Jurnal Sains dan Edukasi Sains
Vol.7, No.2, Agustus 2024: 74-80
https://doi.org/10.24246/juses.v7i2p74-80

Model Penduga Kadar Glukosa dalam Jus Buah Menggunakan Spektroskopi Inframerah-dekat dan Regresi Kuadrat Terkecil Parsial

Dina N. Samalukang[1], Ferdy S. Rondonuwu[1,2,*], Indri D. Pratiwi[1], Adita Sutresno[1]

[1]Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Kristen Satya Wacana, Salatiga 50711, Indonesia
[2]Pusat Studi NIR, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Kristen Satya Wacana, Salatiga 50711, Indonesia

*email korespondensi: ferdy.rondonuwu@uksw.edu

Received: 7 Mei 2023; ***Revised***: 30 Oktober 2023; ***Accepted***: 16 Februari 2024; ***Published***: 1 Agustus 2024

ABSTRAK

Glukosa merupakan gula alami yang terdapat dalam buah segar dan memainkan peran penting pada rasa dan derajat kemanisan jus buah tersebut. Mengetahui kadar glukosa dalam jus buah murni berguna untuk pengendalian kualitas dan pelabelan gizi serta memastikan bahwa konsumen mendapatkan produk yang mereka harapkan. Paper ini membahas teknik pendugaan kadar kandungan glucosa jus buah menggunakan spektroskopi inframerah dekat (Near-Infrared Spectroscopy, NIRS) dan metode Regresi Kuadrat Terkecil Parsial (Partial Least Square Regression, PLSR). Sebanyak 14 sample glukosa-akuades dengan konsentrasi antara 0 – 2500 mg/dL digunakan sebagai sumber data spektral pembangun model regresi sedangkan sampel jus dari 10 jenis buah digunakan sebagai sumber data spektral target penentuan kadar glukosa berdasarkan model yang dibangun. Seluruh data spektral dianalisis pada daerah bilangan gelombang 4200 – 4800 cm^{-1}. Pra-perlakuan data meliputi smoothing, normalisasi, turunan pertama, dan turunan kedua diterapkan pada masing-masing spektrum. Penggunaan variabel laten sebanyak 4 menghasilkan PRESS (Predicted Residual Error Sum Of Square) terkecil atau hasil prediksi yang optimal. Model prediksi yang dihasilkan mampu menentukan kadar glukosa dengan nilai RMSE 3 mg/dL pada data kalibrasi dan dapat menentukan kadar glukosa jus buah tertinggi yaitu 713 mg/dL pada tebu dan kadar glukosa terendah yaitu 247 mg/dL pada kelapa.

Kata-kata kunci: *jus buah; glukosa; PLSR; spektroskopi*

PENDAHULUAN

Glukosa penting dalam darah karena berperan sebagai sumber utama energi untuk sel-sel dalam tubuh. Glukosa diserap dari makanan yang kita makan dan diangkut dalam aliran darah untuk menyediakan energi bagi berbagai fungsi tubuh, termasuk fungsi otak, aktivitas otot, dan metabolisme secara keseluruhan. Menjaga kadar glukosa darah tetap stabil sangat penting untuk menjaga fungsi sel dan organ (Ramadhani dkk., 2019). Glukosa dapat ditemukan dibanyak makanan seperti buah-buahan, susu, dan sayur (Zaitoun et al., 2018). Saat ini, buah-buahan banyak digemari masyarakat mulai dari anak-anak hingga orang dewasa karena rasanya yang manis dan memiliki kandungan yang sangat beragam dan bermanfaat bagi kesehatan. Buah-buahan merupakan sumber mikronutrien yang dapat membantu mencegah berbagai penyakit (Amao, 2018; Pal & Molnár, 2021). Meskipun jus buah termasuk dalam kategori makanan yang sehat, konsumsinya perlu tetap dijaga seimbang mengingat pada jenis buah tertentu mengandung kadar glukosa yang tinggi. Sebagai contoh, jus nanas mengandung glukosa sekitar 3,91 g/100 g (USDA, 2019b) sedangkan jus papaya mengandung glukosa sekitar 56 g/100 g (Oliveira et al., 2021). Konsumsi glukosa secara berlebihan dapat bedampak buruk terutama bagi penderita diabetes melitus dengan kadar gula darah (hiperglikemia) ≥ 200 mg/dL (Rahmatunisa dkk., 2021). Oleh karena itu, penting untuk mengetahui kadar kandungan glukosa pada jus buah yang dikonsumsi agar dapat menghindari asupan glukosa berlebihan.

Terdapat beberapa metode yang dapat digunakan untuk mengetahui kadar kandungan glukosa dalam buah-buahan. Salah satu metode yang sering digunakan adalah *High Performance Liquid Chromatography* (HPLC) (Chen et al., 2007). HPLC adalah suatu metode analisis kualitatif, kuantitatif, pemisahan/isolasi dan pemurnian. HPLC merupakan metode kromatografi kolom yang melewatkan molekul analit melalui celah berpori (fase diam), sehingga dapat memisahkan analit sesuai dengan polaritasnya (Nafisa dkk., 2023). Namun demikian metode ini memerlukan waktu analisis yang lama, biaya yang relatif

mahal serta dapat merusak sampel (Tan et al., 2012). Metode lain yang dapat digunakan adalah teknik spektroskopi inframerah-dekat (*Near Infrared Spectroscopy,* NIRS). NIRS dapat mengidentifikasi secara kualitatif maupun kuantitatif kandungan kimia bahan dalam buah dan sayur (Srivichien et al., 2015). Teknik ini dapat mengidentifikasi kandugan kimia bahan dalam waktu relatif singkat, tidak membutuhkan preparasi sampel secara khusus dan tidak merusak sampel (Workman & Weyer, 2007). Karena itu NIRS memungkinkan diterapkan pada pemeriksaan sampel dalam jumlah besar (Sukmono & Subiyanto, 2014). Umumnya spektrum NIR yang diukur dari sampel sejenis memiliki dimensi data yang besar, berpola mirip satu sama lain dan bersifat multikolinearitas (Santi, 2003). Oleh karena itu, hanya dengan mengamati spektrum serapan saja tidak cukup untuk mendapatkan informasi yang bermanfaat. Untuk mengatasi persoalan ini maka spektrum NIR dianalisis menggunakan metode Regresi Kuadrat Terkecil Parsial (*Partial Least Square Regression*, PLSR). Metode PLSR merupakan analisis yang efisien terutama dalam melibatkan variabel yang banyak dan mengatasi masalah multikolinearitas (Chin, 2010). Tujuan penelitian ini adalah untuk membangun model penduga kadar glukosa jus buah menggunakan spetroskopi inframerah dekat (*Near infrared spectroscopy,* NIRS) secara cepat dan tidak merusak sampel.

EKSPERIMEN

Bahan dan Alat

Sampel yang digunakan dalam penelitian ini terbagi menjadi dua kelompok yaitu kelompok larutan glukosa murni untuk membangun model regresi dan kelompok sampel jus buah untuk uji coba model. Sampel untuk pemodelan menggunakan D(+)-Glucose (*Sigma-Aldrich, France)* dengan tingkat kemurnian 99,5 % dan akuades. Sampel untuk uji coba model diperoleh dari berbagai buah segar dari pasar raya Kota Salatiga meliputi tebu, apel, semangka, belimbing, pir, air buah kelapa, buah naga, nanas, melon dan pepaya. Spektrometer NIRFlex *Liquid*® (BUCHI, *Switzerland*) digunakan sebagai perangkat utama dalam akuisisi data spektrum. Spektrometer ini memiliki kemampuan pindai spektrum pada bentangan bilangan gelombang 4000 – 10000 cm^{-1}, dengan interval 4 cm^{-1}. Untuk memastikan akurasi dan kualitas data yang dihasilkan maka pemindaian dilakukan sebanyak 32 kali untuk setiap sampel, sehingga spektrum rerata yang diperoleh memiliki rasio signal terhadap derau yang tinggi pada ragam transmisi.

Preparasi Sampel Glukosa Murni

Pada tahap ini campuran glukosa dan akuades dibuat sejumlah 14 sampel dengan konsentrasi glukosa yang dipilih yaitu 0, 100, 200, 400, 750, 1000, 1250, 1500, 1750, 2000, 2250, dan 2500 mg/dL. Masing-masing sampel ditimbang sesuai dengan berat yang telah ditentukan dan ditambahkan akuades hingga mencapai 20 gram. Glukosa pada setiap sampel dilarutkan menggunakan pengaduk magnetik sampai glukosa terlarut seluruhnya sebelum dimasukan ke dalam kuvet 1 mm.

Preparasi Sampel Jus Buah

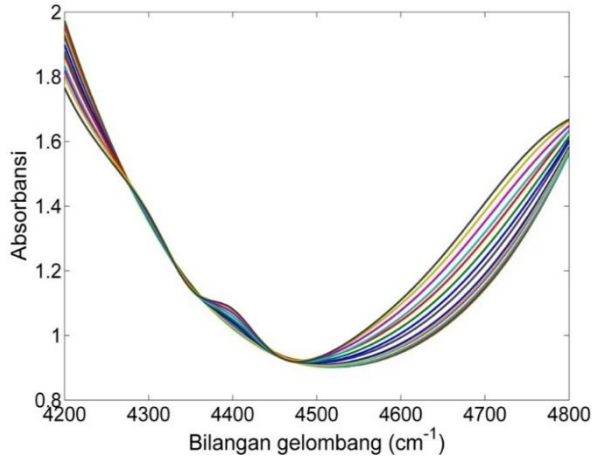
Buah-buahan yang diperoleh dari pasar diperas menjadi jus tanpa pengenceran. Hasil sampel jus buah kemudian disentrifus (*centrifuge*) dengan tujuan untuk memisahkan ampas dan airnya. Jus buah yang diambil setelah dicentrifus masing-masing seberat 10 gram. Tahap selanjutnya, sampel jus buah dimasukan ke dalam kuvet 1 mm dan dipindai menggunakan menggunakan spektrometer NIR.

Prosedur analisis

Spektrum absorbansi NIR glukosa murni dan sampel jus buah masing-masing diperhalus (*smoothing*) menggunakan metode *Savitzky-Golay* polynomial orde 3 dengan pembingkaian 21 untuk menghilangkan derau frekuensi tinggi (Baihaqi dkk., 2021). Setiap spektrum (bilangan gelombang sebagai absis dan absorbans sebagai ordinat) dinormalisasi dan diderivasi terhadap absika sebanyak dua kali sebelum penerapan PLSR. Analisis dilakukan pada rentang bilangan gelombang 4200 – 4800 cm^{-1}. Validasi internal model predikisi menggunakan teknik *Leave One Out*. Penjelasan rinci mengenai PLSR telah dipublikasikan di tempat lain (Abdi, 2010; Ikadianti dkk., 2015). Tingkat akurasi dari model kalibrasi ditentukan dari nilai prediksi kesalahan kuadrat (*Predicted Residual Error Sum Of Square,* PRESS) yang terkecil menggunakan berbagai jumlah variabel laten. Selanjutnya, model prediksi menggunakan PLSR dari sampel larutan glukosa diterapkan pada sampel target yaitu jus buah.

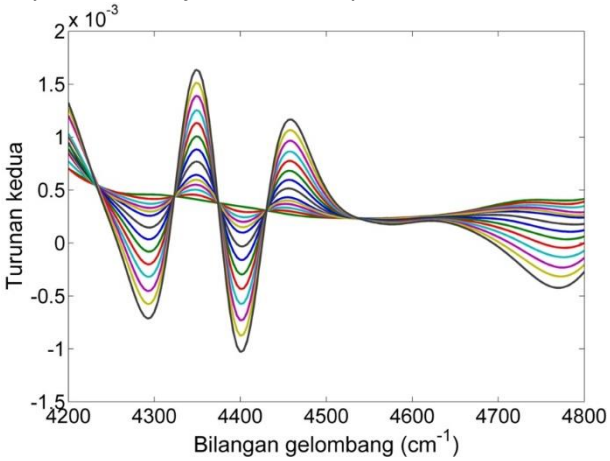
HASIL DAN PEMBAHASAN

Spektrum vibrasi fundamental simetrik dan antisimetrik ikatan O-H pada molekul air muncul pada daerah bilangan gelombang 3500 – 3700 cm^{-1}. Serapan sampel terhadap gelombang elektromangentik pada daerah bilangan gelombang tersebut sangat kuat, sehingga hampir tidak ada gelombang elektromagnetik yang dapat lolos pada lapisan air dengan ketebalan 1 mm. Meskipun begitu, kombinasi vibrasi dan overtone vibrasi tersebut muncul pada bilangan gelombang 4400 – 4800 cm^{-1} dimana absorbansi ini jauh lebih lemah sehingga berada pada tingkat yang dipindai dengan spektrometer NIR. **Gambar 1** menunjukkan spektrum absorbansi glukosa pada bilangan gelombang sekitar 4400 cm^{-1} terdapat puncak yang mengidentifikasikan adanya puncak serapan pada bilangan gelombang sekitar 4700 cm^{-1} dengan struktur melebar. Hal ini telah diketahui dari penelitian sebelumnya bahwa glukosa memiliki pita serapan di sekitar 4400 dan 4300 cm^{-1} karena kombinasi mode *bending* CH dan *stretching* CH, dan di sekitar 4700 cm^{-1} karena adanya kombinasi mode *stretching* OH dan *bending* CH (Kambayashi et al., 2020). Oleh karena itu, daerah bilangan gelombang 4200 – 4800 cm^{-1} dipilih untuk membangun model kalibrasi.



Gambar 1. Spektra campuran glukosa dan akuades

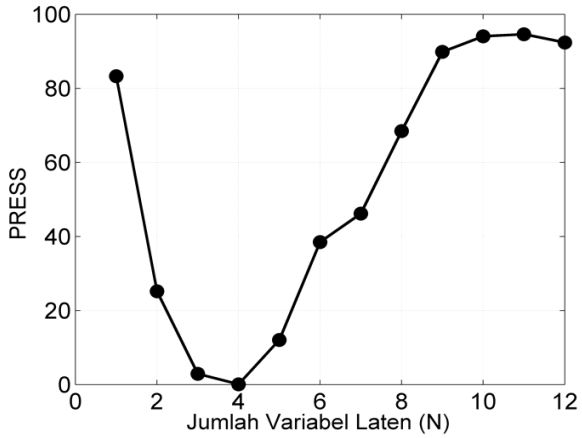
Glukosa larut dengan baik di dalam air tetapi mengalami penyerapan NIR jauh lebih lemah dibandingkan dengan air sehingga perubahan kecil glukosa ini hampir tersembunyi oleh sepektrum absorbansi air. Hal ini dapat dilihat melalui intensitas relatif dan pola spektrum yang tampak serupa meskipun diukur pada 14 konsentrasi yang berbeda. Untuk meningkatkan sensitivitas analisis melalui kalkulasi PLSR maka dilakukan pra perlakuan data dengan menerapkan normalisasi untuk menghilangkan pengaruh perbedaan ukuran partikel sampel. Selanjutnya data spektral tersebut dianalisis dengan melakukan derivasi dua kali absorban terhadap bilangan gelombang. Derivasi pertama berfungsi untuk meniadakan variasi *baseline* sedangkan derivasi kedua berfungsi untuk menaikkan resolusi dan daya pisah spektrum sehingga puncak-puncak yang sebelumnya lebar menjadi lebih sempit.



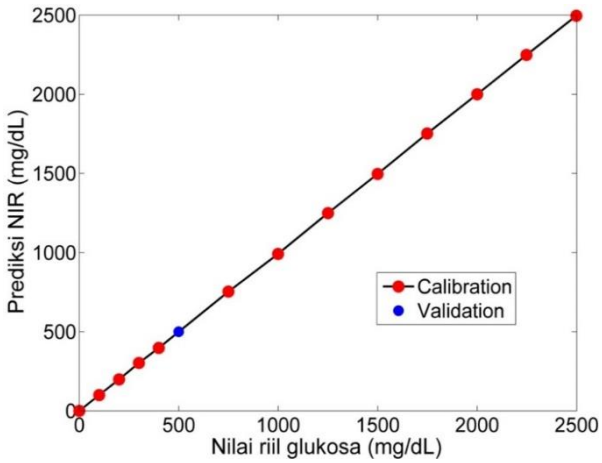
Gambar 2. Spektra derivasi kedua campuran glukosa dan akuades

Gambar 2 menunjukkan peningkatan daya resolusi struktur spektrum dibandingkan dengan spektrum absorbansi sehingga dampak konsentrasi glukosa dapat tertampilkan dengan struktur dan instensitas spektrum yang berbeda. Tampak bahwa antara satu spektrum dengan spektrum lainnya berbeda dimana tidak semua spektrum bertumpang tindih pada daerah tertentu. Spektrum derivasi kedua ini

kemudian digunakan dalam PLSR beserta teknik validasi *leave one out* untuk membangun model kalibrasi. Proses ini diawali dengan mencari nilai PRESS minimum dari kumpulan data validasi. Nilai PRESS minimum dicapai pada jumlah variabel laten, *N=4*, seperti ditunjukkan pada **Gambar 3**.



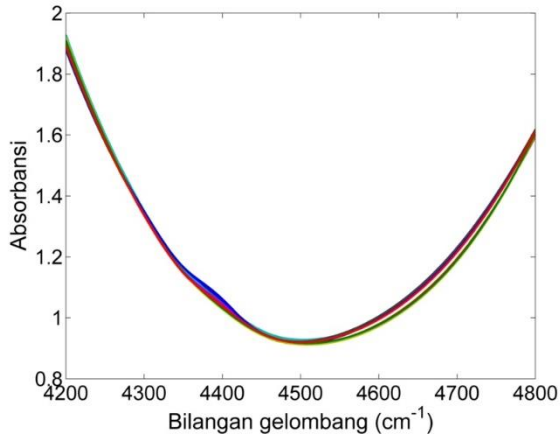
Gambar 3. Nilai prediksi kesalahan kuadrat data validasi



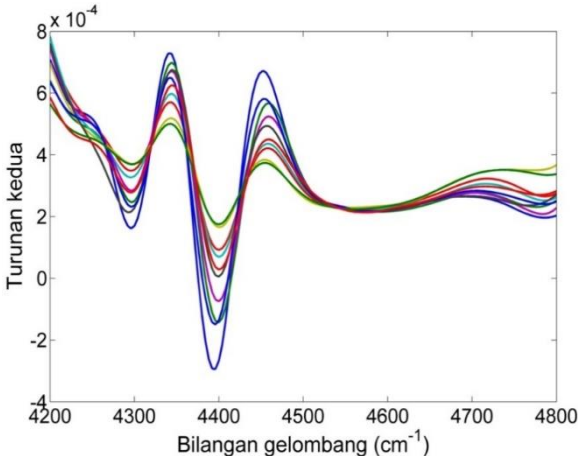
Gambar 4. Prediksi NIRS kandungan glukosa murni menggunakan **metode** PLSR dikombinasikan dengan teknik validasi *leave one out*

Gambar 4 menunjukkan hasil prediksi menggunakan teknik *leave one out* dengan nilai *N=4*. Teknik ini dilakukan dengan cara mengambil satu dari 14 sampel glukosa untuk sampel uji sementara 13 sampel tersisa dipakai untuk membangun persamaan kalibrasi. Prosedur ini diulang untuk keseluruhan sampel. Hasil *leava one out* menunjukkan bahwa nilai RMSE secara diperoleh sebesar 3 mg/dL. Hasil ini mengindikasikan bahwa antara nilai riil dan nilai prediksi memiliki selisih yang kecil. Sampai dengan tahap ini, dapat dikatakan bahwa model kalibrasi dengan *N=4* menggunakan data spektral pada bentangan bilangan gelombang 4200 – 4800 cm^{-1} cukup presisi. Dengan demikian persamaan regresi dari model ini selanjutnya digunakan untuk memprediksi kandungan glukosa sampel jus buah.

Pada tahap penentuan kadar glukosa sampel jus dari buah-buahan yang ada di pasaran, spektrum jus buah diberi pra perlakuan sama seperti pada data spektrum glukosa murni, yaitu meliputi proses pemotongan daerah bilangan gelombang yang akan dianalisis pada bilangan gelombang 4200 – 4800 cm^{-1}, dinormalisasi, dan dilakukan derivasi kedua. Hal ini dilakukan untuk memastikan bahwa spektrum sampel target (jus buah) diperlakukan setara dengan spektrum sampel glukosa. Spektrum jus buah ditunjukkan pada **Gambar 5** sedangkan spektrum derivasi kedua pada ditunjukkan pada **Gambar 6.**



Gambar 5. Spektrum absorbansi jus buah



Gambar 6. Spektra turunan kedua sampel jus buah

Tabel 1. Hasil prediksi kandungan glukosa jus buah

Jus Buah	Hasil Prediksi Kandungan Glukosa (mg/dL)	Referensi Kandungan Glukosa (mg/dL)	Referensi
Tebu	713	2270	Longvah et al. (2017)
Apel	671	1030	Longvah et al., 2017)
Semangka	359	310	Sabeetha et al. (2018)
Belimbing	413	1730	Longvah. (2017)
Pir	589	1710	Híc et al. (2023)
Air Kelapa	247	-	-
Buah Naga	544	160	Gendro Sari. (2017)
Nanas	575	1310	USDA. (2019)
Melon	256	550	USDA. (2019)
Pepaya	512	1150	Longvah et al. (2017)

Tabel 1 menunjukkan hasil prediksi kadar glukosa jus buah menggunakan kalibrator glukosa murni. dan perbandingannya dengan kandungan glukosa buah dari berbagai referensi yang tersedia. Dari tabel tersebut, terlihat bahwa ada perbedaan yang cukup signifikan antara hasil prediksi dan nilai referensi dari beberapa jenis buah. Seperti pada buah tebu, hasil prediksi NIRS adalah 713 mg/dL dan pada referensi adalah 2270 mg/dL, sehingga terjadi selisih antara prediksi NIRS dan referensi mencapai 1557 mg/dL. Meskipun demikian, terdapat juga hasil predilksi NIRS yang mendekati nilai referensi, seperti pada buah semangka, dimana hasil prediksi 359 mg/dL dan referensinya adalah 310 mg/dL denagn selisiha sebesar 49 mg/dL. Perbedaan ini kemungkinan disebabkan oleh faktor-faktor seperti masa panen, waktu penyimpanan, suhu penyimpanan, varietas tanaman dan berbagai faktor lain yang berhubungan dengan penanganan buah (Purnomo dkk., 2017; Siswanto, 2010). Adapun keterbatasan dari penelitian ini adalah belum adanya data untuk kadar kandungan glukosa pada setiap sampel jus buah yang digunakan sehingga penentuan kadar glukosa pada sampel yang sama menggunakan teknik lain masih perlu dilakukan. Penentuan menggunakan

brix meter tidak dapat mementukan kadar glukosa saja mengingat komponen lain seperti sukrosa dan fruktosa selalu ada dalam jus buah. Penentuan kadar glukosa dengan HPLC kemungkinan dapat digunakan sebagai referensi kadar glukosa pada sampel yang sama.

KESIMPULAN

Pendugaan konsentrasi kadar glukosa pada jus buah dapat dilakukan menggunakan NIRS yang diikuti dengan analisis PLSR. Prediksi konsentrasi glukosa dalam jus buah, dapat dilakukan dengan memanfaatkan serapan NIR pada bilangan gelombang 4200 – 4800 cm^{-1}. dan jumlah variable laten *N = 4*. Pada penelitian ini PLSR dari spektrum derivasi kedua memberikan hasil lebih baik dibandingkan dengan spektrum absorbansi ataupun derivasi pertama dimana spektrum derivasi kedua dapat meningkatkan daya pisah spektral . Model kalibrasi menggunakan campuran akuades dan glukosa sebagai data kalibrasi berpotensi digunakan untuk menentukan secara cepat kadar glukosa pada jus buah dipasaran dengan bentangan konsentrasi antara 0 – 2500 mg/dL.

DAFTAR PUSTAKA

Abdi, H. (2010). Partial least squares regression and projection on latent structure regression (PLS Regression). *Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Statistics*, *2*(1), 97–106. https://doi.org/10.1002/wics.51

Amao, I. (2018). Health Benefits of Fruits and Vegetables: Review from Sub-Saharan Africa. *Vegetables - Importance of Quality Vegetables to Human Health*. https://doi.org/10.5772/intechopen.74472

Baihaqi, M. Y., Lumoindong, C. W. D., & Vincent, V. (2021). Simulasi Perbandingan Filter Savitzky Golay dan Filter Low Pass Butterworth pada Orde Ketiga Sebagai Pembatal Kebisingan. *KONSTELASI: Konvergensi Teknologi Dan Sistem Informasi*, *1*(2), 226–232. https://doi.org/10.24002/konstelasi.v1i2.4294

Chen, Q., Zhao, J., Fang, C. ., & Wang, D. (2007). Feasibility study on identification of green, black and Oolong teas using near-infrared reflectance spectroscopy based on support vector machine (SVM). *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, *66(3)*, 568–574.

Chin, W. W. (2010). Handbook of Partial Least Squares. In *Handbook of Partial Least Squares*. https://doi.org/10.1007/978-3-540-32827-8

Gendro Sari, S., Susi, & Nurlely. (2017). Komposisi Kandungan Gula Buah Naga *Hylocereus costaricensis* yang Tumbuh di Perkebunan Anorganik Banjarbaru, Kalimantan Selatan. *Borneo Journal Pharmascientech*, *01*(02).

Híc, P., Kožíšková, J., Omastová, P., Balík, J., Goliáš, J., & Horák, M. (2023). Physiochemical Changes of European Pear cv. Conference and Asian Pear cv. Yali during Cold Storage. *Horticulturae*, *9*(3), 378. https://doi.org/10.3390/horticulturae9030378

Ikadianti, R., Rahawati, R., & Rusgiyono, A. (2015). Pemodelan Jumlah Uang Beredar Menggunakan Partial Least Squares Regression (Plsr) Dengan Algoritma Nipals (Nonlinear Iterative Partial Least Squares). *Gaussian*, *4*(3), 661–668.

Kambayashi, T., Noguchi, T., Nojima, A., Kono, S., Taniguchi, S. I., & Ozaki, Y. (2020). Glucose Monitoring in Cell Culture with Online Ultrasound-Assisted Near-Infrared Spectroscopy. *Analytical Chemistry*, *92*(4), 2946–2952. https://doi.org/10.1021/acs.analchem.9b03354

Longvah, T., Ananthan, R., Bhaskarachary, K., & Venkaiah, K. (2017). Indian Food Compostion Tables. In T. Longvah (Ed.), *National Institute of Nutrition*. National Institute of Nutrition Indian Council of Medical Research.

Nafisa, S., Rohmah, S., Nihan, Y. A., Nurfadhila, L., & Utami, M. R. (2023). Review: Analisis Senyawa Obat

Warfarin dalam Plasma Darah dengan Metode HPLC/KCKT. *Journal of Pharmaceutical and Sciences*, *6*(2), 479–494. https://doi.org/10.36490/journal-jps.com.v6i2.143

Nur Ramadhani, Q. A., Garini, A., Nurhayati, N., & Harianja, S. H. (2019). Perbedaan Kadar Glukosa Darah Sewaktu Menggunakan Serum Dan Plasma Edta. *JPP (Jurnal Kesehatan Poltekkes Palembang)*, *14*(2), 80–84. https://doi.org/10.36086/jpp.v14i2.407

Oliveira, I., Heleno, S. A., Carocho, M., Santos-Buelga, C., Ferreira, I. C. F. R., & Barros, L. (2021). Nutritional profile of papaya peels, pulp, and seeds (Carica papaya L.). *5th International Symposium on Phytochemicals in Medicine and Food (5-ISPMF)*.

Pal, M., & Molnár, J. (2021). Growing Importance of Fruits and Vegetables in Human Health. *International Journal of Food Science and Agriculture*, *5*(4), 567–569. https://doi.org/10.26855/ijfsa.2021.12.001

Purnomo, E., Suedy, S. W. A., & Haryanti, S. (2017). Pengaruh Cara dan Waktu Penyimpanan terhadap Susut Bobot, Kadar Glukosa dan Kadar Karotenoid Umbi Kentang Konsumsi (Solanum tuberosum L. Var Granola). *Buletin Anatomi Dan Fisiologi*, *2*(2), 107. https://doi.org/10.14710/baf.2.2.2017.107-113

Rahmatunisa, A. N., Ali, Y., & MS, E. M. (2021). Perbandingan Hasil Pemeriksaan Glukosa Darah Pada Serum Segera Dan Ditunda Selama 24 Jam. *PREPOTIF : Jurnal Kesehatan Masyarakat*, *5*(2), 1180–1185. https://doi.org/10.31004/prepotif.v5i2.2112

Sabeetha, S., Barakatun Nisak, M. Y., & Amin, I. (2018). Glycemic index of selected watermelon (Citrullus lanatus). *International Food Research Journal*, *25*(6), 2547–2552.

Santi, V. M. (2003). Penerapan Partial Least Square Regression (Plsr) Pada Pemodelan Kalibrasi Senyawa Aktif Kurkumin. *Prosiding SNaPP2011 Sains, Teknologi, Dan Kesehatan*, *33*(December), 171–175.

Siswanto, I. (2010). Meningkatkan Kadar Gula Buah Melon. In *MT. Dosen Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian UPN "Veteran" Jawa Timur ISBN*.

Srivichien, S., Terdwongworakul, A., & Teerachaichayut, S. (2015). Quantitative prediction of nitrate level in intact pineapple using Vis–NIRS. *Journal of Food Engineering*, *150*, 29–34.

Sukmono, A., & Subiyanto, S. (2014). Penggunaan Partial Least Square Regression (PLSR) untuk Mengatasi Multikolinearitas dalam Estimasi Klorofil Daun Tanaman Padi dengan Citra Hiperspektral. *GEOID*, *10*, *No.01*, 93–98.

Tan, S.-M., Luo, R., Zhou, Y.-P., Gong, H., & Tan, Z. (2012). Rapid and non-destructive discrimination of tea varieties by near infrared diffuse reflection spectroscopy coupled with classification and regression trees. *African Journal of Biotechnology*, *11*(9), 2303–2312. https://doi.org/10.5897/ajb11.2648

USDA. (2019a). Melons, cantaloupe, raw. Retrieved from U.S Department of Agriculture. Food Data Central website: https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/169092/nutrients

USDA. (2019b). Pineapple, raw, traditional varieties. Retrieved from U.S Department of Agriculture. Food Data Central website: https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/168193/nutrients

Workman, J. . J., & Weyer, L. (2007). Practical Guide to Interpretive Near-Infrared Spectroscopy. In *Practical Guide to Interpretive Near-Infrared Spectroscopy*. https://doi.org/10.1201/9781420018318

Zaitoun, M., Ghanem, M., & Harphoush, S. (2018). Sugars: Types and Their Functional Properties in Food and Human Health. *International Journal of Public Health Research*, *6*(4), 93–99.