

**ANALISIS METABOLOMIK *UNTARGETED* PADA KACANG BUNCIS  
PUTIH, KOMAK, KORO BENGUK, DAN MERAH MENGGUNAKAN  
INSTRUMENTASI UHPLC-ESI-QTOF**

**SKRIPSI**

Diajukan untuk memenuhi sebagian syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains  
Program Studi Kimia



**Oleh:**

**Shelina Lauren**

**1804860**

**KELOMPOK BIDANG KAJIAN MAKANAN  
PROGRAM STUDI KIMIA  
DEPARTEMEN PENDIDIKAN KIMIA  
FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA  
DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA  
BANDUNG  
2022**

**ANALISIS METABOLOMIK *UNTARGETED* PADA KACANG BUNCIS  
PUTIH, KOMAK, KORO BENGUK, DAN MERAH MENGGUNAKAN  
INSTRUMENTASI UHPLC-ESI-QTOF**

Oleh  
Shelina Lauren

Sebuah skripsi yang diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar  
Sarjana Sains pada Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

© Shelina Lauren  
Universitas Pendidikan Indonesia  
Agustus 2022

Hak Cipta dilindungi Undang - Undang  
Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruh atau sebagian,  
Dengan dicetak ulang, difotokopi, atau cara lainnya tanpa izin dari penulis.

**LEMBAR PENGESAHAN****ANALISIS METABOLOMIK *UNTARGETED* PADA KACANG BUNCIS  
PUTIH, KOMAK, KORO BENGUK, DAN MERAH MENGGUNAKAN  
INSTRUMENTASI UHPLC-ESI-QTOF**

Oleh,

Shelina Lauren

1804860

Disetujui oleh,

Pembimbing 1,

Amelinda Pratiwi, M.Si.

NIP. 920200419910505201

Pembimbing 2,

Dr. Siti Aisyah, M.Si.

NIP. 197509302001122001

Mengetahui,

Ketua Departemen Pendidikan Kimia FPMIPA UPI

Dr. Hendrawan, M.Si.

NIP. 196309111989011001

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “**Analisis Metabolomik *Untargeted* pada Kacang Buncis Putih, Komak, Koro Benguk, dan Merah Menggunakan Instrumentasi UHPLC-ESI-QTOF**” beserta seluruh isinya adalah benar-benar karya saya sendiri. Saya tidak melakukan pengutipan atau penjiplakan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan ini, saya siap menerima risiko atau sanksi apabila kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran etika keilmuan atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya saya.

Bandung, Agustus 2022

Yang membuat pernyataan,



Shelina Lauren

## UCAPAN TERIMA KASIH

*Bismillahirrahmanirrahim*, dengan menyebut nama Allah yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puja dan puji hanya milik Allah SWT, Tuhan semesta alam. Penulis meyakini sepenuhnya bahwa Dia-lah yang memberikan penghidupan yang layak, berkah yang tiada putus-putusnya, serta berbagai kenikmatan yang melimpah. Shalawat dan salam penulis sampaikan semoga senantiasa tercurahkan kepada junjungan kita Nabi Besar Muhammad SAW beserta keluarga, para sahabat, dan seluruh pengikutnya yang telah berjuang merubah kehidupan dunia dari zaman Jahiliyah menuju zaman yang intelektual dan bermoral.

*Al-hamdu lillahi rabbil 'alamin* puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, ridho, petunjuk, serta karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dan penulisan skripsi yang berjudul “**Analisis Metabolomik Untargeted pada Kacang Buncis Putih, Komak, Koro Benguk, dan Merah Menggunakan Instrumentasi UHPLC-ESI-QTOF**” dengan sebaik-baiknya. Penulis menyadari benar bahwa dalam penulisan skripsi ini banyak hambatan serta rintangan yang penulis hadapi, namun pada akhirnya dapat dilalui berkat adanya berbagai pihak yang turut membantu dan membimbing penulis. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak yang telah membimbing dan membantu selama penulisan skripsi ini, diantaranya kepada:

1. Tuhan Yang Maha Esa Allah Subhanahu wa Ta’ala yang telah memberikan rahmat dan hidayah-nya sehingga penulis diberi kesehatan, kelancaran, dan kekuatan hingga dapat menyelesaikan skripsi ini.
2. Bapak Sumbodo dan Ibu Eti Nurjanah selaku orang tua dari penulis yang selalu mendoakan dan menjadi *support system* baik materil dan moril dalam penyusunan skripsi.
3. Yth. Ibu Amelinda Pratiwi, M.Si. selaku dosen pembimbing 1 yang telah meluangkan banyak waktu dan selalu memberikan bimbingan serta pengarahan sebaik-baiknya kepada penulis sehingga skripsi ini selesai tepat pada waktunya.

4. Yth. Ibu Dr. Siti Aisyah, S.Pd., M.Si. selaku dosen pembimbing 2 yang telah meluangkan banyak waktu dan selalu memberikan bimbingan serta pengarahan sebaik-baiknya kepada penulis sehingga skripsi ini selesai tepat pada waktunya.
5. Yth. Bapak Dr. Hendrawan, M.Si. selaku Ketua Departemen Pendidikan Kimia FPMIPA UPI yang selalu siap memberikan arahan yang baik serta memberikan semangat kepada penulis sehingga skripsi ini selesai tepat pada waktunya.
6. Yth. Ibu Dr. Fitri Khoerunnisa, M.Si. selaku Ketua Program Studi Kimia FPMIPA UPI yang selalu siap memberikan arahan yang baik serta memberikan semangat kepada penulis sehingga skripsi ini selesai tepat pada waktunya.
7. Fazaliqa Aulia selaku *support system* dan motivator penulis yang selalu membuat penulis semangat dalam penyusunan skripsi.
8. Dafa Darmawan selaku adik dari penulis yang selalu memberikan dukungan baik materil maupun moril.
9. Agil Aprianto, Vivi Hasna Fatinah, dan Zahra Novyani selaku tim pada proyek penelitian yang selalu membangkitkan semangat dan *sharing* terkait penelitian yang dilakukan oleh penulis sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
10. Ade Indri Jamiati, Hanif Nur Purnamasari, Nedy Tresna Dwi Hidayah, dan Salsabila Rivanny Alexandra selaku sahabat yang telah memberikan dukungan dan semangat sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
11. Teman-teman kelas Kimia D-2018 yang selalu memberikan masukan serta dukungan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.

Penulis telah berusaha untuk memberikan hasil yang terbaik, namun tentunya penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan segala kritik dan saran yang membangun untuk dijadikan acuan dan pelajaran supaya lebih baik di kemudian hari. Semoga skripsi yang telah disusun oleh penulis dapat memberikan manfaat bagi para pembaca sekalian.

## ABSTRAK

Indonesia merupakan negara yang mempunyai beragam jenis kacang-kacangan lokal seperti kacang buncis putih (KBP), kacang komak (KK), kacang koro benguk (KKB), dan kacang merah (KM). Kacang-kacangan lokal ini telah banyak diteliti kandungan nutrisinya, namun kelemahan utamanya yaitu mengandung senyawa antinutrisi yang dapat menyebabkan gangguan utilisasi nutrien dalam tubuh. Pada penelitian ini kacang-kacangan lokal dianalisis untuk mengetahui profil metabolit *untargeted* dan hubungan kekerabatan antar spesies berdasarkan sebaran metabolitnya menggunakan instrumentasi UHPLC-ESI-QTOF. Data hasil evaluasi instrumen UHPLC-ESI-QTOF diinterpretasikan menggunakan analisis kemometrik untuk mengelompokkan setiap legum berdasarkan profil metabolit *untargeted* dengan model SAM, PCA, PLS-DA, dan HCA. Hasil analisis SAM menunjukkan bahwa terdapat 16 metabolit sekunder yang berpengaruh signifikan pada sampel legum. Plot skor PCA menunjukkan dua kelompok berbeda pada kacang-kacangan lokal dengan total varian sebesar 43,2% (PC1 = 29,2% dan PC2 = 14%). Model PLS-DA menunjukkan hasil yang lebih baik dalam mengelompokkan sampel, setiap legum terpisah satu dengan yang lain dalam model ini. Teridentifikasi sebanyak 26 metabolit pembeda yang mampu membedakan antar sampel legum. Sampel KBP dapat dibedakan dengan sampel legum lain berdasarkan kandungan senyawa kuersetin dan ester asam alfa amino. Sampel KK dibedakan berdasarkan kelompok ester asam lemak, senyawa organooksigen (alkil-fenilketon, enon, dan senyawa O-glikosil) dan disulfida organik. Sampel KKB dibedakan berdasarkan hidrokuinolon dan turunan asam kumarat. Sampel KM dibedakan berdasarkan kelompok senyawa organonitrogen, alkilamina, kolesterol, asam N-asil-alfa amino, lipid prenol, senyawa heterosiklik, senyawa organoheterosiklik, hidrokarbon aromatik, turunan steroid, dan tanin. Hasil analisis HCA menunjukkan bahwa KM dan KBP memiliki kekerabatan yang berdekatan, sedangkan KK lebih dekat kekerabatannya dengan KKB. Hal ini disebabkan karena KM dan KBP merupakan spesies legum yang sama yaitu *P. vulgaris* L. namun berbeda varietas.

**Kata kunci:** kacang-kacangan lokal, profil metabolit *untargeted*, UHPLC-ESI-QTOF

### ABSTRACT

Indonesia is a country that has various types of local beans such as white bean (KBP), lablab bean (KK), velvet bean (KKB), and red kidney bean (KM). These local beans have been widely studied for their nutritional content, but the main weakness is that they contain anti-nutritional compounds that can cause interference with nutrient utilization in the body. In this study, local legumes were analyzed to determine the untargeted metabolite profile and the relationship between species based on the distribution of their metabolites using the UHPLC-ESI-QTOF instrumentation. The data from the evaluation results of the UHPLC-ESI-QTOF instrument were interpreted using chemometric analysis to classify each legume based on its untargeted metabolite profile with SAM, PCA, PLS-DA, and HCA models. The results of the SAM analysis showed that there were 16 secondary metabolites that had a significant effect on the legume samples. The PCA score plot shows two different groups in local beans with a total variance of 43.2% ( $PC1 = 29.2\%$  and  $PC2 = 14\%$ ). The PLS-DA model showed better results in grouping samples, each legume was separated from one another in this model. There were 26 identifying metabolites that were able to differentiate between legume samples. KBP samples can be distinguished from other legume samples based on the content of quercetin compounds and alpha amino acid esters. KK samples were distinguished based on fatty acid ester groups, organooxygen compounds (alkyl-phenylketones, enones, and O-glycosyl compounds) and organic disulfides. KKB samples were distinguished based on hydroquinolone and coumaric acid derivatives. KM samples were distinguished based on groups of organonitrogen compounds, alkylamine, cholesterol, N-acyl-alpha amino acids, prenol lipids, heterocyclic compounds, organoheterocyclic compounds, aromatic hydrocarbons, steroid derivatives, and tannins. The results of the HCA analysis show that KM and KBP have close kinship, while KK is more closely related to KKB. This is because KM and KBP are the same species of legume, namely *P. vulgaris* L. but have different varieties.

**Keywords:** local legumes, untargeted metabolite profile, UHPLC-ESI-QTOF



## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN.....</b>	<b>i</b>
<b>PERNYATAAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>UCAPAN TERIMA KASIH.....</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRAK.....</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Kajian .....	3
1.4 Manfaat Kajian.....	4
1.5 Struktur Organisasi Skripsi.....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>6</b>
2.1 Stunting.....	6
2.2 Kacang-kacangan Lokal .....	8
2.3 Kacang Buncis Putih ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L. var. T9905) .....	8
2.4 Kacang Koro Benguk ( <i>Mucuna pruriens</i> L.).....	9
2.5 Kacang Komak ( <i>Lablab purpureus</i> L. Sweet).....	11
2.6 Kacang Merah ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L. var. Montclam) .....	13
2.7 Hubungan Keekerabatan Kacang-kacangan.....	15
2.8 Komponen Antinutrisi Pada Kacang .....	16
A. Asam Fitat .....	17
B. Lektin .....	18
C. Saponin .....	19
D. Tanin .....	20
E. Inhibitor Protease .....	22
2.9 Ekstraksi Ultrasonik .....	22
2.10 Analisis Metabolomik .....	24

2.11 Instrumentasi <i>Ultra High Performance Liquid Chromatography-Tandem Mass Spectrometry</i> (UHPLC-ESI-QTOF) .....	27
2.12 Instrumentasi Spektrofotometer Ultra Violet –Visible (UV-Vis).....	30
2.13 Analisis Kemometrik.....	31
A. <i>Significance Analysis of Microarrays (and Metabolites)</i> (SAM) .....	32
B. <i>Principal Component Analysis</i> (PCA).....	32
C. <i>Partial Least Squares-Discriminant Analysis</i> (PLS-DA).....	33
D. <i>Hierarchical Clustering Analysis</i> (HCA) .....	34
2.14 Perangkat Lunak dan Analisis Statistik.....	34
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>36</b>
3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian .....	36
3.2 Alat dan Bahan.....	36
3.2.1 Alat .....	36
3.2.2 Bahan .....	37
3.3 Tahapan Penelitian .....	37
3.3.1 Preparasi Sampel Kacang-kacangan Lokal.....	38
3.3.2 Ekstraksi Kacang-kacangan Lokal .....	38
3.3.3 Analisis Metabolomik <i>Untargeted</i> Pada Kacang-kacangan Lokal Menggunakan UHPLC-ESI-QTOF .....	39
3.3.4 Pengolahan Data dan Analisis Statistik .....	40
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>42</b>
4.1 Hasil Penelitian .....	42
4.1.1 Ekstraksi Kacang-kacangan Lokal .....	42
4.1.2 Analisis Ekstrak Kacang-kacangan Lokal Menggunakan UHPLC-ESI- QTOF .....	44
4.1.3 Analisis Data Metabolomik .....	46
4.2 Pembahasan .....	55
4.2.1 Profil Metabolit Pada Kacang-kacangan Lokal .....	55
4.2.1.1 Analisis Statistik Univariat.....	55
4.2.1.2 Analisis Statistik Multivariat .....	56
4.2.2 Hubungan Kekerbatan Pada Kacang-kacangan Lokal.....	65
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>68</b>

5.1 Kesimpulan.....	68
5.2 Saran.....	68
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>70</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>86</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan metode analisis dalam pendekatan metabolomik.....	27
Tabel 3.1 Daftar event data <i>acquisition</i> mode PIS .....	40
Tabel 4.1 Hasil optimasi metode ekstraksi ultrasonik .....	42
Tabel 4.2 Hasil optimasi metode analisis parameter <i>setting</i> MS-DIAL .....	45
Tabel 4.3 Daftar metabolit yang teridentifikasi menggunakan KnowItAll.....	47
Tabel 4.4 Identifikasi tentatif metabolit sekunder pada ekstrak kacang lokal...	50
Tabel 4.5 Metabolit pembeda pada kacang-kacangan lokal .....	61

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kacang buncis putih ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L. var. T9905) .....	9
Gambar 2.2 Kacang koro benguk ( <i>Mucuna pruriens</i> L.).....	10
Gambar 2.3 Kacang komak ( <i>Lablab purpureus</i> L. Sweet) .....	12
Gambar 2.4 Kacang merah ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L. var. Montclam) .....	14
Gambar 2.5 Diagram filogeni keluarga <i>Leguminosae</i> .....	15
Gambar 2.6 Diagram filogeni kacang-kacangan lokal .....	16
Gambar 2.7 Struktur senyawa asam fitat .....	17
Gambar 2.9 Struktur senyawa tanin.....	21
Gambar 2.10 Tahapan umum analisis metabolomik <i>targeted</i> .....	25
Gambar 2.11 Tahapan umum analisis metabolomik <i>untargeted</i> .....	26
Gambar 2.12 Prinsip kerja instrumentasi LC-MS/MS.....	28
Gambar 2.13 Ilustrasi mode PIS pada instrumentasi UHPLC-MS/MS.....	29
Gambar 3.1 Bagan alir penelitian .....	38
Gambar 4.1 Ekstrak kacang-kacangan lokal .....	43
Gambar 4.2 Salah satu contoh spektrum massa pada kacang komak .....	46
Gambar 4.3 Identifikasi senyawa <i>unknown</i> menggunakan KnowItAll .....	47
Gambar 4.4 Plot SAM dengan nilai Delta 0,3.....	56
Gambar 4.5 Plot skor PCA dari empat kacang-kacangan lokal .....	57
Gambar 4.6 Plot skor PLS-DA dari empat kacang-kacangan lokal .....	58
Gambar 4.7 <i>Loading plot</i> PLS-DA.....	59
Gambar 4.8 <i>Important feature</i> PLS-DA .....	60
Gambar 4.9 <i>Box plot</i> senyawa 1,2,3,6-tetragalailglukosa.....	63
Gambar 4.10 Hasil analisis <i>pettern hunter</i> .....	64
Gambar 4.11 Model <i>heatmap</i> HCA.....	65
Gambar 4.12 Hubungan kekerabatan kacang lokal menggunakan dendogram ....	67

**DAFTAR LAMPIRAN**

Lampiran 1. Data penimbangan massa sampel .....	86
Lampiran 2. Pembuatan Pelarut Ekstraksi .....	87
Lampiran 3. Pembuatan Fasa Gerak UHPLC-MS/MS Fasa Gerak.....	88
Lampiran 4. Profil ion prekursor untuk mode PIS .....	89
Lampiran 5. Langkah Pengolahan Data Menggunakan MS-DIAL 4.90 .....	93
Lampiran 6. Langkah Pengolahan Data Menggunakan KnowItAll .....	100
Lampiran 7. Langkah Pengolahan Data Menggunakan MetaboAnalyst 5.0.....	102
Lampiran 8. Data Mentah Area Puncak Metabolit Sekunder Kacang Lokal.....	105
Lampiran 9. Metabolit sekunder yang berpengaruh signifikan model SAM.....	112
Lampiran 10. Metabolit sekunder signifikan model <i>loading plot</i> PLS-DA.....	113
Lampiran 11. Dokumentasi .....	114

## DAFTAR PUSTAKA

- Adamczyk, B., Simon, J., Kitunen, V., Adamczyk, S., & Smolander, A. (2017). Tannins and Their Complex Interaction with Different Organic Nitrogen Compounds and Enzymes: Old Paradigms versus Recent Advances. *ChemistryOpen*, 6(5), 610–614.
- Adebo, O. A., Oyeyinka, S. A., Adebisi, J. A., Feng, X., Wilkin, J. D., Kewuyemi, Y. O., Abrahams, A. M., & Tugizimana, F. (2021). Application of gas chromatography–mass spectrometry (GC-MS)-based metabolomics for the study of fermented cereal and legume foods: A review. *International Journal of Food Science and Technology*, 56(4), 1514–1534.
- Adeyemo, S. M., & Onilude, A. A. (2013). Enzymatic Reduction of Anti-nutritional Factors in Fermenting Soybeans by *Lactobacillus plantarum* Isolates from Fermenting Cereals. *Nigerian Food Journal*, 31(2), 84–90.
- Agustin, R., Oktaviantari, D. E., & Feladita, N. (2021). Identifikasi Hidrokuinon dalam Sabun Pemutih Pembersih Wajah di Tiga Klik Kecantikan dengan Menggunakan Metode Kromatografi Lapis Tipis dan Spektrofotometer UV-Vis. *Jurnal Analisis Farmasi*, 6(1), 95–101.
- Ahamefule, F. ., & Azubuiké, A. (2010). Proximate and Anti-Nutritional Constituents of Forage Legumes At Different Stages of Growth. *Nigeria Agricultural Journal*, 41(1), 200–208.
- Akbar, M. T., Mahardhika, D. W., & Sihaloho, E. D. (2021). Stunting in Eastern Indonesia : Determinants and Solution from Indonesian Family Life Survey. *Cita Ekonomika*, 15(1).
- Akpanunam, M. (1996). Hyacinth Bean (*Lablab purpureus (L.) Sweet*). In: E. Nwokolo and J. Smartt (Eds.). *Food and Feed from Legumes and Oilseeds*. Springer.
- Al Jitan, S., Alkhoori, S. A., & Yousef, L. F. (2018). Phenolic Acids From Plants: Extraction and Application to Human Health. *Studies in Natural Products Chemistry*, 58, 389–417.
- Almeida, J. A. S., Barbosa, L. M. S., Pais, A. A. C. C., & Formosinho, S. J. (2007). Improving hierarchical cluster analysis: A new method with outlier detection and automatic clustering. *Chemometrics and Intelligent*

- Laboratory Systems*, 87(2), 208–217.
- Amarowicz, R., & Pegg, R. B. (2008). Review Article Legumes as a source of natural antioxidants. *European Journal Lipid Science and Technology*, 110(10), 865–878.
- Amin, M. N. (2014). *Sukses Bertani Buncis: Sayuran Obat Kaya Manfaat*. Garudhawaca.
- Anggraito, Y. U., & Pukan, K. K. (2015). Perubahan Karakter Kuantitatif *Mucuna Pruriens* Generasi M1 Pasca Irradiasi Sinar Gamma Co-60. *Jurnal Sain Dan Teknologi*, 13(1), 79–86.
- Arif, T., Bhosale, J. D., Kumar, N., Mandal, T. K., Bendre, R. S., Lavekar, G. S., & Dabur, R. (2009). Natural products – antifungal agents derived from plants. *Journal of Asian Natural Products Research*, 11(7), 621–638.
- Arsa, A. K., & Achmad, Z. (2020). Ekstraksi Minyak Atsiri dari Rimpang Temu Ireng (*Curcuma aeruginosa Roxb*) Dengan Pelarut Etanol dan N-Heksana. *Jurnal Teknologi Technoscientia*, 13(1), 83–94.
- Artari, R. (2017, March). *Potensi Tersembunyi Koro Benguk*. BALITKABI.
- Attia, S. M., Ismail, W. I. A., & Mossad, M. M. (2017). Characterization of Pure and Composite Resorcinol Formaldehyde Aerogels Doped with Copper. *Egypt. J. Phy*, 45, 11–22.
- Azizi, M. H., Ramaniya, D. W., & Pujiastuti, C. (2020). Kajian Perpindahan Massa Ekstraksi Polisakarida pada Biji Asam Jawa dengan Pelarut NaOH. *ChemPro*, 1(02), 8–13. <https://doi.org/10.33005/chempro.v1i2.38>
- Barker, M., & Rayens, W. (2003). Partial least squares for discrimination. *Journal of Chemometrics*, 17(3), 166–173. <https://doi.org/10.1002/cem.785>
- Beal, T., Tumilowicz, A., Sutrisna, Aang, Doddy Izwardy, Neufeld, L. (2018). A review of child stunting determinants in Indonesia. *Maternal & Child Nutrition*, 14(4), e12617.
- Branca, F., & Ferrari, M. (2002). Impact of Micronutrient Deficiencies on Growth: The Stunting Syndrome. *Annals of Nutrition and Metabolism*, 46(Suppl. 1), 8–17.
- Brereton, R. G., & Lloyd, G. R. (2014). *Partial least squares discriminant analysis : taking the magic away*. November 2013, 213–225.



- Brown, P. N., Murch, S. J., & Shipley, P. (2012). Phytochemical diversity of cranberry (*Vaccinium macrocarpon* Aiton) cultivars by anthocyanin determination and metabolomic profiling with chemometric analysis. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *60*(1), 261–271.
- Brown, T. (2002). Molecular Phylogenetics. In *Genomes* (2nd edition). Wiley-Liss.
- Bruneau, A., Doyle, J., Herendeen, P., Hughes, C., Kenicer, G., Lewis, G., Mackinder, B., Pennington, R., Sanderson, M., & Wojciechowski, M. (2013). Legume phylogeny and classification in the 21st century: Progress, prospects and lessons for other species-rich clades. *Taxon*, *62*(2), 217–248.
- Budiyati, E., Mulyono, P., & Purwono, S. (2013). Pengaruh Diameter Partikel Terhadap Konsentrasi L-Dopa, Kc Dan De Pada Ekstraksi L-Dopa Dari Biji Kara Benguk (*Mucuna Pruriens* Dc.). *Jurnal Kimia Dan Kemasan*, *35*(2), 123.
- Bueno, P. C. P., & Lopes, N. P. (2020). Metabolomics to Characterize Adaptive and Signaling Responses in Legume Crops under Abiotic Stresses [Review-article]. *ACS Omega*, *5*(4), 1752–1763.
- Cabrera-Orozco, A., Jiménez-Martínez, C., & Dávila-Ortiz, G. (2013). Soybean: Non-Nutritional Factors and Their Biological Functionality. *Soybean - Bio-Active Compounds*.
- Candra, A. (2020). *Epidemiologi Stunting*. Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro.
- Candra, L. ., Andayani, Y., & Wirasisya, D. (2021). Pengaruh Metode Ekstraksi Terhadap Kandungan Fenolik Total dan Flavonoid Total Pada Ekstrak Etanol Buncis (*Phaseolus vulgaris* L.). *Jurnal Pijar Mipa*, *16*(3), 397–405.
- Chaves, J. O., de Souza, M. C., da Silva, L. C., Lachos-Perez, D., Torres-Mayanga, P. C., Machado, A. P. da F., Forster-Carneiro, T., Vázquez-Espinosa, M., González-de-Peredo, A. V., Barbero, G. F., & Rostagno, M. A. (2020). Extraction of Flavonoids From Natural Sources Using Modern Techniques. *Frontiers in Chemistry*, *8*(September).
- Che, Y. B. M., Rohman, A., & Mansor, T. S. T. (2011). Differentiation of lard from other edible fats and oils by means of Fourier transform infrared spectroscopy and chemometrics. *Journal of the American Oil Chemists'*

- Society*, 88(2), 187–192.
- Chittasupho, C., Tadtong, S., Vorarat, S., Imaram, W., Athikomkulchai, S., Samee, W., Sareedenchai, V., Thongnopkoon, T., Okonogi, S., & Kamkaen, N. (2022). Development of Jelly Loaded with Nanogel Containing Natural L-Dopa from *Mucuna pruriens* Seed Extract for Neuroprotection in Parkinson's Disease. *Pharmaceutics*, 14(5), 1079.
- Chong, J., Soufan, O., Li, C., Caraus, I., Li, S., Bourque, G., Wishart, D. S., & Xia, J. (2018). MetaboAnalyst 4.0: Towards more transparent and integrative metabolomics analysis. *Nucleic Acids Research*, 46(W1), W486–W494.
- de Lumen, B. O., & Salamat, L. A. (1980). Trypsin Inhibitor Activity in Winged Bean (*Psophocarpus Tetragonolobus*) and the Possible Role of Tannin. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 28(3), 533–536.
- Deshpande, S. ., & Cheryan, M. (1984). Effects of Phytic Acid, Divalent Cations, and Their Interactions on  $\alpha$ -Amylase Activity. *Journal of Food Science*, 49(2), 516–519.
- DrugBank. (2022). *Predicted LC-MS/MS Spectrum*. <https://go.drugbank.com/>
- Embaby, H. E. S. (2011). Effect of heat treatments on certain antinutrients and in vitro protein digestibility of peanut and sesame seeds. *Food Science and Technology Research*, 17(1), 31–38. <https://doi.org/10.3136/fstr.17.31>
- Ernawati, Wardoyo, E., & Mukarlina. (2018). Respon Pertumbuhan Vegetatif Tanaman Buncis (*Phaseolus vulgaris* L.) Dengan Pemberian Kompos Limbah Kulit Pisang Nipah. *Jurnal Protobiont*, 7(1), 45–50.
- Fadhilah, S. C. H. (2020). Variasi Pencampuran Tepung Kacang Merah Terhadap Karakteristik Fisik, Organoleptik dan Kadar Serat Pangan Pada Kaasstengels. [Skripsi]. Politeknik Kesehatan Kementerian Kesehatan Yogyakarta.
- Faizal, A., & Geelen, D. (2013). Saponins and their role in biological processes in plants. *Phytochemistry Reviews*, 12(4), 877–893.
- Fantini, N., Cabreas, C., Lobina, C., Colombo, G., Gessa, G., Riva, A., Donzelli, F., Morazzoni, P., Bombardelli, E., & Carai, M. (2009). Reducing Effect of a *Phaseolus vulgaris* Dry Extract on Food Intake , Body Weight , and Glycemia in Rats. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(19),

9316–9323.

- Farag, M. A., Khattab, A. R., Ehrlich, A., Kropf, M., Heiss, A. G., & Wessjohann, L. A. (2018). Gas Chromatography/Mass Spectrometry-Based Metabolite Profiling of Nutrients and Antinutrients in Eight Lens and Lupinus Seeds (*Fabaceae*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *66*(16), 4267–4280.
- Fekete, I., & Hentschel, G. (2021). Interactive Heatmaps as an Improved Means of Analysing Complex Socio-dialectal Patterns: German Loans in Silesian. *Journal of Quantitative Linguistics*, *00*(00), 1–25.
- Fidrianny, I., Puspitasari, N., & Marlia Singgih, W. (2014). Antioxidant activities, Total flavonoid, Phenolic, Carotenoid of various shells extracts from four species of legumes. *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*, *7*(4), 42–46.
- FooDB. (2022). *Predicted LC-MS/MS Spectrum*. <https://foodb.ca/>
- Galtier, O., Abbas, O., Le Dréau, Y., Rebufa, C., Kister, J., Artaud, J., & Dupuy, N. (2011). Comparison of PLS1-DA, PLS2-DA and SIMCA for classification by origin of crude petroleum oils by MIR and virgin olive oils by NIR for different spectral regions. *Vibrational Spectroscopy*, *55*(1), 132–140.
- Ghosh, S., Suri, D., & Uauy, R. (2012). Assessment of protein adequacy in developing countries: quality matters. *British Journal of Nutrition*, *108*(S2), S77–S87.
- Github. (2020). *MS-DIAL tutorial*. <https://mtbinfo-team.github.io/mtbinfo.github.io/MS-DIAL/tutorial.html>
- Grases, F., & Costa-Bauza, A. (2019). Key Aspects of Myo-Inositol Hexaphosphate (Phytate) and Pathological Calcifications. *Molecules* *2019*, Vol. 24, Page 4434, *24*(24), 4434.
- Gupta, Y. P. (1987). Anti-nutritional and toxic factors in food legumes: a review. *Plant Foods for Human Nutrition*, *37*(3), 201–228.
- Habib, H. M., Theuri, S. W., Kheadr, E. E., & Mohamed, F. E. (2017). Functional, bioactive, biochemical, and physicochemical properties of the Dolichos lablab bean. *Food and Function*, *8*(2), 872–880.

- Haliza, W., Purwani, E. Y., & Thahir, R. (2010). Pemanfaatan Kacang-kacangan Lokal Mendukung Diversifikasi Pangan. *Pengembangan Inovasi Pertanian*, 3(3).
- Harmita, K., Harahap, Y., & Supandi. (2019). *Liquid Chromatography-Tandem Mass Spectrometry (LC-MS/MS)*. PT. ISFI Penerbitan.
- Hayat, I., Ahmad, A., Masud, T., Ahmed, A., & Bashir, S. (2014). Nutritional and Health Perspectives of Beans (*Phaseolus vulgaris* L.): An Overview. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 54(5), 580–592.
- Heuzé, V., Tran, G., Sauvant, D., Renaudeau, D., Bastianelli, D., & Lebas, F. (2016). *Lablab (Lablab purpureus)*. <https://www.feedipedia.org/node/297>
- HMDB. (2022). *Predicted LC-MS/MS Spectrum*. <https://hmdb.ca/>
- Holmes, E., Wilson, I. D., & Nicholson, J. K. (2008). Metabolic Phenotyping in Health and Disease. *Cell*, 134(5), 714–717.
- Hosamath, P. (2011). Evaluation of antimicrobial activity of *Litsea Glutinosa*. *International Journal of Pharmaceutical Applications*, 2(1), 105–114.
- Integrated Taxonomic Information System. (2022, February 17). *Search Results*. <https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt>
- Irdawati, Fifendy, M., & Putra, F. (2012). Pengaruh Penambahan Beras Terhadap Mutu Tempe Angkak Kacang Buncis Putih. *EKSAKTA*, 2, 44–51.
- Jati, I. R. A. P., Vadivel, V., & Biesalski, H. K. (2013). Antioxidant activity of anthocyanins in common legume grains. In *Bioactive Food as Dietary Interventions for Liver and Gastrointestinal Disease* (1st ed.). Elsevier Inc.
- Jayanegara, A., Ridla, M., Laconi, E. B., & Komponen Pada Pakan, N. (2019). *Komponen Antinutrisi Pada Pakan*. IPB Press.
- Jayanegara, A., Sujarnoko, T. U. P., Ridla, M., Kondo, M., & Kreuzer, M. (2019). Silage quality as influenced by concentration and type of tannins present in the material ensiled: A meta-analysis. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 103(2), 456–465.
- Jiang, C., Ci, Z., Feng, S., Wu, S., & Kojima, M. (2018). Characteristics of Functional Components and Antioxidant Activity of 28 Common Beans. *Journal of Food and Nutrition Research*, 6(7), 439–444.
- Jimoh, M. A., Idris, O. A., & Jimoh, M. O. (2020). Cytotoxicity, phytochemical,

- antiparasitic screening, and antioxidant activities of *mucuna pruriens* (*Fabaceae*). *Plants*, 9(9), 1–13.
- Julianto, T. S. (2018). Fitokimia Tinjauan Metabolit Sekunder dan Skrining Fitokimia. In *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9).
- Julisaniah, N. I., Aulia, B., Agustin, D., & Sukenti, K. (2022). Jurnal Biologi Tropis Active Components of Komak Beak Bongkor (*Lablab purpureus* (L.) Sweet) Seeds. *Jurnal Biologi Tropis*, 22(2), 652–659.
- Kahlin, A. Z., Helander, S., Wennerstrand, P., Vikingsson, S., Mårtensson, L. G., & Appell, M. L. (2021). Pharmacogenetic studies of thiopurine methyltransferase genotype-phenotype concordance and effect of methotrexate on thiopurine metabolism. In *Basic and Clinical Pharmacology and Toxicology* (Vol. 128, Issue 1).
- Kalpanadevi, V., & Mohan, V. (2013). Nutritional and anti nutritional assessment of under utilized legume *D. lablab* var. *vulgaris* L. *Bangladesh Journal of Scientific and Industrial Research*, 48(2), 119–130.
- Kan, L., Nie, S., Hu, J., Wang, S., Bai, Z., Wang, J., Zhou, Y., Jiang, J., Zeng, Q., & Song, K. (2018). Comparative study on the chemical composition, anthocyanins, tocopherols and carotenoids of selected legumes. *Food Chemistry*, 260, 317–326.
- Kemenkes RI. (2021). Penurunan Prevalensi Stunting tahun 2021 sebagai Modal Menuju Generasi Emas Indonesia 2045. [*Daring*]: <https://sehatnegeriku.kemkes.go.id/baca/umum/20211227/4339063/penurunan-prevalensi-stunting-tahun-2021-sebagai-modal-menuju-generasi-emas-indonesia-2045/>
- Keukens, E. A. J., de Vrije, T., van den Boom, C., de Waard, P., Plasman, H. H., Thiel, F., Chupin, V., Jongen, W. M. F., & de Kruijff, B. (1995). Molecular basis of glycoalkaloid induced membrane disruption. *BBA - Biomembranes*, 1240(2), 216–228.
- Khan, M. M. A. A., Naqvi, T. S., & Naqvi, M. S. (2012). Identification of phytosaponins as novel biodynamic agents: an updated overview. *Journal of Biological and Chemical Research*, 3(3), 459–467.
- Khoomrung, S., Wanichthanarak, K., Nookaew, I., Thamsermsang, O., Seubnooch,

- P., Laohapand, T., & Akarasereenont, P. (2017). Metabolomics and integrative omics for the development of Thai traditional medicine. *Frontiers in Pharmacology*, 8(JUL).
- Kristiani, S., Toekidjo, & Purwanti, S. (2014). Kualitas Benih Tiga Aksesori Kacang Merah (*Phaseolus vulgaris* L.) pada Tiga Umur Panen. *Vegetalika*, 3(3), 63–77.
- Kumar, V., Sinha, A. K., Makkar, H. P. S., & Becker, K. (2010). Dietary roles of phytate and phytase in human nutrition: A review. *Food Chemistry*, 120(4), 945–959.
- Kurniawan, E., Setiawan, A. B., Al-Hanif, E. T., Amidi, Mu'arifuddin, Sumardiana, B., Amin, S., & Yuwono, C. (2022). *Panduan UNNES Giat Pencegahan dan Penanganan Stunting*. LPPM UNNES.
- Kurniawati, F. (2020). Bagaimana Pertanian Berkelanjutan pada Buncis di Indonesia? Proteksi Tanaman. [Daring]: <https://protan.faperta.unej.ac.id/bagaimana-pertanian-berkelanjutan-pada-buncis-di-indonesia/>
- Liener, I. E. (2003). Plant antinutritional factors | Detoxification. *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition*, 1996, 4587–4593.
- Listiana, E., & Sumarjan. (2008). *Keragaan Aksesori Kacang Komak (Lab-lab purpureus (L.) Sweet) Pulau Lombok Pada Lahan Basah dan Kering*. 1(2), 97–103.
- Llorach, R., Favari, C., Alonso, D., Garcia-Aloy, M., Andres-Lacueva, C., & Urpi-Sarda, M. (2019). Comparative metabolite fingerprinting of legumes using LC-MS-based untargeted metabolomics. *Food Research International*, 126, 108666.
- Lorent, J., Le Duff, C. S., Quetin-Leclercq, J., & Mingeot-Leclercq, M. P. (2013). Induction of highly curved structures in relation to membrane permeabilization and budding by the triterpenoid saponins,  $\alpha$ - And  $\delta$ -hederin. *Journal of Biological Chemistry*, 288(20), 14000–14017.
- Lubis, N., Soni, D., & Fuadi, M. D. S. (2021). Pengaruh Suhu Penyimpanan Air Minum Pada Botol Kemasan Polycarbonate (Pc) Yang Beredar Di Daerah Garut Terhadap Kadar Bisphenol-a (Bpa) Menggunakan Spektrofotometri

- Ultraviolet. *Jurnal Kimia*, 15(2), 223.
- Margier, M., Georgé, S., Hafnaoui, N., Remond, D., Nowicki, M., Du Chaffaut, L., Amiot, M. J., & Reboul, E. (2018). Nutritional composition and bioactive content of legumes: Characterization of pulses frequently consumed in France and effect of the cooking method. *Nutrients*, 10(11), 1–12.
- Matysiak, J., Dereziński, P., Klupczyńska, A., Matysiak, J., Kaczmarek, E., & Kokot, Z. J. (2014). Effects of a honeybee sting on the serum free amino acid profile in humans. *PLoS ONE*, 9(7).
- McKillop, A. M., & Flatt, P. R. (2011). Emerging applications of metabolomic and genomic profiling in diabetic clinical medicine. *Diabetes Care*, 34(12), 2624–2630.
- Mecha, E., Erny, G. L., Guerreiro, A. C. L., Feliciano, R. P., Barbosa, I., Bento da Silva, A., Leitão, S. T., Veloso, M. M., Rubiales, D., Rodriguez-Mateos, A., Figueira, M. E., Vaz Patto, M. C., & Bronze, M. R. (2022). Metabolomics profile responses to changing environments in a common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) germplasm collection. *Food Chemistry*, 370(February 2021).
- Moghimpour, E., & Handali, S. (2015). Saponin: Properties, Methods of Evaluation and Applications. *Annual Research & Review in Biology*, 5(3), 207–220.
- Molport. (2022). *3,4,5-trihydroxy-6-(hydroxymethyl)oxan-2-yl 2,4-dihydroxy-6-[(1E)-2-phenylethenyl]benzoate*, *get quote*.  
[https://www.molport.com/shop/moleculelink/WPPYDDRZXZLFEFL-VOTSOKGWSA-N/1740681?searchtype=molecular-formula-search&searchkey=non spectra/ms\\_ms/21626](https://www.molport.com/shop/moleculelink/WPPYDDRZXZLFEFL-VOTSOKGWSA-N/1740681?searchtype=molecular-formula-search&searchkey=non spectra/ms_ms/21626)
- Momin, M. A. M., Habib, M. R., Hasan, M. R., Nayeem, J., Uddin, N., & Rana, M. S. (2012). Anti-inflammatory, Antioxidant and Cytotoxicity Potential of Methanolic extract of two Bangladeshi Beans *Lablab purpureus* (L.) Sweet White and Purple. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 3(03), 776–781.
- Moussou, N., Ouazib, M., Wanasundara, J., Zaidi, F., & Rubio, L. A. (2019). Nutrients and non-nutrients composition and in vitro starch digestibility of five Algerian legume seed flours. *International Food Research Journal*,

26(4), 1339–1349.

- Mulyadi, A. F., MS, W., & Hidayah, E. Y. P. N. (2016). The Making of Salty Soy Sauce From Koro Benguk (*Mucuna Pruriens*) (Study of Saline Concentration of Salt Solution and Duration of Moromi's Fermentation). *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 4(2), 101–106.
- Mutwedu, B. V., Manyawu, J. G., Lukuyu, N. M., & Bacigale, S. B. (2020). *Fodder production manual for extension staff and farmers in South Kivu and Tanganyika provinces of the Democratic Republic of the Congo* (Vol. 37). International Livestock Research Institute (ILRI).
- Nath, H., Samtiya, M., & Dhewa, T. (2022). Beneficial attributes and adverse effects of major plant-based foods anti-nutrients on health: A review. *Human Nutrition and Metabolism*, 28(February), 200147.
- NCBI. (2022). *Pubchem Compound Summary*. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/>
- Okigbo, R. ., & Anyaegbu, C. . (2021). Underutilized Plants of Africa. *Journal of Biology and Nature*, 13(2), 1–17.
- Pang, Z., Zhou, G., Ewald, J., Chang, L., Hacariz, O., Basu, N., & Xia, J. (2022). Using MetaboAnalyst 5.0 for LC–HRMS spectra processing, multi-omics integration and covariate adjustment of global metabolomics data. *Nature Protocols*.
- Prabowo, F. K. ., Wilandari, Y., & Rusgiyono, A. (2015). Pemodelan Pertumbuhan Ekonomi Jawa Tengah Menggunakan Pendekatan Least Absolute Shrinkage and Selection Operator (LASSO). *Jurnal Gaussian*, 4(4), 855–864.
- Pratiwi, D. E., & Harjoko, A. (2013). Implementasi Pengenalan Wajah Menggunakan PCA (Principal Component Analysis). *Indonesian Journal of ELcetronics and Instrumentations Systems*, 3(2), 175–184.
- Pugalenth, M., Vadivel, V., & Siddhuraju, P. (2005). Alternative food/feed perspectives of an underutilized legume *Mucuna pruriens* var. utilis - A review. *Plant Foods for Human Nutrition*, 60(4), 201–218.
- Puspita, D., Palimbong, S., Pratamaningtyas, N. L., & Nugroho, K. P. A. (2017). Analisis Proksimat Berbagai Jenis Kacang-kacangan yang Tumbuh di Pulau



- Timor-NTT. *Seminar Nasional Teknik Kimia Kejuangan*, 1(2).
- Putri, L. E. (2017). Penentuan Konsentrasi Senyawa Berwarna KMnO<sub>4</sub> Dengan Metoda Spektroskopi UV Visible. *Natural Science Journal*, 3(1), 391–398.
- Putri, S. A. (2020). *Aktivitas Antioksidan Kedelai Hitam (Glycine soja) dan Biji kacang Buncis Putih (Phaseolus vulgaris) Hasil Fermentasi Ragi Tempe dan Angkak*. Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah.
- Rafi, M., Anggundari, W. C., & Irawadi, T. T. (2016). Potensi Spektroskopi Ftir-Atr Dan Kemometrik Untuk Membedakan Rambut Babi, Kambing, Dan Sapi. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 5(3), 229–234.
- Rao, D. E. C. S., Rao, K. V., Reddy, T. P., & Reddy, V. D. (2009). Molecular characterization, physicochemical properties, known and potential applications of phytases: An overview. *Critical Reviews in Biotechnology*, 29(2), 182–198.
- Rao, P. U., & Deosthale, Y. G. (1982). Tannin content of pulses: Varietal differences and effects of germination and cooking. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 33(10), 1013–1016.
- Rathod, R. H., Chaudhari, S. R., Patil, A. S., & Shirkhedkar, A. A. (2019). Ultra-high performance liquid chromatography-MS/MS (UHPLC-MS/MS) in practice: analysis of drugs and pharmaceutical formulations. *Future Journal of Pharmaceutical Sciences*, 5(1).
- Ratnasari, F. A., Wulandari, L., & Kristiningrum, N. (2016). Penentuan Kadar Fenol Total pada Ekstrak Daun Tanaman Menggunakan Metode Spektroskopi NIR dan Kemometrik (Determination of Total Phenolic in Leave Extracts Using Spectroscopy NIR and Chemometric). *E-Jurnal Pustaka Kesehatan*, 4(2), 235–240.
- Razzaq, A., Sadia, B., Raza, A., Hameed, M. K., & Saleem, F. (2019). Metabolomics: A Way Forward for Crop Improvement. *Metabolites*, 9, 303.
- Rizki, F. (2013). *The Miracle of Vegetables*. PT. AGroMedia Pustaka.
- Roberts, L. D., Souza, A. L., Gerszten, R. E., & Clish, C. B. (2012). Targeted metabolomics. *Current Protocols in Molecular Biology*, 1(SUPPL.98), 1–24.
- Rorong, J. A. (2015). Analisis Fenolik Jerami Padi (*Oryza Sativa*) pada Berbagai

- Pelarut Sebagai Biosensitizer untuk Fotoreduksi Besi. *Jurnal MIPA*, 4(2), 169.
- Rozandy, R. A., Santoso, I., & Putri, S. A. (2013). Analisis Variabel-Variabel Yang Mempengaruhi Tingkat Adopsi Teknologi Dengan metode Partical Least Square (Studi Kasus Pada Sentra Industri Tahu Desa Sendang, Kec. Banyakan, Kediri). *Jurnal Industria*, 1(3), 147–158.
- Sadh, P. K., Saharan, P., & Duhan, J. S. (2017). Bio-augmentation of antioxidants and phenolic content of *Lablab purpureus* by solid state fermentation with GRAS filamentous fungi. *Resource-Efficient Technologies*, 3(3), 285–292.
- Samtiya, M., Aluko, R. E., & Dhewa, T. (2020). Plant food anti-nutritional factors and their reduction strategies: an overview. *Food Production, Processing and Nutrition*, 2(1), 1–14.
- Sandberg, A. (2002). Bioavailability of minerals in legumes. *British Journal of Nutrition*, 88(S3), 281–285.
- Sari, D. kartika, Deza, A., Ilma, I. A., & Lesttari, R. S. D. (2018). *Perbandingan Metode Uji Kandungan Total Cottonii Lontar Banten*. 14(1), 39–46.
- Sayre-Chavez, B., Baxter, B., Broeckling, C. D., Muñoz-Amatriaín, M., Manary, M., & Ryan, E. P. (2022). Non-targeted metabolomics of cooked cowpea (*Vigna unguiculata*) and pigeon pea (*Cajanus cajan*) from Ghana using two distinct and complementary analytical platforms. *Food Chemistry: Molecular Sciences*, 4(October 2021).
- Setyantoro, M. E., Haslina, H., & Wahjuningsih, S. B. (2019). Pengaruh Waktu Ekstraksi Dengan Metode Ultrasonik Terhadap Kandungan Vitamin C, Protein, Dan Fitokimia Ekstrak Rambut Jagung (*Zea Mays L.*). *Jurnal Teknologi Pangan Dan Hasil Pertanian*, 14(2), 53.
- Shahidi, F. (1997). *Beneficial Health Effects and Drawbacks of Antinutrients and Phytochemicals in Foods: An Overview* (Vol. 662). American Chemical Society.
- Shimadzu. (2022). *Core principles*. [Daring]: [https://www.shimadzu.com/an/service-support/technical-support/analysis-basics/fundamental/core\\_principles.html](https://www.shimadzu.com/an/service-support/technical-support/analysis-basics/fundamental/core_principles.html)
- Silva, E., Perez Da Graça, J., Porto, C., Martin Do Prado, R., Nunes, E., Corrêa, F.,

- Guimarães, M., Meyer, M. C., Pilau, E. J., & Rupasinghe, T. W. (2021). *metabolites Untargeted Metabolomics Analysis by UHPLC-MS/MS of Soybean Plant in a Compatible Response to Phakopsora pachyrhizi Infection.*
- Sim, C., Hamdan, M., Ismail, Z., & Ahmad, M. (2004). Assessment of Herbal Medicines by Chemometrics – Assisted Interpretation of FTIR Spectra. *Analytica Chimica Acta, January 2004*, 1–14.
- Singh, B., Singh, N., Thakur, S., & Kaur, A. (2017). Ultrasound assisted extraction of polyphenols and their distribution in whole mung bean, hull and cotyledon. *Journal of Food Science and Technology*, 54(4), 921–932.
- Sudiyono. (2010). Penggunaan Na<sub>2</sub>HCO<sub>3</sub> untuk mengurangi kandungan asam sianida (HCN) koro benguk pada pembuatan koro benguk goreng. *Agrika: Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian*, 4(1), 48–53.
- Suhartati, T. (2017). *Dasar-dasar Spektrofotometri UV-Vis dan Spektrometri Massa untuk Penentuan Struktur Senyawa Organik.* CV. Anugrah Utama Raharja.
- Sun, J., Beger, R. D., & Schnackenberg, L. K. (2013). Metabolomics as a tool for personalizing medicine: 2012 update. *Personalized Medicine*, 10(2), 149–161.
- Susanti, Fadilah, N. N., & Rizkuloh, L. R. (2022). Ekstraksi Berbantu Ultrasonik Dan Aktivitas Antioksidan Ekstrak Umbi Gadung (*Dioscorea Hispida* Dennst). *Jurnal Ilmiah Farmako Bahari*, 39–48.
- Syafutri, M. I., Syaiful, F., Lidiasari, E., & Saputra, J. M. (2021). *Sifat Fisikokimia dan Sensoris Tortilla dengan Penambahan Tepung Kacang Merah.* 771–781.
- Tampubolon, Y. (2021). *Respons Pertumbuhan dan Produksi Dua Varietas Kacang Merah (Phaseolus vulgaris L.) Terhadap Frekuensi Penyiraman.* Universitas Sumatera Utara.
- Tandi, J., Handayani, T. W., & Widodo, A. (2021). Qualitative and quantitative determination of secondary metabolites and antidiabetic potential of *Ocimum basilicum* L. Leaves extract. *Rasayan Journal of Chemistry*, 14(1), 622–628.

- Thakur, A., Sharma, V., & Thakur, A. (2019). An overview of anti-nutritional factors in food. *International Journal of Chemical Studies*, 7(1), 2472–2479.
- Theowidavitya, B., Muttaqin, M., Miftahudin, & Tjahjoleksono, A. (2019). Analisis Metabolomik pada Interaksi Padi dan Bakteri. *Jurnal Sumberdaya Hayati*, 5(1), 18–24.
- Thompson, L. U. (1993). Potential health benefits and problems associated with antinutrients in foods. *Food Research International*, 26(2), 131–149.
- Thurstans, S., Sessions, N., Dolan, C., Sadler, K., Stobaugh, H., Webb, P., & Khara, T. (2021). The relationship between wasting and stunting in young children: A systematic review. *Matern Child Nutr.*, 18(1), e13246.
- Trihono, Atmarita, Tjandrarini, D. H., Irawati, A., Utami, N. H., Tejayanti, T., & Nurlinawati, I. (2015). *Pendek (Stunting) di Indonesia*. Lembaga Penerbit Balitbangkes.
- Tsamo, A. T., Mohammed, M., & Dakora, F. D. (2020). Metabolite Fingerprinting of Kersting's Groundnut [*Macrotyloma geocarpum* (Harms) Maréchal & Baudet] Seeds Using UPLC-qTOF-MS Reveals the Nutraceutical and Antioxidant Potentials of the Orphan Legume. *Frontiers in Nutrition*, 7.
- Tsamo, A. T., Ndibewu, P. P., & Dakora, F. D. (2018). Phytochemical profile of seeds from 21 Bambara groundnut landraces via UPLC-qTOF-MS. *Food Research International*.
- Tsoukalas, D., Alegakis, A., Fragkiadaki, P., Papakonstantinou, E., Nikitovic, D., Karataraki, A., Nosyrev, A. E., Papadakis, E. G., Spandidos, D. A., Drakoulis, N., & Tsatsakis, A. M. (2017). Application of metabolomics: Focus on the quantification of organic acids in healthy adults. *International Journal of Molecular Medicine*, 40(1), 112–120.
- Tusher, V. G., Tibshirani, R., & Chu, G. (2001). Significance analysis of microarrays applied to the ionizing radiation response. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 98(9), 5116–5121.
- Uarrota, V. G., Moresco, R., Coelho, B., Nunes, E. da C., Peruch, L. A. M., Neubert, E. de O., Rocha, M., & Maraschin, M. (2014). *Metabolomics combined with chemometric tools (PCA, HCA, PLS-DA and SVM ) for screening cassava*

- (*Manihot esculenta* Crantz) roots during postharvest physiological deterioration. *Food Chem*, 161, 67–78.
- Utama, A. N., & Anjani, G. (2016). Substitusi Isolat Protein Kedelai Pada Daging Analog Kacang Merah (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of Nutrition College*, 4(Jilid 3), 402–411.
- Utomo, J. S., & Antarlina, S. S. (1998). Teknologi Pengolahan dan Produk-Produk Kacang Tunggak. *Monograf*, 3, 120–138.
- van Stuijvenberg, M. E., Nel, J., Schoeman, S. E., Lombard, C. J., du Plessis, L. M., & Dhansay, M. A. (2015). Low intake of calcium and vitamin D, but not zinc, iron or vitamin A, is associated with stunting in 2- to 5-year-old children. *Nutrition*, 31(6), 841–846.
- Verpoorte, R., Choi, Y. H., Mustafa, N. R., & Kim, H. K. (2008). Metabolomics: Back to basics. *Phytochemistry Reviews*, 7(3), 525–537.
- Vinay, C. M., Udayamanoharan, S. K., Prabhu Basrur, N., Paul, B., & Rai, P. S. (2021). Current analytical technologies and bioinformatic resources for plant metabolomics data. *Plant Biotechnology Reports*, 15(5), 561–572.
- Wang, X., Höjer, B., Guo, S., Luo, S., Zhou, W., & Wang, Y. (2009). Stunting and “overweight” in the WHO Child Growth Standards -malnutrition among children in a poor area of China. *Public Health Nutrition*, 12(11), 1991–1998.
- Wati, R. I. (2017). *Budidaya Tanaman Buncis (Phaseolus vulgaris L.) Secara Organik Dengan Pemberian Pupuk Daun Di Tawangmangu Karanganyar*. Universitas Sebelas Maret.
- Were, E., Schöne, J., Viljoen, A., & Rasche, F. (2022). Phenolics mediate suppression of *Fusarium oxysporum* f. sp. cubense TR4 by legume root exudates. *Rhizosphere*, 21.
- WHO. (2021). *The UNICEF/WHO/WB Joint Child Malnutrition Estimates (JME) group released new data for 2021*. <https://www.who.int/news/item/06-05-2021-the-unicef-who-wb-joint-child-malnutrition-estimates-group-released-new-data-for-2021>
- Wigena, A., & Aunnudin. (1996). Metode PLS untuk Mengatasi Kolinearitas dalam Kalibrasi Ganda. *Forum Statistika Dan Komputasi*, 3(1), 17–19.

- Wikandari, R., Utami, T. A. N., Hasniah, N., & Sardjono. (2020). Chemical, Nutritional, Physical and Sensory Characterization of Tempe Made from Various Underutilized Legumes. *Pakistan Journal of Nutrition*, 19(4), 179–190.
- Wiley, J., & Sons. (2022). *KnowItAll Spectroscopy Edition Software*. Wiley Science Solutions. <https://sciencesolutions.wiley.com/knowitall-spectroscopy-software/>
- Winarni, S., & Dharmawan, Y. (2016). Kandungan L-Dopa dalam variasi perendaman dan perebusan dalam proses pembuatan tempe benguk. *KEMAS: Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 11(2), 155–162.
- Wu, S., Gao, Y., Dong, X., Tan, G., Li, W., Lou, Z., & Chai, Y. (2013). Serum metabonomics coupled with Ingenuity Pathway Analysis characterizes metabolic perturbations in response to hypothyroidism induced by propylthiouracil in rats. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 72, 109–114.
- Yan, X., Yang, M., He, Q., Sun, S., Zhang, Y., Feng, X., He, M., Liu, T., Li, Y., & Zhang, F. (2021). An integrated method for monitoring thermal processing temperature of pork based on Q-Exactive mass spectrometry and chemometrics. *Journal of Chromatography A*, 1644, 462083.
- Yang, S., Grall, A., & Chapman, M. A. (2018). Origin and diversification of winged bean (*Psophocarpus tetragonolobus* (L.) DC.), a multipurpose underutilized legume. *American Journal of Botany*, 105(5), 888–897.
- Yuliandari, A. (2017). *Metabolite Profiling Daun Benalu Mangga (Dendrophoe pentandra (L.) Miq.) Menggunakan UPLC-MS dengan Analisis Data Multivariat PCA*. Fakultas Kedokteran dan Ilmu-ilmu Kesehatan UIN Maulana Malik Ibrahim.
- Zenk, M. H. (1991). 6. Chasing the enzymes of secondary metabolism: Plant cell cultures as a pot of gold. *Phytochemistry*, 30(12), 3861–3863.
- ZN, Adisam. (2012). Pengembangan Metoda Pengujian kandungan Vitamin B1, B2, B3 Secara Simultan Dalam Tepung Terigu Menggunakan LC-MS/MS. In *Tesis*. Fakultas FMIPA Program Studi Magister Ilmu Kimia Universitas Indonesia.