

**SIMULASI ALAT NIR UNTUK ANALISIS NUTRISI PAKAN TERNAK
BERBASIS MODEL KECERDASAN
BUATAN *HYBRID***

SKRIPSI

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer (S. Kom)
Pada Program Studi Teknik Informatika



Disusun Oleh :

Adinda Meylia Salsabila

NPM : 2213020100

**FAKULTAS TEKNIK DAN ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS NUSANTARA PGRI KEDIRI**

2026

Skripsi Oleh :

Adinda Meylia Salsabila

NPM : 2213020100

Judul :

**SIMULASI ALAT NIR UNTUK ANALISIS NUTRISI PAKAN
TERNAK BERBASIS MODEL KECERDASAN
BUATAN *HYBRID***

Telah Disetujui Untuk Diajukan Kepada Panitia Ujian/Sidang Skripsi
Program Studi Teknik Informatika Fakultas Teknik Dan Ilmu Komputer
Universitas Nusantara PGRI Kediri
Tanggal : 19 Juni 2026

Pembimbing I



Intan Nur Farida, M.Kom
NIDN. 0704108701

Pembimbing II



Ardi Sanjaya, M.Kom.
NIDN. 0706118101

Skripsi Oleh :

Adinda Meylia Salsabila

NPM : 2213020100

Judul :

**SIMULASI ALAT NIR UNTUK ANALISIS NUTRISI PAKAN
TERNAK BERBASIS MODEL KECERDASAN
BUATAN *HYBRID***

Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian/Sidang Skripsi
Program Studi Teknik Informatika Fakultas Teknik Dan Ilmu Komputer

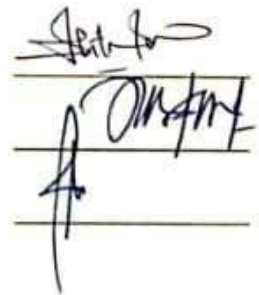
Universitas Nusantara PGRI Kediri

Pada tanggal : 16 Juli 2026

Dan Dinyatakan telah Memenuhi Syarat

Panitia Penguji :

1. Ketua : Intan Nur Farida, M.Kom.
2. Penguji I : Risa Helilintar, M.Kom
3. Penguji II : Ardi Sanjaya, M.Kom.



Mengetahui,
Dekan FTIK

Dr. Sulistiono, M.Si
NIDN. 0007076801

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini saya,

Nama : Adinda Meylia Salsabila

Jenis Kelamin : Perempuan

Tempat/tgl. Lahir : Kediri, 08 Mei 2004

NPM : 2213020100

Fakultas/Prodi : Teknik dan Ilmu Komputer/Teknik Informatika

Menyatakan dengan sebenarnya, bahwa dalam Skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya tidak dapat karya tulis atau pendapat yang pernah diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara sengaja dan tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Kediri, 10 Juni 2026

Yang Menyatakan



Adinda Meylia S

NPM : 2213020100

HALAMAN PERSEMBAHAN

Penulisan skripsi ini dengan tulus saya dedikasikan kepada:

1. Kedua orang tua saya, yang dengan penuh kesabaran senantiasa mendoakan, memberikan dukungan terbaik, serta menjadi sumber motivasi tak henti-hentinya dalam perjalanan menyelesaikan skripsi ini.
2. Adik-adik saya, yang selalu memberikan semangat dan dukungan moral, sehingga saya dapat menyelesaikan proses ini dengan baik.
3. Seluruh dosen Universitas Nusantara PGRI Kediri, yang telah memberikan bimbingan, ilmu, dan pelajaran berharga, baik dalam ranah akademik maupun kehidupan sehari-hari.
4. Teman-teman seperjuangan di kampus, yang menjadi tempat berbagi suka dan duka, serta saling menyemangati selama menjalani masa perkuliahan hinggatahap akhir ini.
5. Almamater tercinta, Universitas Nusantara PGRI Kediri, yang telah menjadi tempat saya tumbuh, belajar, dan mengembangkan diri selama masa perkuliahan.
6. Semua pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu, yang telah memberikan kontribusi dalam berbagai bentuk dukungan selama proses penyusunan skripsi ini.

Semoga dedikasi ini dapat menjadi penghormatan atas semua dukungan, doa, dan kebersamaan yang telah diberikan.

HALAMAN RINGKASAN

ADINDA MEYLIA SALSABILA Simulasi Alat Nir Untuk Analisis Nutrisi Pakan Ternak Berbasis Model Kecerdasan Buatan *Hybrid*, Skripsi, Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Nusantara PGRI Kediri, 2026

Kata Kunci : Kecerdasan Buatan *Hybrid*, *Near Infrared Spectroscopy* (NIR), *Autoencoder*, *Artificial Neural Network* (ANN), Prediksi Nutrisi Pakan.

Penelitian ini bertujuan untuk membangun sistem kecerdasan buatan *Hybrid* yang mampu mensimulasikan sinyal spektral *Near Infrared* (NIR) dan memprediksi kandungan nutrisi pakan sapi. Model *Autoencoder* digunakan untuk menghasilkan sinyal spektral tiruan yang menyerupai data NIR asli, sedangkan *Artificial Neural Network* (ANN) digunakan untuk memprediksi kandungan nutrisi berupa protein kasar, bahan kering, abu, lemak kasar, dan serat kasar. Sistem dikembangkan menggunakan bahasa pemrograman Python dan diimplementasikan dalam bentuk aplikasi berbasis *web*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model prediktif ANN memiliki performa yang sangat baik dengan nilai MSE sebesar 0,1474, RMSE sebesar 0,3839, dan koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,9963. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem yang dikembangkan mampu mensimulasikan spektrum NIR serta memprediksi kandungan nutrisi pakan dengan tingkat akurasi yang tinggi, sehingga berpotensi menjadi alternatif analisis nutrisi pakan yang lebih cepat, praktis, dan ekonomis dibandingkan penggunaan alat NIR fisik.

PRAKATA

Puji Syukur dipanjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas ridha dan karunianya peneliti dapat menyelesaikan penyusunan laporan penelitian ini. Penulisan ini juga tak lepas dari dukungan pihak yang selalu membantu dalam penulisan penelitian ini. Oleh karenanya peneliti ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Zainal Afandi, M.Pd. Selaku Rektor Universitas Nusantara PGRI Kediri, yang selalu memberikan dorongan motivasi kepada mahasiswa.
2. Dr. Sulistiono, M.Si. Selaku Dekan Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer yang selalu memberikan dukungan moral kepada mahasiswa.
3. Risa Helilintar, M.Kom. Ketua Program Studi Teknik Informatika yang selalu memberikan arahan kepada mahasiswa.
4. Intan Nur Farida, M. Kom. Selaku Dosen Pembimbing I yang selalu memberikan bimbingannya.
5. Ardi Sanjaya, M.Kom Selaku Dosen Pembimbing II yang selalu memberikan bimbingannya.
6. Kedua Orang Tua saya dan Keluarga atas doa dan dukungannya.
7. Ucapan Terima Kasih juga disampaikan kepada pihak-pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu persatu, yang telah banyak membantu menyelesaikan proposal skripsi ini.

Disadari bahwa skripsi ini masih banyak kekurangan, maka diharapkan tegur, kritik, dan saran-saran dari berbagai pihak sangat diharapkan. Disertai harapan semoga skripsi ini ada manfaat bagi kita semua, khususnya bagi dunia pendidikan.

Kediri, 15 Juni 2026

Adinda Meylia Salsabila
NPM. 2213020100

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
HALAMAN RINGKASAN.....	vi
PRAKATA.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah	2
C. Rumusan Masalah	3
D. Batasan Masalah.....	3
E. Tujuan Penelitian	4
F. Manfaat Penelitian	4
BAB II LANDASAN TEORI	5
A. Teori dan Penelitian Terdahulu.....	5
1. Landasan Teori.....	5
2. Kajian Pustaka.....	11
B. Kerangka Berpikir.....	14
BAB III METODE PENELITIAN.....	19
A. Desain Penelitian.....	19
B. Instrumen Penelitian.....	21
C. Tempat dan Jadwal Penelitian.....	23
D. Objek Penelitian dan Subjek Penelitian	24
E. Prosedur Penelitian.....	27

F. Teknik Analisis Data.....	31
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	48
A. Hasil Penelitian	48
B. Pembahasan.....	68
BAB V PENUTUP.....	73
A. Kesimpulan	73
B. Saran.....	74
DAFTAR PUSTAKA	76

DAFTAR TABEL

Table 3.1 Jadwal Penelitian.....	24
Table 3.2 Data <i>Input</i>	41
Table 3.3 Contoh Hasil Normalisasi Data Kolom r	42
Table 3.4 Hasil Normalisasi Data Semua Kolom	43
Table 3.5 Rekapitulasi Nilai MSE pada Lima Sampel Data.....	44
Table 3.6 Hasil Prediksi Model AI 2 untuk Tiga Sampel Data	44
Table 3.7 Perhitungan Manual <i>Error</i> dan Kuadrat <i>Error</i> (e^2).....	45
Table 4. 1 Pengujian Fungsional.....	60
Table 4. 2 Hasil Evaluasi Model ANN	65

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kerangka Berpikir	15
Gambar 2.2 Gambaran Proses Sistem	17
Gambar 3. 1 <i>Use Case</i> Diagram Sistem Simulasi NIR	32
Gambar 3. 2 <i>Activity</i> Diagram Alur Kerja Sistem.....	33
Gambar 3. 3 <i>Sequence</i> Diagram Sistem analisis nutrisi pakan	34
Gambar 3. 4 <i>Sequence</i> Diagram Sistem pengelolaan hasil analisis	35
Gambar 3. 5 <i>Class</i> Diagram Logika Sistem.....	37
Gambar 3. 6 <i>Interface</i> Sistem Prediksi Nutrisi	39
Gambar 4. 1 Halaman Beranda	49
Gambar 4. 2 Tampilan Halaman Analisis	51
Gambar 4. 3 Tampilan Halaman Hasil Analisis	52
Gambar 4. 4 Tampilan Halaman Riwayat Analisis.....	53
Gambar 4. 5 Tampilan Halaman Pengolahan dan Distribusi	54
Gambar 4. 6 Halaman Unduh dan Analisis Lanjutan	56
Gambar 4. 7 Grafik <i>Reconstruction Loss Autoencoder</i>	63
Gambar 4. 8 Grafik <i>Training</i> dan <i>Validation Loss</i> ANN.....	66
Gambar 4. 9 Grafik Prediksi vs Nilai Aktual	67

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Lembar Berita Acara Bimbingan Skripsi	79
Lampiran 2 Lembar Kemajuan Pembimbing 1 dan 2	80
Lampiran 3 Surat Izin Penelitian.....	81
Lampiran 4 Kuesioner Pengujian Fungsional	82
Lampiran 5 Surat Keterangan Bebas <i>Similarity</i>	84
Lampiran 6 Berita Acara Ujian Skripsi Siakad.....	85
Lampiran 7 Lembar Revisi Ujian Skripsi	86
Lampiran 8 <i>Letter of Acceptance</i> (LoA) Artikel Ilmiah Skripsi	87

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kualitas pakan ternak memiliki peran penting dalam menentukan keberhasilan usaha peternakan sapi, sehingga menjadikannya sebagai objek penelitian yang sangat penting. Tantangan utama yang dihadapi di lapangan terletak pada tingginya variasi kualitas nutrisi pakan yang tersedia di berbagai daerah (Anggraeni Kamid et al., 2024). Karena itu, analisis terhadap kandungan nutrisi pakan seperti protein, serat, dan lemak menjadi proses yang sangat penting guna memastikan pertumbuhan dan produktivitas ternak berlangsung secara optimal.

Permasalahan yang muncul adalah ketergantungan terhadap metode analisis konvensional, terutama *Near Infrared Reflectance Spectroscopy (NIR)*, yang meskipun terbukti efektif, masih memiliki sejumlah keterbatasan (Zahera et al., 2022). Perangkat NIR memiliki harga yang tinggi, membutuhkan biaya operasional yang besar, serta tidak selalu mudah dijangkau oleh peternak berskala kecil. Kondisi tersebut menimbulkan kesenjangan antara penerapan konsep *precision feeding* atau pemberian pakan presisi dengan ketersediaan alat analisis nutrisi yang efisien di tingkat lapangan (Hermawan, 2025).

Perkembangan teknologi kecerdasan buatan (AI) memberikan peluang untuk mengatasi kesenjangan tersebut sekaligus meningkatkan produktivitas ternak (Aini & Septaningsih, 2025). Solusi yang diusulkan berupa pengembangan sistem kecerdasan buatan *Hybrid* (generatif–prediktif). Sistem ini dikembangkan untuk meniru fungsi alat NIR serta menyesuaikan kinerja alat portabel (Widyaningrum et al., 2022). Melalui simulasi berbasis data, sehingga dapat memperkirakan kandungan nutrisi tanpa ketergantungan pada perangkat sensor fisik.

Sejumlah penelitian terdahulu telah menunjukkan efektivitas penerapan kecerdasan buatan (AI) dalam menganalisis data spektral. Penelitian prediktif yang dilakukan oleh (Zhang dkk., 2022) memanfaatkan metode *Neural Network*, sedangkan (Palange dkk., 2025) menggunakan algoritma *Random Forest* untuk memprediksi kandungan nutrisi pakan. Sementara itu, penelitian generatif oleh (Jiang dkk., 2023) memperkenalkan konsep *autoencoder* untuk meniru pola spektrum. Pendekatan tersebut diperkuat oleh studi lain yang memanfaatkan GAN (*Generative Adversarial Network*) dalam mensintesis data NIR.

Berdasarkan berbagai temuan tersebut, sistem kecerdasan buatan *Hybrid* (generatif–prediktif) dipandang sebagai inovasi baru dan solusi yang berpotensi efektif dalam analisis nutrisi pakan sapi. Dalam penelitian ini, penulis bertujuan merancang sebuah sistem yang dapat berperan sebagai alternatif simulatif bagi alat NIR dalam menganalisis kandungan nutrisi pakan sapi. Pengembangan ini diharapkan mampu menjembatani keterbatasan alat NIR sekaligus memperluas penerapan teknologi kecerdasan buatan (AI) pada sektor peternakan modern.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, dapat diidentifikasi beberapa permasalahan sebagai berikut:

1. Kegiatan analisis kandungan nutrisi pakan masih bergantung pada peralatan laboratorium fisik seperti NIR yang mahal dan tidak mudah diakses.
2. Proses pengujian manual memerlukan waktu lama dan biaya tinggi.
3. Belum tersedia sistem berbasis AI yang mampu mensimulasikan sinyal NIR secara realistis.
4. Akurasi model prediksi nutrisi dari data spektral masih bervariasi tergantung jenis pakan dan metode pelatihan.
5. Kebutuhan terhadap solusi yang cepat, murah, dan praktis untuk estimasi nutrisi pakan belum terpenuhi.

C. Rumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah di atas, rumusan masalah penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang sistem kecerdasan buatan *Hybrid* (generatif–prediktif) yang mampu mensimulasikan sinyal spektral alat NIR untuk pakan sapi?
2. Bagaimana model generatif dapat meniru pola spektrum NIR berdasarkan label bahan pakan?
3. Bagaimana model prediktif dapat memperkirakan kandungan nutrisi pakan (protein, serat, lemak, abu, bahan kering) dari sinyal hasil simulasi?
4. Seberapa akurat sistem kecerdasan buatan *Hybrid* ini dalam meniru dan memprediksi nilai nutrisi dibandingkan data asli hasil alat NIR?

D. Batasan Masalah

Agar penelitian ini terarah dan dapat diselesaikan dengan baik, maka batasan masalah yang ditetapkan adalah sebagai berikut:

1. Penelitian difokuskan pada simulasi sistem kecerdasan buatan *Hybrid* berbasis data NIR untuk pakan sapi, bukan untuk hewan ternak lainnya.
2. Model generatif menggunakan pendekatan *Autoencoder* atau *Generative Adversarial Network (GAN)* untuk menghasilkan sinyal spektral tiruan.
3. Model prediktif menggunakan *Random Forest* atau *Artificial Neural Network (ANN)* untuk memprediksi kandungan nutrisi.
4. *Dataset* yang digunakan berupa data hasil pengukuran NIR dalam format .csv (*dataset_alat_NIR.csv*) dengan kolom sinyal spektral (r–w, temp) dan nilai nutrisi.
5. Proses implementasi bersifat simulatif dan belum mencakup integrasi dengan perangkat keras NIR fisik.
6. Evaluasi performa model dilakukan menggunakan *Mean Squared Error (MSE)*, *Root Mean Squared Error (RMSE)*, dan Koefisien Determinasi (R^2).

7. Penelitian ini dibangun menggunakan bahasa pemrograman Python, dengan pustaka utama seperti *scikit-learn*, *TensorFlow*, dan *Matplotlib* untuk visualisasi.

E. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang dan mengembangkan sistem kecerdasan buatan *Hybrid* yang meniru fungsi alat analisis NIR berbasis data spektral pakan sapi.
2. Membangun model generatif yang mampu menghasilkan sinyal spektral tiruan berdasarkan jenis bahan pakan.
3. Membangun model prediktif yang mampu memperkirakan kandungan nutrisi pakan dari sinyal tiruan yang dihasilkan.
4. Mengevaluasi performa kedua model (generatif dan prediktif) menggunakan metrik MSE, RMSE, dan R^2 untuk menilai keakuratannya.

F. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan memberikan manfaat sebagai berikut:

1. **Secara teoritis**
 - a. Menjadi kontribusi ilmiah dalam penerapan kecerdasan buatan *Hybrid* (generatif–prediktif) untuk bidang analisis nutrisi pakan berbasis data sensor.
 - b. Menambah referensi dalam pengembangan sistem simulasi berbasis AI di bidang peternakan dan agrikultur digital.
2. **Secara praktis**
 - a. Menyediakan alternatif simulatif untuk alat NIR yang lebih murah dan mudah diakses oleh peternak atau peneliti kecil.
 - b. Membantu proses estimasi kandungan nutrisi pakan secara cepat tanpa memerlukan analisis laboratorium.
 - c. Menjadi dasar pengembangan aplikasi cerdas yang dapat digunakan dalam manajemen pakan ternak secara digital.

DAFTAR PUSTAKA

- Aini, N. Q., & Septaningsih, A. C. (2025). Artificial Intelligence untuk Peningkatan Produktivitas Ternak: Pendekatan Inovatif dalam Peternakan. *Jurnal Ilmiah Peternakan Halu Oleo*, 7(1), 9–17. <https://doi.org/10.56625/jipho.v7i1.234>
- Anggraeni Kamid, R. A., Khotijah, L., & Kumalasari, N. R. (2024a). Analisis Keragaman Kualitas Nutrien Berbagai Pakan Ruminansia di Wilayah Indonesia. *Jurnal Ilmu Nutrisi dan Teknologi Pakan*, 22(1), 14–22. <https://doi.org/10.29244/jintp.22.1.14-22>
- Anggraeni Kamid, R. A., Khotijah, L., & Kumalasari, N. R. (2024b). Analisis Keragaman Kualitas Nutrien Berbagai Pakan Ruminansia di Wilayah Indonesia. *Jurnal Ilmu Nutrisi dan Teknologi Pakan*, 22(1), 14–22. <https://doi.org/10.29244/jintp.22.1.14-22>
- Bagus, I., & Partama, G. (t.t.-a). *NUTRISI DAN PAKAN TERNAK RUMINANSIA*.
- Bagus, I., & Partama, G. (t.t.-b). *NUTRISI DAN PAKAN TERNAK RUMINANSIA*.
- Hermawan, D. (2025a). *FVYe54rR_Precision_Feeding_Berbasis_AI*.
- Hermawan, D. (2025b). *PRECISION FEEDING BERBASIS ARTIFICIAL INTELLIGENCE (AI)*.
- Irfan, N., Djunaidi, H., Syukriani, D., Rita, W., Fati, N., Sukma, A., Doharni, I., Yurni, P., Amir, S., & Arisandi, D. (2023). *ILMU NUTRISI TERNAK Nilawati CV HEI PUBLISHING INDONESIA*. www.HeiPublishing.id
- Jiang, C., Zhao, J., Ding, Y., & Li, G. (2023a). Vis–NIR Spectroscopy Combined with GAN Data Augmentation for Predicting Soil Nutrients in Degraded Alpine Meadows on the Qinghai–Tibet Plateau. *Sensors*, 23(7). <https://doi.org/10.3390/s23073686>
- Jiang, C., Zhao, J., Ding, Y., & Li, G. (2023b). Vis–NIR Spectroscopy Combined with GAN Data Augmentation for Predicting Soil Nutrients in Degraded Alpine Meadows on the Qinghai–Tibet Plateau. *Sensors*, 23(7). <https://doi.org/10.3390/s23073686>
- Maduro Dias, C., Nunes, H., & Borba, A. (2024). Near-Infrared Spectroscopy in Animal Nutrition: Historical Insights, Technical Principles, and Practical Applications. Dalam *Analytica* (Vol. 5, Nomor 4, hlm. 481–498).

Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI).
<https://doi.org/10.3390/analytica5040033>

- Palange, N. J., Obua, T., Sserumaga, J. P., Wembabazi, E., Ochwo-Ssemakula, M., Nuwamanya, E., Dramadri, I. O., Matovu, M., Edema, R., & Tukamuhabwa, P. (2025). Artificial intelligence-driven near-infrared spectrophotometry model for rapid quantification of anti-nutritional factors in soybean (*Glycine max.*). *Discover Applied Sciences*, 7(6). <https://doi.org/10.1007/s42452-025-07235-3>
- Putra, P. H., Hasibuan, A., & Marpaung, E. A. (2021). PERANCANGAN APLIKASI PENENTUAN JENIS PAKAN TERNAK TERBAIK MENGGUNAKAN DATA MINING. Dalam *Seminar of Social Sciences Engineering*. Medan-Sabtu.
- Sanjaya, A. (t.t.). *DASAR PEMROGRAMAN WEBSITE UNTUK PEMULA*.
- Tahun 2018, Penulis Ardi Sanjaya dan Teguh Andriyanto, Judul Buku Dasar Pemrograman *Website* Untuk Pemula, ISBN 978-602-51918-1-7, Penerbit : CV. Kasih Inovasi Teknologi, Kediri
- Tkatek, S., Amassmir, S., Belmzoukia, A., & Abouchabaka, J. (2023). Predictive fertilization models for potato crops using machine learning techniques in Moroccan Gharb region. *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, 13(5), 5942–5950. <https://doi.org/10.11591/ijece.v13i5.pp5942-5950>
- Tulung, Y. L. R., Pendong, A. F., Londok, J. J. M., Rahasia, C. A., & Moningkey, S. A. E. (2022). *Ilmu Nutrisi Ternak dan Pengetahuan Bahan Pakan*. 1–69.
- Widyaningrum, W., Purwanto, Y. A., Widodo, S., Supijatno, & S.E, I. (2022). adminbultek,+Widyaningrum+et+al. *Jurnal Keteknikan Pertanian*, 10(1).
- Wulandari, S., Adhyatma, M., Pantaya, D., Jayanegara, A., & Nurfitriani, R. A. (2022). Near infrared spectroscopy for the quality control of rice bran. *Livestock and Animal Research*, 20(2), 210. <https://doi.org/10.20961/lar.v20i2.54353>
- Xin, X., Jia, J., Pang, S., Hu, R., Gong, H., Gao, X., & Ding, X. (2024). Combination of near-infrared spectroscopy with Wasserstein generative adversarial networks for rapidly detecting raw material quality for formula products. *Optics Express*, 32(4), 5529. <https://doi.org/10.1364/oe.516341>

- Yuwita, F., Ifmalinda, I., & Makky, M. (2023). Prediction of Caffeine and Protein of Arabica Coffee Beans Using Near Infrared Spectroscopy (NIRS). *Jurnal Teknik Pertanian Lampung (Journal of Agricultural Engineering)*, 12(4), 852. <https://doi.org/10.23960/jtep-l.v12i4.852-862>
- Zahera, R., Sari, L. A., Permana, I. G., & Despal. (2022). The use of near-infrared reflectance spectroscopy (NIRS) to predict dairy fibre feeds in vitro digestibility. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 951(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/951/1/012100>
- Zhang, W., Kasun, L. C., Wang, Q. J., Zheng, Y., & Lin, Z. (2022). A Review of Machine Learning for Near-Infrared Spectroscopy. Dalam *Sensors* (Vol. 22, Nomor 24). MDPI. <https://doi.org/10.3390/s22249764>