

jTEP

JURNAL KETEKNIKAN PERTANIAN

P-ISSN No. 2407-0475 E-ISSN No. 2338-8439

Vol. 9, No. 3, December 2021



Official Publication of
Indonesian Society of Agricultural Engineering (ISAE)
and
Department of Mechanical and Biosystem Engineering
IPB University



Jurnal Keteknik Pertanian is accredited based on the Decree of the Director General of Strengthening Research and Development of the Ministry of Research, Technology and Higher Education Number I/E/KPT/2015 dated September 21, 2015. In addition, JTEP has also been registered with Crossref and has a Digital Object Identifier (DOI) and has indexed on ISJD, IPI, Google Scholar and DOAJ. JTEP is published three times a year in April, August and December. This scientific periodical is active in the development of engineering science for tropical agriculture and the biological environment. The author of the paper is not limited to PERTETA members but is open to the general public. The scope of the paper includes land and water resources engineering, agricultural cultivation tools and machines, agricultural environment and buildings, alternative energy and electrification, agricultural ergonomics and electronics, food processing techniques and agricultural products, agricultural management and information systems. The papers are grouped into invited papers that present actual national and international issues, reviews of research developments, or the application of science and technology, technical papers of research results, application, or dissemination, and research methodology related to the development of modules, methods, procedures, application programs, and so on. The manuscript writing must follow the writing guidelines as stated on the website and the manuscript is sent electronically (online submission) via <http://journal.ipb.ac.id/index.php/jtep>.

Advisory Board:

Head of Department of Mechanical and Biosystem Engineering, IPB University
Head of Indonesian Society of Agricultural Engineering (ISAE)

Editorial Team:

Chief Editor : Yohanes Aris Purwanto (Scopus ID: 6506369700, IPB University)
Editorial Board : Abdul Hamid Adom (Scopus ID: 6506600412, University Malaysia Perlis)
Addy Wahyudie (Scopus ID: 35306119500, United Arab Emirates University)
Budi Indra Setiawan (Scopus ID: 55574122266, IPB University)
Balasuriya M.S. Jinendra (Scopus ID: 30467710700, University of Ruhuna)
Bambang Purwantana (Scopus ID: 6506901423, Universitas Gadjah Mada)
Bambang Susilo (Scopus ID: 54418036400, Universitas Brawijaya)
Daniel Saputera (Scopus ID: 6507392012, Universitas Sriwijaya)
Han Shuqing (Scopus ID: 55039915600, China Agricultural University)
Hiroshi Shimizu (Scopus ID: 7404366016, Kyoto University)
I Made Anom Sutrisna Wijaya (Scopus ID: 56530783200, Universitas Udayana)
Agus Arif Munawar (Scopus ID: 56515099300, Universitas Syahkuala)
Armansyah H. Tambunan (Scopus ID: 57196349366, IPB University)
Kudang Boro Seminar (Scopus ID: 54897890200, IPB University)
M. Rahman (Scopus ID: 7404134933, Bangladesh Agricultural University)
Machmud Achmad (Scopus ID: 57191342583, Universitas Hasanuddin)
Muhammad Makky (Scopus ID: 55630259900, Universitas Andalas)
Muhammad Yulianto (Scopus ID: 54407688300, IPB University & Waseda University)
Nanik Purwanti (Scopus ID: 23101232200, IPB University & Teagasc Food Research Center Irelandia)
Pastor P. Garcia (Scopus ID: 57188872339, Visayas State University)
Rosnah Shamsudin (Scopus ID: 6507783529, Universitas Putra Malaysia)
Salengke (Scopus ID: 6507093353, Universitas Hasanuddin)
Sate Sampattagul (Scopus ID: 7801640861, Chiang Mai University)
Subramaniam Sathivel (Scopus ID: 6602242315, Louisiana State University)
Shinichiro Kuroki (Scopus ID: 57052393500, Kobe University)
Siswoyo Soekarno (Scopus ID: 57200222075, Universitas Jember)
Tetsuya Araki (Scopus ID: 55628028600, The University of Tokyo)
Tusan Park (Scopus ID: 57202780408, Kyungpook National University)

Executive Editor:

Head : Usman Ahmad (Scopus ID: 55947981500, IPB University)
Secretary : Lenny Saulia (Scopus ID: 16744818700, IPB University)
Financial : Dyah Wulandani (Scopus ID: 1883926600, IPB University)

Technical Editor: Slamet Widodo (Scopus ID: 22636442900, IPB University)
Liyantono (Scopus ID: 54906200300, IPB University)
Leopold Oscar Nelwan (Scopus ID: 56088768900, IPB University)
I Wayan Astika (Scopus ID: 43461110500, IPB University)
I Dewa Made Subrata (Scopus ID: 55977057500, IPB University)

Administration : Khania Tria Tifani (IPB University)

Publisher: Indonesian Society of Agricultural Engineering (ISAE) and Department of Mechanical and Biosystem Engineering IPB University

Address: Jurnal Keteknikan Pertanian, Department of Mechanical and Biosystem Engineering, Faculty of Agricultural Technology and Engineering, IPB University Campus, Bogor 16680. Telp. 0251-8624 503, Fax 0251-8623 026,
E-mail: jtep@apps.ipb.ac.id, Website: <http://journal.ipb.ac.id/index.php/jtep>

Bank account number: BRI, KCP-IPB, No.0595-01-003461-50-9

Account Holder: Jurnal Keteknikan Pertanian

Printing Office: PT. Binakerta Makmur Saputra, Jakarta

Acknowledgement

The Editors of the Agricultural Engineering Journal would like to thank the partners who have reviewed the manuscript for publication **Vol. 9, No. 3 December 2021**. Thanks are given to: Dr. Ir. I Wayan Budiastara, M.Agr (Department of Mechanical and Biosystem Engineering, IPB University), Prof. Dr. Ir. Sutrisno M.Agr (Department of Mechanical and Biosystem Engineering, IPB University), Prof. Dr. Ir. Daniel Saputra, MS,A.Eng (Sriwijaya University), Satria Bhirawa Anoraga, S.TP, M.Sc (Gadjah Mada University), Dr. Liyantono, S.TP, M.Sc (Department of Mechanical and Biosystem Engineering, IPB University), Afik Hardanto, S.TP, M.Sc, Ph.D (Jenderal Soedirman University), Dr. Rudiati Evi Masithoh, S.TP, M.Dev.Tech (Gadjah Mada University), La Choviya Hawa, S.TP, MP, Ph.D (Brawijaya University), Dr. Ir. Supratomo, DEA (Hasanuddin University), Dr. Andasuryani, S.TP, M.Si (Andalas University), Dr. Ir. Lukman M. Baga, MA.Ec (IPB University), Dr. Ir. Burhanuddin, MM (IPB University), Iman Sabarisman, S.TP, M.Si (Gadjah Mada University), Dewi Maya Maharani, S.TP, M.Sc (Brawijaya University).

List of Contents

Technical Paper

79

Rapid Assessment of Fresh Beef Spoilage Using Portable Near-Infrared Spectroscopy
Cyril Njume Akeme, Y Aris Purwanto, Dewi Apri Astuti, Slamet Widodo

87

**Sistem Pakar Berbasis Android untuk Identifikasi Jenis Gulma
pada Budidaya Tanaman Kedelai**

Android based Expert System for Weeds Identification in Soybean Cultivation
Mohamad Solahudin dan Giska Priaji

95

Pendugaan Umur Simpan Bubuk Daun Torbangun dalam Berbagai Bahan Kemasan

Estimated Shelf Life of Torbangun Leaf Powder in Various Packaging Materials
Lydia Ariani, Rokhani Hasbullah, Usman Ahmad

103

**Prediksi Indeks Panen Jambu “Kristal” Secara Non Destruktif
Menggunakan Portable Near Infrared Spectrometer**

Non-Destructive harvest indices prediction of “crystal” guava using a portable near-infrared spectrometer
Ayu Putri Ana, Y Aris Purwanto, Slamet Widodo

111

**Pendugaan Umur Simpan Pasta Cabai dengan Penambahan Natrium Benzoat
Menggunakan Metode Akselerasi Arrhenius**

Self Life Estimation of Chili Paste with Additional of Natrium Benzoat Using Arrhenius Acceleration Method
Sri Lestari, Silvia Yuniarti, Hijriah Mutmainah, Maureen C. Hadiatry, Ismatul Hidayah

119

**Karakteristik dan kelayakan Finansial Usahatani Mangga Gedong Gincu
di Kabupaten Indramayu**

Characteristics and Financial Feasibility of Gedong Gincu Mango Farming in Indramayu District
Khoirul Umam* Rokhani Hasbullah, Mohamad Solahudin

127

Studi Model Kinetika Ekstraksi Berbantu Ultrasonik pada Lada (*Piper nigrum* L.)

*Study of Kinetic Model for Ultrasonic-Assisted Extraction of Pepper (*Piper nigrum* L.)*
I Wayan Budiastara, Slamet Widodo, Anggie Yulia Sari*

135

**Aplikasi Zeolit-KMnO₄ dan Silika Gel untuk Memperpanjang Green Life Mangga Arumanis
(*Mangifera indica* L)**

*Application of Zeolite-KMnO₄ and Silica Gel to Extend Green Life of Manggo Arumanis (*Mangifera indica* L)*
Anita Khairunnisa*, Emmy Darmawati, Siti Mariana Widayanti

Publisher:

The Indonesian Agricultural Engineering Association (ISAE) in collaboration with Department of Mechanical and Biosystem Engineering, Bogor Agricultural University
Address Journal of Agricultural Engineering, Department of Mechanical and Biosystem Engineering, Faculty of Agricultural Technology and Engineering, Darmaga Campus of IPB, Bogor 16680.
Tel. 0251-8624 503, Fax 0251-8623 026,
E-mail: jtep@ipb.ac.id or journaltep@yahoo.com. Website: <http://web.ipb.ac.id/~jtep>.



Technical Paper

Prediksi Indeks Panen Jambu “Kristal” Secara Non Destruktif Menggunakan *Portable Near Infrared Spectrometer*

Non-Destructive harvest indices prediction of “crystal” guava using a portable near-infrared spectrometer

Ayu Putri Ana*, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor
Email: ayuputriana@apps.ipb.ac.id

Y Aris Purwanto, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor
Slamet Widodo, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor

Abstract

*“Crystal” guava (*Psidium guajava* L.) is a non climacteric fruit that is generally harvested by farmers based on cultivation experience. In this study, portable 740-1070 nm of near-infrared spectrometer was employed to rapidly predict harvest indices of “crystal” guava, by means of non-contact and non-destructive approach. Samples of guava fruit were collected at days after anthesis (DAS) of 91, 94, 97, and 100. The total number of each sample were 30 fruits. The firmness, soluble solid content, acidity and sugar acid ration were evaluated as quality parameters. Partial least square (PLS) method was utilized for data processing. It was found that Standard Normal Variate (SNV) resulted the best pre-processing for all quality parameters. Performances of best models were demonstrated by coefficient of correlation (r), standard error of calibration (SEC) and standard error of prediction (SEP), which were respectively 0.88, 6.21, 5.92 for firmness prediction, 0.74, 0.84, 0.79 for soluble solid content prediction, 0.59, 0.19, 0.26 for acidity prediction, and 0.71, 1.21, 1.58 for sugar acid ratio prediction model.*

Keywords: *“Crystal” guava, harvest indices, partial least square, portable near-infrared spectrometer*

Abstrak

Jambu biji “Kristal” (*Psidium guajava* L.) merupakan buah non klimaterik yang umumnya dipanen oleh petani berdasarkan pengalaman budidaya. Dalam penelitian ini, portable near-infrared spectrometer dengan panjang gelombang 740-1070 nm digunakan untuk memprediksi dengan cepat indeks panen jambu biji “Kristal” melalui pendekatan non-kontak dan non-destruktif. Sampel buah jambu biji diambil pada umur panen 91, 94, 97, dan 100 hari setelah anthesis (HSA). Jumlah sampel masing-masing 30 buah. Kekerasan, kandungan padatan terlarut, acidity dan rasio gula asam dievaluasi sebagai parameter kualitas. Metode partial least square (PLS) digunakan untuk pengolahan data. Ditemukan bahwa Standard Normal Variate (SNV) menghasilkan pretreatment terbaik untuk semua parameter kualitas. Performa model terbaik ditunjukkan oleh koefisien korelasi (r), standard error of kalibrasi (SEC) dan standar error of prediction (SEP), yang masing-masing adalah 0.88, 6.21, 5.92 untuk prediksi kekerasan, 0.74, 0.84, 0.79 untuk prediksi kandungan total padatan terlarut., 0.59, 0.19, 0.26 untuk prediksi acidity, dan 0.71, 1.21, 1.58 untuk model prediksi rasio gula asam.

Kata kunci: Jambu biji “Kristal”, indeks panen, *partial least square* (PLS), *portable near-infrared spectrometer*.

Received: 23 August 2021; Accepted: 03 November 2021

Latar Belakang

Buah jambu kristal adalah buah non klimaterik yang memiliki pola respirasi yang stabil dan tidak menunjukkan adanya puncak klimaterik atau meningkatnya kecepatan produksi CO₂ secara signifikan. Menurut Kusumiyati *et al.* (2019) hasil penelitian respon nilai kekerasan, kadar air dan total padatan terlarut buah jambu kristal masa simpan dari berbagai parameter yang diujikan menunjukkan bahwa buah jambu kristal merupakan buah yang tergolong kedalam buah non klimaterik. Azzolini *et al.* (2005) menyatakan bahwa buah jambu kristal memiliki pola respirasi yang stabil dan tidak menunjukkan terdapatnya puncak klimaterik atau meningkatnya kecepatan produksi CO₂ secara signifikan sehingga buah jambu kristal digolongkan kedalam buah non klimaterik.

Petani selama ini memeriksa indek panen buah berdasarkan pengalaman budidaya yaitu seperti warna kulit buah jambu, tekstur atau kekerasan pada buah jambu yang dilakukan secara kronologi (perhitungan hari setelah anthesis). Meskipun para petani pada umumnya memiliki pengalaman budidaya yang cukup namun potensi petani untuk memanen jambu “Kristal” kadang tidak sesuai dengan permintaan konsumen. Pengukuran indeks panen buah jambu “Kristal” masih dilakukan secara manual sehingga membuat hasil dari pengukuran tersebut kurang akurat dan kurang objektif akibat keterbatasan visual manusia, serta dapat berpotensi merusak badan buah (destruktif).

Pendugaan indeks panen yang lebih baik untuk mendapatkan kualitas yang baik yaitu menggunakan uji laboratorium, namun hal tersebut menghasilkan nilai pendugaan yang tidak *realtime*. Oleh sebab itu diperlukan langkah yang efektif untuk menduga indeks panen pada buah jambu “Kristal” yaitu dengan menggunakan teknologi alternatif non-destruktif yang dapat digunakan dalam pengukuran indeks panen buah jambu biji “kristal”. Salah satunya menggunakan teknologi *portable near-infrared spectrometer* yang dapat digunakan untuk memprediksi kandungan jambu “kristal, seperti total padatan terlarut, acidity, rasio gula asam dan kekerasan daging buah. Dengan demikian, pengukuran indeks panen jambu biji “Kristal” dapat ditentukan menggunakan *portable near-infrared spectrometer* dengan lebih konsisten, akurat dan non-destruktif.

Portable spectrometer cocok digunakan sebagai pemindai sehari-hari oleh konsumen karena ukurannya yang ringkas, kemampuan untuk menyelaraskan dan mengunggah data terukur secara nirkabel, dan konstruksi model data otomatis (Thong *et al.* 2017). Menurut Cahyo (2016) pengembangan metode pengukuran indeks panen buah jambu “Kristal” menggunakan *Portable Near Infrared Spectrometer* salah satu metode yang dapat digunakan untuk menentukan indeks panen

buah jambu “Kristal” adalah penerapan teknologi *Portable Near Infrared Spectrometer*. Penggunaan *Portable Near Infrared Spectrometer* yang bersifat non-destruktif merupakan cara untuk mempercepat waktu pengukuran dan dapat dilakukan tanpa merusak produk. serta tidak membutuhkan biaya yang besar. Umumnya penentuan kandungan kimia buah dilakukan dengan metode destruktif oleh karena itu, diperlukan pengembangan metode prediksi indeks panen buah Jambu biji “Kristal” secara non-destruktif menggunakan *Portable Near Infrared Spectrometer*.

Bahan dan Metode

Waktu dan Tempat

Kegiatan penelitian dimulai pada bulan Maret–Juni 2021 di kebun percobaan IPB ATP (*Agribusiness and Technology Park*), dan Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Teknik Pengolahan Pangan dan Hasil Pertanian (TPPHP), Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian IPB.

Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain adalah satu set perangkat SCiO *portable near-infrared spectrometer* panjang gelombang 740–1070 nm untuk pengambilan data spektrum dari setiap sampel, *rheometer* tipe CR 500-DX untuk mengukur kekerasan daging buah jambu, Digital Refractometer Atago PAL BX/ACID F5 untuk mengukur total padatan terlarut (TPT) daging buah dan pengukuran *acidity*, Software yang digunakan dalam penelitian adalah SCiO Lab: *Developer Toolkit*, Octave-4.2.1, *The Unscrambler X 10.4*, dan *Microsoft Office Excel*. SCiO Lab: *Developer Toolkit* merupakan aplikasi pada smartphone yang terhubung dengan portable spectrometer untuk mengunggah data terukur secara nirkabel. Penelitian ini menggunakan buah Jambu biji “Kristal” dengan empat umur panen yang berbeda, yaitu umur panen 91, 94, 97 dan 100 hari setelah anthesis.

Persiapan Sampel

Sampel yang digunakan adalah buah jambu “Kristal” dengan jumlah masing-masing 30 buah setiap umur panen yang berbeda yaitu 91, 94, 97 dan 100 hari setelah anthesis (HSA). Pembongkongan buah jambu biji “Kristal” dilakukan saat buah berumur 50 HSA ukuran buah berkisar ± 3 cm. Pengukuran dan pengujian di laboratorium pada saat buah berumur 91, 94, 97 dan 100 HSA, serta pengukuran menggunakan portable near-infrared spectrometer di tiga titik bagian buah yaitu pangkal, tengah dan ujung. Sebelum melakukan pengukuran jambu “Kristal” bersihkan dahulu dari kotoran yang menempel pada buah.

Pengukuran Reflektan dengan *Portable Near-infrared Spectrometer*

Gambar 1 menunjukkan pengambilan data gelombang spektrum buah jambu biji “Kristal” mewakili bagian pangkal, tengah, dan ujung. dengan portable near-infrared spectrometer SCiO pada panjang gelombang yang telah ditentukan, yaitu 740–1070 nm dengan interval 3 kali pengulangan pada bagian pangkal, tengah, dan ujung buah jambu biji “Kristal”. Sampel diukur pada kondisi suhu ruang (25°C). Sebelum dilakukan pengambilan data gelombang spektrum dilakukan proses kalibrasi. Proses kalibrasi merupakan kegiatan yang membentuk hubungan dari nilai yang ditujukan instrumen alat ukur untuk menjamin kondisi alat ukur tetap terjaga sesuai dengan spesifikasi, menghindari cacat atau penyimpangan hasil ukur dan jaminan mutu pada produk yang dihasilkan lewat sistem pengukuran yang valid. Pada penelitian ini, data spektrum near infrared diolah dengan perangkat lunak The Unscrambler X 10.4.

Pengukuran Variabel Pengamatan Secara Destruktif

Pengukuran total padatan terlarut (TPT) diukur menggunakan *refractometer* merk Atago. Substrat buah yang dihasilkan diletakkan di atas lensa refraktometer setelah menekan tombol start, nilai TPT akan muncul secara otomatis pada layar refraktometer dalam satuan °brix.

Pengukuran kekerasan daging buah dilakukan dengan rheometer merk Sun *Rheo Meter* CR 500-DX. Alat ini diatur dengan model 20, beban maksimal 10 kg, kedalaman penekanan maksimal 10 mm. Hasil dari kekerasan daging buah terbaca secara otomatis pada skala penunjuk menggunakan satuan N.

Pengukuran *acidity* diukur menggunakan *refractometer* merk Atago. Air yang keluar dari daging buah berupa substrat. Substrat buah jambu “Kristal” diambil sebanyak 1g ditambahkan aquades 50 ml Substrat buah yang dihasilkan diletakkan di atas lensa refraktometer. Setelah menekan tombol start, nilai *acidity* akan muncul secara otomatis pada layar *refractometer* dalam satuan *acid*.

Transformasi Data

Data spektra yang diperoleh dari pengukuran menggunakan *portable near-infrared spectrometer* panjang gelombang 740-1070 nm dapat berupa nilai reflektan atau transmitansi dari bahan (Burns dan Ciurczak 2008). Spektra tersebut ditransformasikan menjadi absorban dengan mengkonversi nilai reflektansi menggunakan persamaan 1. Transformasi ini dilakukan karena komposisi kimia suatu bahan mempunyai hubungan linier dengan data absorban (Mohsenin 1984).

$$Absorbance = \log \frac{1}{R} \quad (1)$$

Data Pretreatment

Pengolahan data spektrum berfungsi untuk meminimalisir pengaruh interferensi gelombang dan *noise* (gangguan) pada spektrum yang diperoleh hasil pengukuran agar diperoleh model yang lebih akurat dan bersifat stabil. Metode data *pretreatment* berfungsi untuk memperbaiki spektrum *portable near-infrared spectrometer*.

Metode *normalization* memiliki tujuan untuk mendapatkan semua data pada rentang skala yang sama berdasarkan daerah, rata-rata, selang, maksimum, puncak dan vektor satuan. *Normalization* dapat berfungsi untuk mentransformasi spektrum ke dalam satuan panjang sehingga nilai reflektan berada pada rentang yang lebih panjang. *Multiplicative Scatter Correction* (MSC) metode ini merupakan salah satu pendekatan yang berfungsi untuk mengurangi amplification (*multiplicative, scattering*) dan offset (*additive, chemical*) efek di NIR spectrum. MSC dapat mengurangi bias akibat perbedaan ukuran fisik sampel. Metode *Standard Normal Variate* (SNV) adalah transformasi yang menghilangkan efek pembauran (*scatter effects*) dari spektrum dengan memusatkan dan membuat skala spektrum individual. SNV berfungsi untuk menghilangkan gangguan *multiplicative interferences* dari *scatter effects* pada data spektrum. Hasil dari SNV kurang lebih mirip dengan MSC. *De-trending* (DT) adalah teknik *pretreatment* yang cenderung menghapus trend non-linear pada data spektroskopi. DT menghitung *baseline function* sebagai *least squares fit of a polynomial* untuk sampel data spektrum. DT diterapkan pada spektrum individual (Cen dan He 2007).

Evaluasi Hasil Kalibrasi dan Validasi

Menurut Ozaki et al. (2007) Spektra yang dihasilkan oleh instrumen NIR mengandung



Gambar 1 Pengukuran reflektan dengan *portable near-infrared spectrometer*.

Tabel 1. Hasil Pengujian Destruktif Jambu “Kristal”.

| Parameter | Umur Panen | Jumlah Sampel | Konsentrasi | Rerata | Standar Deviasi |
|-----------------------------------|------------|---------------|-------------|--------|-----------------|
| Kekerasan (N) | 91 | 90 | 22.4-63.8 | 41.81 | 8.48 |
| | 94 | 90 | 18.8-68.9 | 41.79 | 8.49 |
| | 97 | 90 | 16.2-53.2 | 41.77 | 8.51 |
| | 100 | 90 | 7.7-18.2 | 41.65 | 8.72 |
| TPT (Brix°) | 91 | 90 | 6.9-9.9 | 8.36 | 0.81 |
| | 94 | 90 | 7.5-11.9 | 8.96 | 0.86 |
| | 97 | 90 | 8.0-12.9 | 9.27 | 1.03 |
| | 100 | 90 | 8.0-13.2 | 10.19 | 1.28 |
| Acidity (% acid) | 91 | 90 | 0.64-2.01 | 1.35 | 0.35 |
| | 94 | 90 | 0.89-2.17 | 1.42 | 0.20 |
| | 97 | 90 | 1.00-1.97 | 1.36 | 0.22 |
| | 100 | 90 | 0.78-1.86 | 1.31 | 0.20 |
| Rasio gula asam (Brix° % acid) | 91 | 90 | 0.9-12.5 | 6.65 | 6.65 |
| | 94 | 90 | 4.2-9.6 | 6.46 | 6.46 |
| | 97 | 90 | 4.4-10.0 | 7.20 | 7.20 |
| | 100 | 90 | 4.7-15.8 | 7.99 | 7.99 |

informasi dari suatu bahan, akan tetapi informasi tidak diperoleh secara langsung karena terdapat data yang saling menumpuk dan fluktuasi *baseline*. Analisis data multivariat dibutuhkan guna mengatasi permasalahan tersebut, salah satunya yaitu *partial least square* (PLS). PLS merupakan pendekatan relatif baru untuk regresi linear dan algoritma. Metode ini sangat cocok untuk kalibrasi pada sejumlah kecil sampel dengan penggabungan hasil eksperimen yaitu data kimia dan data NIRS (William dan Norris 1990).

Jumlah sampel yang digunakan sebanyak 30 buah pada setiap umur buah dengan interval 3 kali pengulangan pada bagian pangkal, tengah, dan ujung buah jambu biji “Kristal” sehingga jumlah data sampel yang diperoleh yaitu 360 data. Data yang terukur pada software NirCal dibagi 2/3 menjadi set kalibrasi dan 1/3 data menjadi set validasi. Kalibrasi merupakan tahap pertama yang bertujuan untuk menentukan korelasi antara kandungan kimia Jambu yang didapatkan dari uji laboratorium secara destruktif dengan transflektif *portable near-infrared spectrometer*. Validasi dilakukan setelah didapatkan model regresi kalibrasi. Validasi bertujuan menguji dan memastikan bahwa kalibrasi NIR sudah baik dan dapat digunakan sebagai alat pengujian. Model kalibrasi dan validasi dievaluasi dengan menggunakan parameter statistik, seperti bias, koefisien korelasi (r), *Standard Error Calibration* (SEC), *Standard Error prediction* (SEP), *Coefficient of Variation* (CV), dan *Residual Predictive Deviation* (RPD) (Andasuryani et al. 2013).

Hasil dan Pembahasan

Kandungan Kimia pada Jambu Biji “Kristal”

Pada penelitian ini pengujian kekerasan

menunjukkan penurunan nilai yang diperoleh yaitu pada umur panen 91 HSA 22.4 sampai 63.75 N, pada umur panen 100 HSA 7.7 sampai 18.2 N. Kandungan TPT (Total Padatan Terlarut) mengalami peningkatan berdasarkan umur panen, pada umur panen 91 HSA (Hari Setelah Anthesis) kandungan TPT yaitu 6.9 sampai 9.9 brix mengalami peningkatan pada umur panen 100 HSA (Hari Setelah Anthesis) yaitu sebesar 8 sampai 13.2 brix sedangkan kandungan acidity mengalami penurunan pada umur panen 91 HSA (Hari Setelah Anthesis) kandungan *acidity* yaitu 0.64 sampai 2.01 acid, mengalami penurunan pada umur panen 100 HSA (Hari Setelah Anthesis) yaitu sebesar 0.78 sampai 1.86 acid. Kandungan rasio gula asam yang diperoleh dari hasil pembagian antara jumlah kandungan TPT dengan *Acidity*, kandungan rasio gula asam yang diperoleh pada umur 91 HSA yaitu 0.9 sampai 12.5 mengalami kenaikan pada umur 100 HSA sebesar 4.7 sampai 15.8 Brix % acid. Tabel 1 menunjukkan standar deviasi pada setiap parameter pengamatan standar deviasi menunjukkan bahwa data destruktif nilai TPT, *acidity*, rasio gula asam dan kekerasan berbeda beda pada setiap umur panen.

Berdasarkan Tabel 1 menunjukkan bahwa nilai Pengujian kekerasan buah jambu biji “Kristal” menunjukkan penurunan pada nilai kekerasan buah pada setiap umur panen melunaknya daging buah jambu biji “Kristal” disebabkan oleh perubahan *protopektin* yang tak terlarut menjadi pektin yang larut yang disebut hidrolisis pati atau lemak. TPT mengalami peningkatan pada setiap umur panen sehingga sesuai teori bahwa terdapat hubungan linier positif antara TPT dengan umur buah. Semakin meningkatnya umur buah maka nilai TPT semakin meningkat. Pengukuran *acidity* merupakan penentuan konsentrasi total asam

yang terkandung dalam suatu bahan. Komponen asam pada buah merupakan metabolit sekunder atau produk sampingan dari siklus metabolisme sel seperti asam malat, asam oksalat dan asam sitrat yang dihasilkan dari siklus Krebs (Istianingsih 2013). Nilai *acidity* mengalami penurunan pada setiap umur panen buah jambu biji “Kristal”, hal ini terjadi karena terdapat hubungan antara nilai *acidity* dengan nilai TPT semakin menurunnya nilai *acidity* maka nilai TPT akan mengalami peningkatan hal ini disebabkan oleh asam organik menjadi gula-gula sederhana seperti glukosa dan fruktosa seiring dengan semakin bertambahnya kematangan buah jambu biji “Kristal” sehingga tingkat *acidity* pada buah akan mengalami penurunan. Rasio gula asam merupakan kriteria untuk menentukan rasa, semakin tinggi nilainya maka akan semakin manis daging buah jambu biji “Kristal”. Pada tabel 1 terlihat bahwa semakin tua umur panen buah jambu biji “Kristal” maka nilai rasio gula asam semakin tinggi hal tersebut membuktikan bahwa semakin tua umur buah maka rasa buah tersebut akan semakin manis.

Karakteristik Spektrum Jambu Biji “Kristal”

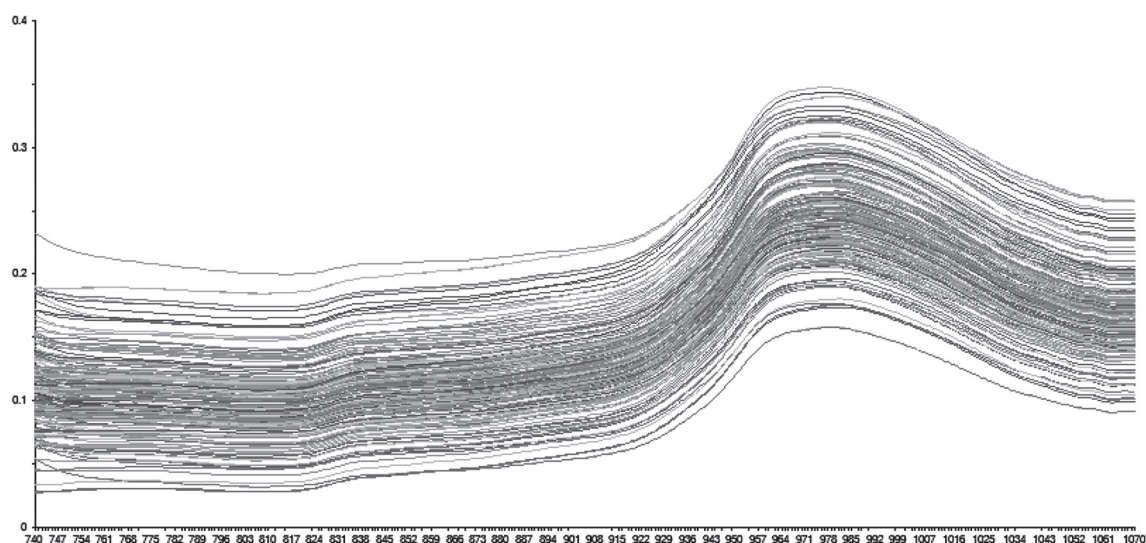
Data spektrum portable NIRS dari semua sampel ditampilkan pada Gambar 1 data spektrum yang didapatkan berjumlah total 331 spektrum pada panjang gelombang 460-1070. *Portable Near Infrared Spectrometer* bekerja dengan prinsip hukum konservasi energi yaitu dengan mengkondisikan hasil interaksi energi radiasi dengan bahan sehingga memungkinkan untuk dihitung. Bila suatu radiasi berinteraksi dengan sampel, energi radiasi akan diabsorpsi, diteruskan, atau dipantulkan. Total energi radiasi pada sampel sama dengan jumlah energi yang diabsorpsi, diteruskan, dan dipantulkan. Spektrometer mengumpulkan cahaya yang dipantulkan dari molekul dan mengubahnya menjadi spektrum. Bila energi yang dipantulkan dapat diukur dan energi yang diteruskan diatur

supaya mempunyai nilai nol, maka energi yang diabsorpsi dapat dihitung (William dan Norris 1990). Spektrum jambu biji “Kristal” hasil pengukuran menggunakan NIR portable disajikan pada Gambar 2 setiap spektrum memiliki puncak dan lembah dengan bentuk spektrum yang dihasilkan memiliki kemiripan. Meski spektrumnya cenderung serupa namun jika ditinjau ulang terdapat perbedaan. Hal ini dikarenakan setiap buah jambu “Kristal” memiliki konsentrasi kandungan kimia seperti total padatan terlarut, *acidity*, rasio gula asam dan kekerasan yang berbeda karena buah jambu biji “kristal” yang digunakan menggunakan umur panen yang berbeda.

Adanya puncak dan lembah pada spektrum dapat memiliki makna bahwa pada puncak dan lembah tersebut mengindikasikan terdapat kandungan kimia utama pada buah jambu “Kristal”. Menurut Mohsenin (1984) lembah tersebut terjadi karena adanya getaran dan regangan pada kelompok ikatan atom O-H, N-H, dan C-H. Puncak spektra transflektan jambu “Kristal” yang teridentifikasi antara lain 957 nm sampai 999 nm. Menurut Suhandy (2007) panjang gelombang 970 nm berkorelasi sangat baik dengan absorpsi terhadap air. Panjang gelombang 760 nm dan 970 nm berkorelasi dengan absorpsi air (*water absorption*) sedangkan panjang gelombang 846 nm dan 912 nm berkorelasi dengan absorpsi karbohidrat (Williams and Norris, 1987).

Akurasi Prediksi NIRS pada Berbagai Transformasi Data Spektra dan Pretreatment Menggunakan PLS.

Parameter kekerasan daging buah adalah menggunakan SNV, dengan nilai koefisien korelasi (r) sebesar 0.88 dapat dilihat pada Tabel 2. Menurut Taylor (1990) koefisien korelasi menunjukkan adanya hubungan positif antara variabel data aktual (data referensi) dan data absorban NIR



Gambar 2. Spektrum jambu “Kristal” umur 91, 94, 97 dan 100 HSA dan panjang gelombang 740-1070 nm.

Tabel 2. Hasil kalibrasi dan validasi pendugaan parameter kualitas jambu krista menggunakan data dengan metodel PLS.

| Parameter | Pre-treatment | Faktor PLS | r | SEC % | SEP % | CV % | RPD | Konsistensi |
|---------------------------------|------------------|------------|-------------|-------------|-------------|--------------|-------------|---------------|
| Kekerasan (N) | <i>Original</i> | 11 | 0.88 | 6.36 | 6.38 | 18.55 | 2.1 | 99.67 |
| | <i>Normalize</i> | 10 | 0.87 | 6.48 | 6.46 | 18.79 | 2.1 | 100.37 |
| | SNV | 10 | 0.88 | 6.21 | 5.92 | 17.23 | 2.2 | 104.81 |
| | MSC | 10 | 0.88 | 6.20 | 7.06 | 18.23 | 1.4 | 87.85 |
| | DT2 | 9 | 0.88 | 6.35 | 5.98 | 17.41 | 2.2 | 106.12 |
| TPT (Brix) | <i>Original</i> | 12 | 0.74 | 0.84 | 0.78 | 8.72 | 1.5 | 106.89 |
| | <i>Normalize</i> | 11 | 0.73 | 0.84 | 0.80 | 8.93 | 1.4 | 105.04 |
| | SNV | 10 | 0.74 | 0.84 | 0.79 | 8.76 | 1.5 | 106.70 |
| | MSC | 10 | 0.74 | 0.84 | 0.80 | 8.92 | 1.4 | 104.53 |
| | DT2 | 11 | 0.75 | 0.82 | 0.79 | 8.80 | 1.5 | 103.9 |
| Acidity (%acid) | <i>Original</i> | 12 | 0.56 | 0.20 | 0.28 | 19.91 | 1.0 | 71.98 |
| | <i>Normalize</i> | 11 | 0.54 | 0.20 | 0.28 | 19.93 | 1.0 | 73.09 |
| | SNV | 12 | 0.59 | 0.19 | 0.26 | 18.94 | 1.1 | 73.53 |
| | MSC | 12 | 0.58 | 0.19 | 0.26 | 19.12 | 1.0 | 73.66 |
| | DT2 | 11 | 0.58 | 0.20 | 0.26 | 19.10 | 1.0 | 74.0 |
| Rasio gula asam (Brix% acid) | <i>Original</i> | 11 | 0.63 | 1.34 | 1.74 | 25.46 | 0.98 | 77.03 |
| | <i>Normalize</i> | 12 | 0.70 | 1.23 | 1.66 | 24.25 | 1.03 | 74.40 |
| | SNV | 12 | 0.71 | 1.21 | 1.58 | 23.04 | 1.08 | 77.03 |
| | MSC | 12 | 0.71 | 1.22 | 1.61 | 23.50 | 1.06 | 75.73 |
| | DT2 | 12 | 0.69 | 1.24 | 1.60 | 23.43 | 1.06 | 77.59 |

(data prediksi). Parameter pendugaan untuk SEC dan SEP memiliki nilai 6.21 dan 5.92%. Menurut Lammertyn *et al.* (2013), nilai SEC dan SEP yang kecil menghasilkan model kalibrasi yang baik dan sebaliknya nilai yang besar menyatakan model set kalibrasi yang tidak mewakili set validasi. Nilai selisih SEC dan SEP yaitu 0.29% semakin kecil selisih antara SEP dengan SEC menunjukkan bahwa model yang dihasilkan semakin baik. Nilai selisih ini juga merepresentasikan bahwa model yang diperoleh stabil. Nilai RPD yang diperoleh dari evaluasi model kalibrasi adalah 2.2 nilai ini merupakan nilai RPD tertinggi dari tiga parameter yang diuji lainnya (TPT, acidity dan rasio gula asam).

Pendugaan kandungan TPT buah jambu biji "Kristal" sebelum dilakukan pra-pengolahan data reflektan tidak menghasilkan kalibrasi yang baik. Pada pendugaan kandungan TPT digunakan SNV karena berdasarkan Tabel 2, model yang dihasilkan memiliki nilai r 0.74. Nilai r yang mendekati 1 mengindikasikan hubungan yang kuat antara variabel x (data referensi) dan variabel y (data prediksi), serta memiliki nilai SEC 0.84% dan SEP 0.79% nilai selisih antara nilai SEC dan SEP yaitu 0.05%, nilai SEC dan SEP yang kecil menghasilkan model kalibrasi yang baik dan nilai RPD yang dihasilkan 1.5 menunjukkan bahwa model kalibrasi yang dihasilkan dapat memprediksi kualitas buah berbeda melalui perbedaan data absorbansi akibat perubahan kandungan total padatan terlarut pada buah.

Kalibrasi yang digunakan untuk menduga kandungan *acidity* yang terbaik adalah

menggunakan pra-pengolahan data SNV. Model kalibrasi dan validasi dengan pengolahan SNV yang menggunakan metode PLS menghasilkan koefisien korelasi (r) 0.58. Nilai r yang mendekati 1 mengindikasikan hubungan yang kuat antara variabel x (data referensi) dan variabel y (data prediksi). Nilai SEC dan SEP yang diperoleh, adalah 0.19 dan 0.21% dengan selisih antara nilai SEC dan SEP sebesar 0.02%. Nilai r yang diperoleh kecil dan RPD 1.1 yang dihasilkan tidak berada di kisaran model pendugaan yang layak, yaitu di atas 1.5.

Kalibrasi yang digunakan untuk menduga kandungan rasio gula asam yang terbaik adalah menggunakan pra pengolahan data SNV. Kandungan rasio gula asam diperoleh dari hasil pembagian antara jumlah kandungan total padatan terlarut dengan jumlah kandungan *acidity*. Tabel 2 menunjukkan model kalibrasi dan validasi dengan pengolahan SNV yang menggunakan metode PLS menghasilkan koefisien korelasi (r) 0.71. Nilai SEC dan SEP yang diperoleh, adalah 1.24% dan 1.23% dengan selisih antara nilai SEC dan SEP sebesar 0.01%. Nilai SEC dan SEP yang kecil mengindikasikan bahwa pemodelan kalibrasi cukup baik dalam memprediksi kualitas buah jambu "Kristal" namun nilai RPD yang dihasilkan tidak berada di kisaran model pendugaan yang layak, yaitu di atas 1.5. Hasil ini menggambarkan bahwa parameter rasio gula asam kurang akurat memprediksi tingkat kematangan buah dengan baik disebabkan oleh data rata-rata rasio gula asam hasil uji laboratorium semakin bertambah umur pada

setiap tingkat kematangan buah jambu biji “Kristal”, yang tidak diikuti oleh perubahan persentase rasio gula asam yang cukup besar sehingga tidak dapat digunakan sebagai pembeda.

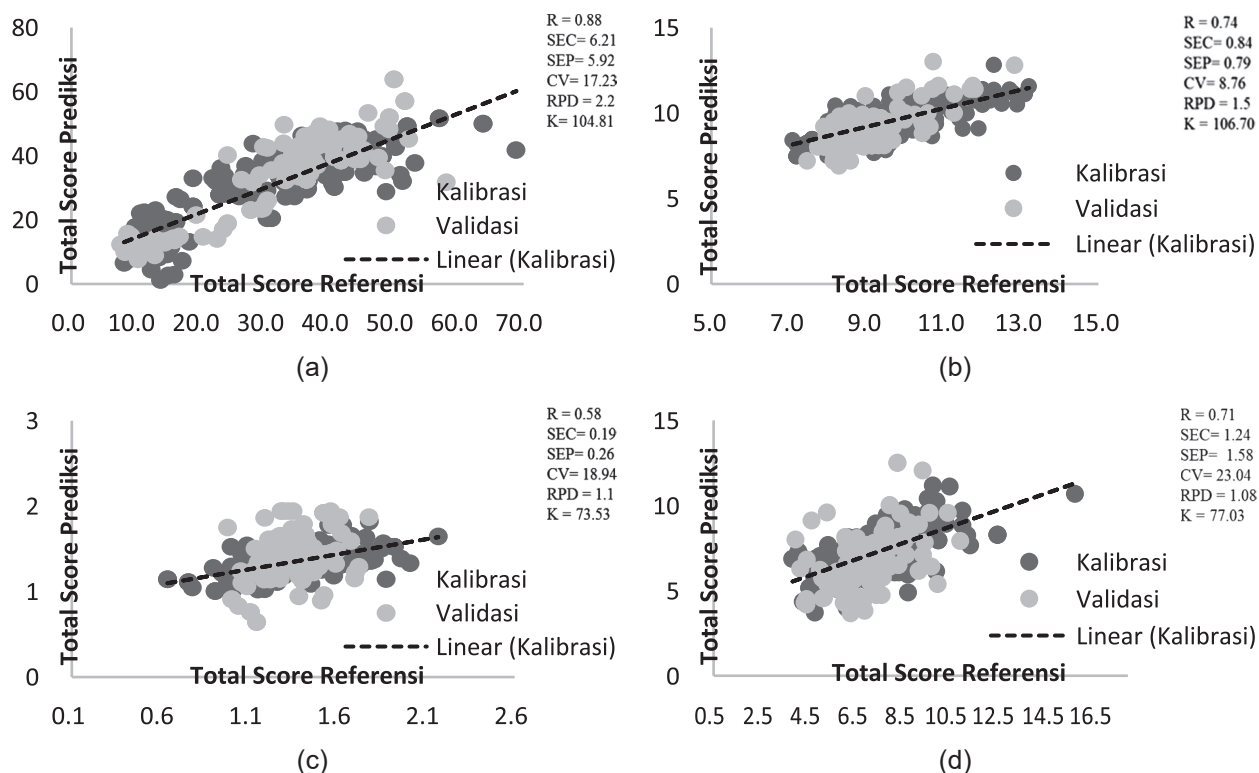
Gambar 3 menunjukkan hubungan korelasi terbaik antara data referensi yaitu data kimia jambu “Kristal” dengan prediksi yaitu NIRS untuk parameter kekerasan, Total padatan terlarut, *acidity*, dan rasio gula asam. Gambar 3a dan Gambar 3b menunjukkan sebaran data metode PLS untuk memprediksi kekerasan dan total padatan terlarut sudah menyebar sehingga model dapat dikatakan akurat dan dapat digunakan. Gambar 3c dan Gambar 3d menunjukkan sebaran data metode PLS untuk memprediksi *acidity* dan rasio gula asam terlihat sebaran datanya tidak merata sehingga model dapat dikatakan kurang akurat dan tidak dapat digunakan. Hal ini dapat terjadi karena pada data kimia *acidity* dan rasio gula asam memiliki variasi yang tinggi sedangkan sampel yang digunakan kurang banyak sehingga terjadi pengelompokan data dan beberapa data yang tidak terwakili pada set kalibrasi dan validasi.

Hasil prediksi kualitas indeks panen yang diperoleh dapat dijadikan sebagai acuan kualitas indeks panen buah jambu biji “Kristal”. Buah jambu “Kristal” yang sudah diprediksi dapat menjadi dasar penentuan kualitas indeks panen yang tepat sesuai umur panen yang optimal bagi pihak kebun dan hasil ini tentu dapat menjadi salah satu dasar dalam proses penentuan kualitas indeks panen buah jambu biji “Kristal” secara cepat dan tidak merusak

menggunakan teknologi *portable near-infrared spectrometer*. Sehingga petani lebih efektif dalam menentukan atau menggolongkan buah sesuai indeks panennya.

Simpulan

Metode NIR *spektrometer* panjang gelombang 740–1070 nm dapat digunakan untuk memprediksi parameter kualitas buah jambu biji “Kristal” dari berbagai indeks panen Secara non-destruktif melalui pendugaan kandungan kimia berdasarkan nilai total padatan terlarut dan kekerasan daging buah yang dapat mewakili kualitas buah jambu biji “Kristal”. Metode *partial least square* (PLS) digunakan untuk pengolahan data. Ditemukan bahwa *Standard Normal Variate* (SNV) menghasilkan *pretreatment* terbaik untuk semua parameter kualitas. Performa model terbaik ditunjukkan oleh koefisien korelasi (r), *standard error of kalibrasi* (SEC) dan *standar error of prediksi* (SEP), yang masing-masing adalah 0.88, 6.21, 5.92 untuk prediksi kekerasan, 0.74, 0.84, 0.79 untuk prediksi kandungan total padatan terlarut, 0.59, 0.19, 0.26 untuk prediksi keasaman, dan 0.71, 1.21, 1.58 untuk model prediksi rasio gula asam. Parameter *acidity* dan rasio gula asam menghasilkan model kalibrasi dan validasi yang kurang baik sehingga tidak dapat digunakan untuk memprediksi kualitas dari jambu biji “Kristal” dengan baik



Gambar 3. Hasil kalibrasi dan validasi pendugaan buah jambu biji dengan prapengolahan SNV (a) Kekerasan, (b) Total padatan terlarut (c) Kandungan *acidity* (d) Total rasio gula asam.

Daftar Pustaka

- Andasuryani, Y.A. Purwanto, I.W. Budiastira, K. Syamsu. 2013. Non destructive and rapid analysis of catechi content in gambir (*Uncaria gambir* Roxb.) using NIR spectroscopy. *International Journal of Scientific & Engineering Research*. 4(9):383-389. <https://doi.org/10.18517/ijaseit.4.5.423>
- Azzolini, M., A.P. Jacomino, I.U. Bron, R.A. Kluge, & M.A. Schiavinato. (2005). Ripening of "Pedro Sato" Guava: Study on Its Climacteric or Non-climacteric Nature. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 17(3), 299–306. <https://doi.org/10.1590/S1677-04202005000300004>.
- Burns, D.A. and E.W. Ciurczak. 2008. *Handbook of Near-Infrared Analysis Third Edition*. New York (US): CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781420007374>
- Cahyo, L.D. 2016. Pengembangan metode pengukuran tingkat kematangan buah jambu "Kristal" menggunakan spektroskopi NIR (Near Infrared). Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor .
- Cen, H., & Y. He. (2007). Theory and application of near infrared reflectance spectroscopy in determination of food quality. *Trends in Food Science and Technology*, 18(2), 72–83. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2006.09.003>.
- Suhandy, D. 2007. Penentuan Keasaman Buah Nenas Varietas Cayenne Secara Tidak Merusak Menggunakan Short Wavelength Near Infrared (Sw-Nir) Spectroscopy. In *Industri Hasil Pertanian*. Vol. 12, Issue 2.
- Kusumiyati, I.E. Putri, T. Hadiwijaya, S. Mubarak. 2019. Respon nilai kekerasan, kadar air dan total padatan terlarut buah jambu kristal pada berbagai jenis kemasan dan masa simpan. *J Agro*. 6(1):49-56. <https://doi.org/10.15575/4142>
- Lammertyn, J., A. Peirs, B.J. De, B. Nicolai. 2013. Light Penetration properties of nir radiation in fruit with respect to nondestructive quality assessment. *Postharvest Biol Technol*. 18: 121-132. [https://doi.org/10.1016/S0925-5214\(99\)00071-X](https://doi.org/10.1016/S0925-5214(99)00071-X)
- Mohsenin, N.M. 1984. *Electromagnetic Radiation Properties of Food and Agricultural Products*. New York (US): Gordon dan Breach Science Publisher.
- Ozaki, Y., W.F. Mc Clure, A.A. Christy. 2007. *Near-Infrared Spectroscopy in Food Science and Technology*. New Jersey (US): John Wiley & Sons, Inc. <https://doi.org/10.1002/0470047704>
- Taylor, R.E.R. 1990. Interpretation of the correlation coefficient : a basic review. *Journal of Diagnostic Medical Sonography*. 1: 35-39. <https://doi.org/10.1177/875647939000600106>
- Thong, Y.J., T. Nguyen, Q. Zhang, M. Karunanithi, L. Yu. 2017. Predicting food nutrition facts using pocket-size near-infrared sensor. 39th Annual International Conference of the IEEE. Seogwipo, Korea Selatan (KR). <https://doi.org/10.1109/EMBC.2017.8036931>
- William, P., and K. Norris. 1990. *Near Infrared Technology in the Agricultural and Food Industries*. Minnesota (US): American Association of Cereal Chemist, Inc St. Paul.