on Drying of Tamarind Fruits." *Journal of Scientific & Industrial Research*. 82: 661-670.
- Rashid, Siti Nor Azlina Abd, Rosnani Hasham, Zaitul Iffa Abd Rashid, Kian Kai Cheng, Aisyah Ab Aziz, Nazree Shafin, and Ab Aziz Kaprawi. 2022. "Materials Today : Proceedings Formulation and Characterization of the Physicochemical , Antioxidant Activity and Sensory Attributes of Curcuma-Based Herbal Drink." *Materials Today: Proceedings* 57:1061–66.
- Reuss, Laura, Shi Feng, Wei-lun Hung, Qibin Yu, Frederick G. Gmitter Jr, and Yu Wang. 2020. "Analysis of Flavor and Other Metabolites in Lemon Juice (*Citrus Limon*) from Huanglongbing-Affected Trees Grafted on Different Rootstocks." *Journal of Food and Drug Analysis*. 28(2): 261-271.
- Rizeki, Nurina Widya; Olivia Zora. 2021. "Potensi Minuman Sinom Terhadap Perubahan Kadar Asam Urat Tikus Hiperurisemia." *Jurnal Gizi* 2(1):1–9.
- Roque, Jérémy, Malika Auvray, and Jérémie Lafraire. 2018. "Understanding Freshness Perception from the Cognitive Mechanisms of Flavor : The Case of Beverages." *Fronti. Psychol.* 8:1–14.
- Ruiz-Domínguez, Mari Carmen, Pedro Cerezal, Francisca Salinas, Elena Medina, and Gabriel Renato-castro. 2020. "Applied Sciences Application of Box-Behnken Design and Desirability Function for Green Prospection of Bioactive Compounds from Isochrysis Galbana." *Applied Sciences* 10(2789):1–17.
- Septiana, A. T., I. Sitoresmi, and P. s Dewi. 2018. "Sensory Evaluation, Antioxidant Activity and Total of Microbial of Tamarind- Turmeric Herbal Drink during the Storage of Refrigerator Temperature at Various Packaging." *Food Reseach* 2(4):391–97.

- Septiyani, Retnosyari, and Elok Rahmawati. 2019. "Perbedaan Aktivitas Antioksidan Pada Minuman Tradisional Wedang Uwuh Perbedaan Aktivitas Antioksidan Pada Minuman Tradisional Wedang Uwuh Original , Seduh , Celup , Instan Dan Sirup." *CHEMICA: Jurnal Teknik Kimia* 6(1):23–29.
- Shamim, N., V. Paul, and A. Paul. 2023. "The Accelerated Stability Study of Herbal Digestive Powder -an the Accelerated Stability Study of Herbal Digestive Powder - an Ayurvedic Formulation. *AIAAS*. 20:292-296.
- Siagian, Indri Desy Natalia Siagian, Valentinus Priyo Bintoro, and Nurwantoro. 2019. "Karakteristik Fisik , Kimia Dan Organoleptik Teh Celup Daun Tin Dengan Penambahan Daun Stevia (*Stevia Rbaudiana Bertoni*) Sebagai Pemanis." *Jurnal Teknologi Pangan* 4(1):23–29.
- Singh, Kanjana, Somdet Srichairatanakool, Teera Chewonarin, Adchara Prommaban, Rajnibhas Sukeaw Samakradhamrongthai, Margaret Anne Brennan, Charles Stephen Brennan, and Niramom Utama-ang. 2022. "Antioxidant Activities and Anti-Cancer Efficiency (In Vitro) from Turmeric Rhizomes (*Curcuma Longa L.*)." *Foods*. 11(3633): 1-11.
- Sıçramaz, Hatice. 2025. "Turmeric-Enriched Yogurt : Increased Antioxidant and Phenolic Contents." *fermentation*. 11(127): 1-14.
- Sulistiyani, Martin, Widhi Mahatmanti, Nuril Huda, and Ridho Prasetyo. 2024. "Indonesian Journal of Chemical Science Optimization of Microplate Type Uv-Vis Spectrophotometer Performance as an Antioxidant Activity Testing Instrument." 13(1): 93-102.
- Sun, Xiuxiu, Peter A. Follett, Marisa M. Wall, Keegan S. Duff, Xiaohua Wu, Chang Shu, Anne Plotto, Peishih Liang, and Dara G. Stockton. 2023. "Turmeric-Fortified Pineapple Juice Beverage." *Foods*. 12(2323): 1-13.
- Susilo, Bambang, Dheniz Fajar Akbar, and Sumardi Hadi Sumarlan. 2018. "Analisa Rasio Massa Rimpang Kunyit (*Curcuma Longa L.*) Dan Analysis of the Ratios of Mass of Turmeric (*Curcuma Longa L.*) and Sinom Leaves (*Tamarindus Indica L.*) in Production Process of Sinom Legen Beverage Powder PT . Petrokimia Gresik with Treatmen." *Jurnal Keteknikaan Pertanian Tropis Dan Biosisten* 6(2):179–88.
- Swetha, G., and S. Hemalatha. 2023. "International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences Physico-Chemical Composition of Tender and Mature Tamarind Leaves." *Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci*. 12(3):46–51.
- Syed, Sairah, Zammurad Iqbal Ahmed, Muhammad Imran Al-haq, and Ashiq Mohammad. 2014. "The Possible Role of Organic Acids as Allelochemicals in *Tamarindus Indica L.* Leaves." *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B — Soil & Plant Science* 64(6): 511-517.
- Tril, Urszula, Juana Fernández-lópez, José Ángel, Pérez Álvarez, and Manuel Viuda-martos. 2014. "Antioxidant Properties of Rich-Fibre Powder Extract Obtained from Tamarind (*Tamarindus Indica L.*)." *Industrial Crops & Products* 55:155–62.
- Vidović, Senka, Dragoljub Cvetkovic, Milica Ramić, Mirjana Dunjić, Radomir Malbaša, Aleksandra Tepić, Zdravko Šumić, Aleksandra Velićanski, and Stela Jokić. 2013. "Screening of Changes in Content of Health Benefit Compounds, Antioxidant Activity and Microbiological Status of Medicinal Plants during the Production of

- Herbal Filter Tea." *Industrial Crops and Products* 50:338–45.
- Vuong, Quan V., Hong Ngoc Thuy Pham, and Christopher Negus. 2022. "From Herbal Teabag to Infusion—Impact of Brewing on Polyphenols and Antioxidant Capacity." *Beverages* 8(4):1–13.
- Winiarska-mieczan, Anna; Baranowska-Wójcik, Ewa. 2024. "Applied Sciences The Effect of Brewing Time on the Antioxidant Activity of Tea Infusions." *Appl. Sci* 14:1–11.
- Wiradnyani, N. K. 2018. "Dosage Antioxidant Drink Sinom of β Cell Langerhans Islet White Mice Sprague Dawley Diabetes Mellitus." *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 434(1): 1-5.
- Wiyono, Andi E., Nita Kuswardhani, Nidya S. Mahardika, Eka Ruriani, Ika Sulistyani, Miftahul Choiron, and Dian Purbasari. 2024. "Proses Pembuatan Serbuk Minuman Tradisional Dari Rempah Dan Non-Dairy Creamer Melalui Foam Mat Drying Process Engineering of Powdered Traditional Drinks from Spices." *Jurnal Teknologi Pertanian* 13:235–46.
- Wiyono, Tri. 2022. "UHPLC-ESI-MS Analysis of Javanese *Tamarindus Indica* Leaves from Various Tropical Zones and Their Beneficial Properties in Relation to Antiobesity." *Journal of Applied Pharmaceutical Science*. 12(08):137–47.
- Wu, Qihao, Wei Jiang, Jianyun Yang, Xiaoxi Si, Aoer Yi, Mingjing Wang, Ying Zhao, Shaoyun Shan, and Fengmei Zhang. 2023. "Journal of Food Composition and Analysis Effect of Solvent Extraction on the Key Aroma Components of *Tamarindus Indica* L. Pulp." *Journal of Food Composition and Analysis* 123(105613): 1-14.
- Yogeswari, Murugan, Badlishah Sham Baharin, and Palanivel Ganesan. 2016. "Effect of Room Temperature Storage on the Physicochemical and Antioxidant Properties of Oven Dried Young Tamarind Leaves (*Tamarindus Indica*) Chutney Powder." *Indian Journal of Science and Technology*. 9(48): 1-8. .
- Zen, Nur I. M, Siti Salwa Abd Gani Gani, Rosnah Shamsudin, and Hamid Reza Fard Masoumi. 2015. "The Use of D-Optimal Mixture Design in Optimizing Development of Okara Tablet Formulation as a Dietary Supplement." *The Scientific World Journal* 2015:1–7.
- Zheng, Zhian, Shanyu Wang, Chujie Zhang, Min WU, Dezhou Cui, Xiaosong Fu, Lei Gao, Aichao Li, Qing Wei, and Ziliang Liu. 2023. "And Quality Attributes of *Ophiopogonis Radix*." *Foods* 12(1441):1–14.
- Zubaidah, E, Camelia N. Dewi, Ezza Selisa Yua, and Nazhifah Vitya Putri. 2024. "Microbiology, Antioxidant, and Antibacterial Activity of Sinom Kombucha." *Advances in Food Science, Sustainable Agriculture and Agroindustrial Engineering* 7:56–66.