**JURNAL RONA TEKNIK PERTANIAN**
**ISSN: 2085-2614; e ISSN : 2528-2654**
**Journal homepage: https://jurnal.usk.ac.id/RTP**

# Literatur Review : Efektivitas NIRS dalam Mengukur Kandungan Air dan Kadar Gula pada Tanaman Hortikultura

**Mardiantono[1*)], Sri Hartuti[1)],**

[1]Program Studi Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh, Indonesia

*Email: Mardiantono@usk.ac.id

**Abstrak**

*Near-Infrared Spectroscopy* (NIRS) merupakan teknologi *non-destruktif* yang semakin banyak digunakan dalam bidang pertanian untuk analisis kualitas tanaman secara cepat dan efisien. Dalam konteks hortikultura, NIRS menawarkan potensi besar untuk mengukur parameter penting seperti kandungan air dan kadar gula yang menjadi indikator utama mutu hasil panen. Tujuan penelitian ini adalah mengkaji dan mengevaluasi efektivitas metode NIRS. Artikel ini menyajikan tinjauan literatur terhadap efektivitas penggunaan NIRS dalam mengukur kedua parameter tersebut pada berbagai jenis tanaman hortikultura. Studi literatur dilakukan terhadap publikasi ilmiah terkini (2020-2024) yang mengevaluasi keakuratan prediksi, metode kalibrasi, dan penerapan teknologi NIRS di lapangan. Hasil kajian menunjukkan bahwa NIRS mampu menghasilkan prediksi yang baik dengan nilai koefisien determinasi ($R^2$) yang tinggi, baik dalam pengukuran kandungan air maupun kadar gula pada tanaman hortikultura. Namun, efektivitas NIRS sangat dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti variabilitas sampel, kondisi lingkungan, dan kebutuhan model kalibrasi yang tepat. Oleh karena itu, NIRS merupakan alat prospektif untuk pemantauan kualitas hasil hortikultura secara *real-time*, meskipun masih diperlukan pengembangan lebih lanjut untuk mengatasi keterbatasan teknis dan operasional di lapangan.

**Kata kunci:** *Near-Infrared Spectroscopy* (NIRS), hortikultura, kandungan air, kadar gula, *non-destruktif*.

# Literature Review: The Effectiveness of NIRS in Measuring Water Content and Sugar Levels in Horticultural Corps

**Mardiantono[1*)], Sri Hartuti[1)],**

[1]Agricultural Engineering Department, Faculty of Agriculture,
Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh, Indonesia

*Email: Mardiantono@usk.ac.id

**Abstract**

Near-Infrared Spectroscopy (NIRS) is a non-destructive technology that is increasingly utilized in agriculture for rapid and efficient plant quality analysis. In the context of horticulture, NIRS offers significant potential for measuring key parameters such as water content and sugar levels, which are primary indicators of post-harvest quality. This article presents a literature review on the effectiveness of NIRS in measuring these two parameters across various horticultural crops. The review covers recent scientific publications (2020-2024) that evaluate prediction accuracy, calibration methods, and field aplications of NIRS technology. The findings indicate that NIRS can produce accurate predictions with high coefficients of determination ($R^2$) for both water content and sugar level measurements in horticultural plants. However, the effectiveness of NIRS is a promising tool for real-time monitoring of horticultural product, further development is needed to overcome technical and operational limitations in field aplications.

**Keywords:** Near-Infrared Spectroscopy (NIRS), Horticulture, Water Content, Sugar Level, Non-Destructive

## PENDAHULUAN

Tanaman hortikultura yang mencakup buah-buahan, sayuran, dan tanaman hias, memiliki nilai ekonomi dan nutrisi yang tinggi. Kualitas produk hortikultura sangat ditentukan oleh parameter internal seperti kadar air dan kandungan gula, yang mempengaruhi rasa, umur simpan, dan preferensi konsumen (Wold et al., 2021). Oleh karena itu, pengukuran akurat terhadap parameter tersebut menjadi penting dalam berbagai tahap produksi, mulai dari panen hingga distribusi.

Metode konvensional yang digunakan untuk mengukur kadar air dan gula umumnya bersifat destruktif, memerlukan preparasi sampel yang kompleks, dan tidak efisien untuk pengujian dalam skala besar atau waktu nyata (Baranski et al., 2020). Dalam konteks inilah teknologi *Near-Infrared Spectroscopy* (NIRS) menjadi relevan. NIRS merupakan Teknik analisis non-destruktif yang menggunakan interaksi Cahaya inframerah-dekat dengan materi untuk mengidentifikasi kandungan kimia dalam suatu sampel (Li et al., 2023). Aplikasi NIRS dapat memberikan Solusi untuk pendugaan kandungan kimia pada bahan pertanian (Risqa et al., 2023). Teknologi ini telah banyak digunakan dalam bidang pertanian presisi untuk menilai kualitas hasil panen secara cepat dan tanpa merusak sampel.

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa NIRS mampu memprediksi kadar gula seperti sukrosa, glukosa, dan fruktosa, serta kandungan air pada buah dan sayuran dengan tingkat akurasi yang tinggi (Xie et al., 2021; Mishra et al., 2022). Keunggulan lainnya adalah kemudahan integrasi NIRS dengan perangkat portable dan sistem pengolahan data berbasis kecerdasan buatan, yang memungkinkan monitoring kualitas secara *real-time* di lapangan (Chen et al., 2023). Namun demikian, akurasi pengukuran NIRS sangat tergantung pada faktor kalibrasi instrument, variasi biologis tanaman, dan kondisi

lingkungan, sehingga masih diperlukan kajian lebih lanjut untuk menilai efektivitasnya secara luas di sektor hortikultura (Martins et al., 2021)

Melalui literatur review ini, dibahas efektivitas NIRS dalam mengukur kandungan air dan kadar gula pada tanaman hortikultura berdasarkan publikasi ilmiah terkini (2020-2024). Kajian ini bertujuan untuk merangkum perkembangan terbaru, mengidentifikasi tantangan, serta mengevaluasi potensi penggunaan NIRS dalam mendukung sistem pertanian modern yang efisien dan berkelanjutan.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan pendekatan studi literatur sistematis (*systemic literature review*) untuk mengkaji efektivitas teknologi *Near-Infrared Spectroscopy* (NIRS) dalam mengukur kandungan air dan kadar gula pada tanaman hortikultura. Metode ini dipilih karena mampu mengintegrasikan berbagai temuan dari penelitian terdahulu secara kritis dan terstruktur guna memperoleh pemahaman menyeluruh terkait topik yang dibahas.

### Sumber dan Strategi Pencarian Data

Data literatur dikumpulkan dari berbagai basis data ilmiah terpercaya seperti ScienceDirect, PubMed, Scopus, dan Google Scholar, dengan rentang waktu publikasi dari 2020-2024. Kata kunci yang digunakan dalam proses pencarian mencakup : *Near-Infrared Spectroscopy*, *NIRS and horticulture, water content prediction in fruits using NIRS, non-destructive, sugar conten estimation using NIR, non-destructive fruit quality analysis, hyperspectral imaging in horticulture.* Operator Boolen seperti AND, OR, dan NOT digunakan untuk mempersempit atau memperluas pencarian sesuai kebutuhan.

### Kriteria Inklusi dan Eksklusi

Penelitian ini menggunakan kriteria Inklusi dan Ekslusi agar hasil kajian fokus dan relevan. Kriteria Inklusi yang digunakan ialah artikel berbahasa Inggris atau Indonesia, artikel penelitian (bukan editorial, opini, atau abstrak saja), penelitian menggunakan NIRS untuk pengukuran kandungan air atau kadar gula pada tanaman hortikultura, penelitian menggunakan pendekatan non-destruktif, serta data validasi ($R^2$, RMSE, RPD, dan lain-lain) tersedia. Sedangkan kriteria ekslusinya ialah studi berbasis metode destruktif, penelitian yang hanya fokus pada tanaman non-hortikultura (misalnya biji-bijian, kayu, dan lain-lain) serta duplikat dari berbagai database.

### Teknik Analisis Literatur

Seluruh artikel yang diperoleh dianalisis secara kualitatif dengan meninjau aspek-aspek utama yaitu diantaranya jenis tanaman hortikultura yang dikaji, parameter kualitas yang diukur (kadar gula, air, atau keduanya), jenis alat NIRS dan Panjang gelombang yang digunakan, Teknik kalibrasi dan validasi (misalnya PLS, PCA, SVM), hasil pengukuran (termasuk nilai $R^2$, RMSE, bias, dan akurasi prediksi), serta tantangan atau keterbatasan yang dilaporkan dalam penggunaan NIRS. Data dari masing-masing artikel kemudian disintesis untuk mengidentifikasi tren umum, kesenjangan penelitian, dan rekomendasi pengembangan selanjutnya.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan berbagai studi yang dianalisis, Near Infrared Reflectance Spectroscopy (NIRS) menunjukkan akurasi tinggi dalam mengukur kadar gula dan kandungan air pada tanaman hortikultura. Berikut ringkasan hasil penelitiam tentang

Efektivitas NIRS dalam mengukur kualitas tanaman hortikultura dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Ringkasan hasil penelitian Efektivitas NIRS dalam mengukur kualitas pada Tanaman Hortikultura

| No | Peneliti (Tahun) | Tanaman | Parameter yang diukur | Metode NIRS/Model | Hasil Utama ($R^2$/Keterangan) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Xie et al. (2021) | Bayberry | Sukrosa, Glukosa, Fluktosa | NIRS + Chemometric (PLSR) | $R^2$ = 0,746-0,993 |
| 2 | Chen et al. (2023) | Semangka | Kadar Gula (ºBrix) | NIRS Portabel + ML | Akurasi tinggi, prediksi *real-rime* |
| 3 | Martins et al. (2021) | Kaktus Buah | Kandungan air | NIRS Spectroskopi | $R^2 = 0{,}75$ |
| 4 | Li et al. (2023) | Ubi Jalar, Kentang | Kandungan air | Hyperspectral NIRS | $R^2$ hingga 0,96 |
| 5 | Mishra et al. (2022) | Tomat, melon, pir | Gula total (ºBrix) | NIRS + PCA/PLS | Prediksi akurat tergantung kalibrasi |
| 6 | Wold et al. (2022) | Berbagai buah | Kadar gula dan air | NIRS Non-destruktif | Akurasi baik, valid untuk analisis cepat |
| 7 | Barariski et al. (2020) | Sayuran & Buah umum | Kadar air dan antioksidan | NIRS + spectral analisis | Validasi baik, rekomendasi untuk lapangan |

**Efektivitas NIRS dalam mengukur Kadar Gula pada Tanaman Hortikultura**

Kadar gula merupakan salah satu indikator penting kualitas rasa buah hortikultura, yang terdiri dari gula sederhana seperti sukrosa, glukosa, dan fruktosa. Berbagai studi menunjukkan bahwa NIRS mampu memprediksi kadar gula secara *non-destruktif* dengan tingkat akurasi yang tinggi. Xie et al. (2021) menunjukkan bahwa NIRS berhasil mengestimasi kadar sukrosa, glukosa, fruktosa dalam jus bayberry dengan nilai koefisien determinasi ($R^2$) berkisar antara 0,746 hingga 0,993. Demikian pula, studi oleh Chen et al. (2023) menunjukkan bahwa penggunaan NIRS *portable* yang dikombinasikan dengan *algoritma machine learning* mampu memprediksi tingkat kemanisan buah dengan akurasi tinggi pada berbagai lingkungan. Pada semangka, kombinasi NIRS dan Raman Spectroscopy menghasilkan prediksi kadar gula yang akurat dan konsisten, bahkan pada kondisi *in-situ*, menunjukkan bahwa metode ini dapat digunakan untuk seleksi buah matang tanpa perlu pemotongan (Sensors, 2023). Penerapan NIRS pada buah tomat, pir, dan melon juga memperlihatkan potensi tinggi dalam mengukur ºBrix sebagai indicator kadar gula total.

Secara umum, kemampuan NIRS untuk mengukur kadar gula sangat tergantung pada proses kalibrasi awal yang kuat, spektrum Panjang gelombang yang digunakan (biasanya 900-1700 nm), dan Teknik pemrosesan sinyal seperti PLSR (*Partial Least Squares Regression*)

**Efektivitas NIRS dalam Mengukur Kandungan Air pada Tanaman Hortikultura**

Kandungan air juga menjadi parameter utama yang memengaruhi kesegaran, tekstur, dan masa simpan buah dan sayuran. NIRS terbukti mampu memberikan estimasi kandungan air secara cepat dan tanpa merusak produk. Penelitian oleh Martins et al. (2021) menunjukkan bahwa NIRS dapat digunakan untuk memperkirakan kadar air pada buah Kaktus dengan nilai $R^2$ mencapai 0,75. Semetara itu, Li et al. (2023) mengungkapkan bahwa hyperspectral imaging berbasis NIRS yang diaplikasikan pada ubi jalar dan kentang mampu mencapai akurasi prediksi yang sangat tinggi ($R^2$ hingga 0,96), menjadikannya alat potensial dalam sistem sortir otomatis. Keberhasilan prediksi kandungan air sangat bergantung pada variasi alami kadar air antar sampel dan Teknik normalisasi data (seperti MSC atau SNV). Kondisi lingkungan seperti suhu dan kelembapan juga dapat mempengaruhi hasil prediksi, sehingga diperlukan sistem koreksi atau rekalibrasi yang adaptif.

**Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Akurasi NIRS**

Meskipun NIRS menjanjikan akurasi tinggi, efektivitas sangat bergantung pada beberapa factor teknis dan biologis, antara lain:

a. **Variabilitas biologis tanaman**: Perbedaan genetik, tingkat kematangan, dan kondisi fisiologis dapat menyebabkan spektrum berbeda untuk parameter yang sama (Mishra et al., 2022).
b. **Model Kalibrasi dan Validasi**: Keakuratan NIRS sangat dipengaruhi oleh model kalibrasi yang dibangun menggunakan data referensi. Teknik seperti PLSR dan ANN (*Artificial Neural Networks*) sering digunakan, namun membutuhkan data pelatihan yang luas dan beragam.
c. **Jenis Instrumen dan Panjang Gelombang**: Instrumen portable umumnya memiliki keterbatasan jangkauan spektrum disbanding perangkat laboratorium. Pemilihan rentang gelombang optimal sangat penting untuk parameter tertentu.
d. **Kondisi Lingkungan saat Pengukuran**: Suhu, kelembapan, dan pencahayaan dapat mempengaruhi pantulan spektral. Oleh karena itu, penggunaan dalam kondisi lapangan perlu disertai metode koreksi yang memadai.

**Potensi dan Tantangan Implementasi NIRS di Lapangan**

Dalam konteks praktik pertanian presisi, integrasi NIRS ke dalam proses sortasi hasil panen atau sistem monitoring kualitas memiliki potensi besar. Penggunaan perangkat NIRS portabel atau sensor berbasis drone dapat mempercepat proses seleksi buah matang dan meminimalkan kerugian pascapanen. Namun, tantangan utama dalam adopsi luas teknologi ini disektor hortikultura adalah biaya awal perangkat dan kalibrasi, kompleksitas interpretasi data spectral oleh operator lapangan, ketergantungan pada model prediktif spesifik untuk setiap jenis buah. Pengembangan sistem otomatis berbasis AI dan *cloud computing* menjadi arah penting untuk mendukung penerapan NIRS secara praktis dan *real-time*.

**KESIMPULAN**

Berdasarkan kajian literatur yang telah dilakukan,dapat disimpulkan bahwa *Near-Infrared Spectroscopy* (NIRS) merupakan teknologi yang sangat menjanjikan dalam pengukuran *non-destruktif* kualitas tanaman hortikultura, khususnya dalam mengukur kandungan air dan kadar gula. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa NIRS mampu menghasilkan estimasi yang akurat, cepat dan efisien terhadap kedua parameter tersebut, dengan nilai koefisien determinasi ($R^2$) yang cukup tinggi, terutama ketika dikombinasikan dengan metode kalibrasi seperti PLSR atau algoritma pembelajaran mesin. NIRS menunjukkan efektivitas pada berbagai jens buah dan sayuran seperti

bayberry, semangka, tomat, melon dan ubi jalar. Keunggulan utamanya terletak pada kemampuannya melakukan analisis kualitas secara *real-time* tanpa merusak sampel, sehingga sangat cocok untuk diterapkan dalam sistem, pemrosesan pascapanen dan seleksi mutu hasil hortikultura. Namun demikian, akurasi NIRS masih sangat bergantung pada kualitas data kalibrasi, variabilitas biologis tanaman, model kalibrasi dan validasi, jenis instrumen dan panjang gelombang, serta kondisi lingkungan saat pengukuran. Oleh karena itu, pengembangan lebih lanjut diperlukan dalam hal peningkatan model prediksi yang stabil dan akurat, integrasi dengan sistem berbasis AI, serta penyederhanaan perangkat untuk aplikasi lapangan. Dengan potensi besar yang dimilikinya, NIRS diharapkan menjadi salah satu teknologi kunci dalam mendukung agroindustri modern yang efisien, presisi dan berkelanjutan.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada program studi Teknik Pertanian Universitas Syiah Kuala serta seluruh penulis yang saya jadikan rujukan dalam penulisan artikel ini.

## DAFTAR PUSTAKA

Barański, M.,Rempelos, L.Iversen, P.O., & Leifert. C. (2020). Impact of analytical method on estimates of fruit and vegetable quality: A meta-analysis of phenolic content and antioxidant capacity. *Frontiers in Plant Science*, 11, 550145. https://doi.org/10.3389/fpls.2020.550145

Chen, Q., Xie, L., Lin, Z., Zhang, H., Wu, W., & Wu, D. (2023). Real-time fruit sweetness prediction using portable NIR combined with machine learning. *Biosystems Engineering*, 225, 1–10. https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2022.11.005

Li, J., Xu, L., Lu, Y., Li, C., Li, Y., & Chen, Q. (2023). A review of portable NIR spectroscopy in fruit quality detection. *Sensors*, 23(2), 878. https://doi.org/10.3390/s23020878

Martins, A., Sousa, D., & Oliveira, J. (2021). Limitations and perspectives of NIRS for in-field assessment of fruit internal quality. *Journal of Food Engineering*, 299, 110505. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2021.110505

Mishra, P., Nordon, A., Tschannerl, J. Barreiro, P., Roger, J. M., & Diezma, B. (2022). Recent advances in applications of NIR spectroscopy for fruit quality evaluation. *Computers and Electronics in Agriculture*, 194, 106781. https://doi.org/10.1016/j.compag.2022.106781

Risqa M D., F. C. Safliany., A. Nur., H. Al-Annari., D. A. Ananta., dan Zulfahrizal (2023). Pendugaan kadar air patchouli Alkohol pada minya nilam variasi menggunakan teknologi near infrared reflectance spectroscopy dengan metode PLSR. *Jurnal Rona Teknik Pertanian*, *Universitas Syiah Kuala*. 16 (1) : 35-44.

Wold, J. P., Veiseth-Kent, E., Host, V., & Lovland, A. (2021). Nondestructive measurement of quality parameters in fresh produce using NIR spectroscopy: A review. *Postharvest Biology and Technology*, 174, 111467. https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2020.111467

Xie, L., Wu, D., He, Y., & Wang, Z. (2021). Non-Invasive Methods for Predicting the Quality of Processed Horticultural Food Products, with Emphasis on Dried Powders, Juices and Oils: A Review. *Foods*, 10(12), 3061. https://doi.org/10.3390/foods10123061