

Loopy Orthogonal Signal Correction Scatter Correction in Non-Invasive Blood Glucose*

Koreksi Pencaran *Loopy Orthogonal Signal Correction* pada Glukosa Darah Non-Invasif

Dahlia Misrika¹, Erfiani^{2‡}, and Aji Hamim Wigena³

^{1,2,3}Department of Statistics, IPB University, Indonesia

‡corresponding author: erfiani_ipb@yahoo.com

Copyright © 2023 Dahlia Misrika, Erfiani, and Aji Hamim Wigena. This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Abstract

Spectroscopy is the study of matter based on light, sound, or particles emitted, absorbed, or reflected as well as the study of methods for generating and analyzing spectra. The spectrum has systematic diversity, namely the presence of light scattering and differences in the size of objects. The spectroscopic output allows for scattering shifts, because the same object measured several times does not exactly produce the same spectrum. Problems found in the spectrum can be overcome by pre-processing the data, namely the scatter correction method. Scatter correction is used to reduce the physical properties in the spectrum so that the information obtained is relatively the same for each spectrum, produces good estimates, and can be interpreted well. One of the spectroscopic tools that utilize infrared light is a non-invasive blood glucose level measuring device. The output of the tool is the time domain and intensity spectrum. Each object from the resulting spectrum still has noise, so scatter correction can be applied to this data. The purpose of this study was to perform a loopy Orthogonal Signal Correction (OSC) scatter correction method on time domain spectrum data on intensity on a non-invasive blood glucose level measuring device. The OSC method uses the concept of orthogonality to the mean by drawing the intensity value, weighting it, calculating the vector loading and then making corrections to the initial intensity. Based on the analysis, the loopy OSC method is better than OSC because the convergence is more accurate, the mean difference is smaller, the variance is smaller and the value converges on all the values tested. Based on exploration and the average difference, the loopy OSC method is better able to form the same pattern for each replication. This also shows that an object that is measured repeatedly has been able to be identified as the same object.

Keywords: loopy OSC, non-invasive, orthogonal signal correction, scatter correction, spectroscopy.

* Received: Jan 2022; Reviewed: Oct 2023; Published: Dec 2023

1. Pendahuluan

Ilmu yang mempelajari materi berdasarkan cahaya, suara, atau partikel yang dipancarkan, diserap, atau dipantulkan serta mempelajari metode-metode untuk menghasilkan dan menganalisis spektrum disebut spektroskopi. Wold et al., (1998) mengemukakan bahwa spektrum mempunyai keragaman yang sistematis yaitu adanya pencaran cahaya dan perbedaan ukuran objek. Ukuran objek memiliki pengaruh yang nyata terhadap spektrum (WR, 1987). Blanco et al., (2001) menambahkan bahwa penyimpangan cahaya, penyerapan cahaya ketidaklinearan pencaran, dan ketidakkonsistenan respon disebabkan oleh sifat kimia dan sifat fisik dari objek. Hasil keluaran spektroskopi memungkinkan adanya pergeseran pencaran, karena objek yang sama diukur beberapa kali tidak tepat menghasilkan spektrum yang sama.

Permasalahan yang ditemukan pada spektrum seperti hasil pengukuran tiap ulangan pada objek yang sama tidak menghasilkan spektrum yang mirip dapat diatasi dengan melakukan prapemrosesan data yaitu metode koreksi pencaran. Prapemrosesan tersebut bertujuan untuk menghasilkan pendugaan yang baik dan spektrum yang dapat diinterpretasikan (Isaksson & Næs, 1988). Metode koreksi pencaran mampu menghilangkan sifat fisik dalam spektrum sehingga menghasilkan informasi yang relatif mirip untuk setiap spektrum. Hal ini akan menghasilkan pendugaan yang baik dibandingkan sebelum dilakukan koreksi. Salah satu alat spektroskopi yang memanfaatkan sinar inframerah adalah alat pengukur kadar glukosa darah non invasif (Aulia, 2017).

Penelitian tentang koreksi pencaran yang telah dilakukan antara lain *multiplicative scatter correction* (MSC), *orthogonal signal correction* (OSC), *standard normal variate* (SNV), *wavelet*, *offset correction*, *detrending*, *first derivative*, *second derivative*, *loopy MSC*. (Barnes et al., 1989) melakukan metode SNV dengan menghilangkan efek pencaran dari spektrum dengan memusatkan dan menyesuaikan skala tiap-tiap spektrum. Hai-bin et al., (2005) melakukan pengujian koreksi pencaran OSC, MSC, SNV, *offset correction*, *detrending*, *first derivative*, *second derivative*, dan transformasi *wavelet*. Hasil keluaran alat ini berupa spektrum near-infrared dari ekstraksi tanaman dan menyatakan bahwa metode OSC lebih baik dibandingkan metode lainnya. (Windig et al., 2008) mengatakan bahwa penggunaan MSC berulang kali dapat meningkatkan kecermatan dan ketelitian koreksi pencaran atau sering disebut sebagai *loopy MSC*. (Arnita & Sutarman, 2011) membandingkan metode MSC dan SNV dan memberikan hasil bahwa data yang dikoreksi menggunakan metode MSC memiliki tingkat kerapatan yang lebih tinggi dibandingkan metode SNV. Namun perbedaan mendasar antara SNV dan MSC adalah SNV menstandarisasi setiap spektrum menggunakan data dari spektrum tersebut, tidak menggunakan rata-rata dari setiap set data (Budiastra & Seminar, 2014). Iqbal (2015) melakukan metode SNV pada kandungan kimia Tandan Buah Segar (TBS) kelapa sawit hasil keluaran spektroskopi *Near Infrared* (NIR) dan mendapatkan hasil bahwa pola dan posisi spektrum tiap sampel semakin rapat daripada sebelum dilakukan koreksi. Aulia (2017) melakukan metode koreksi pencaran MSC dan SNV pada alat pemantau kadar glukosa darah non invasif dan memperoleh hasil metode MSC dan SNV relatif sama. Raudlah (2018) juga menggunakan MSC, SNV dan OSC dengan rujukannya adalah median memperoleh hasil bahwa OSC lebih baik. Selanjutnya, Sinaga (2019) melakukan hal koreksi *loopy*

MSC dan OSC, ternyata OSC masih memberikan hasil yang lebih baik. Prapemrosesan data bertujuan untuk mereduksi sifat fisik dalam spektrum sehingga dapat mengurangi keragaman yang ditimbulkan dari pencaran cahaya, nonlinieritas, dan memperbaiki model yang akan digunakan (Rinnan et al., 2009). *Orthogonal signal correction* (OSC) adalah salah satu metode koreksi dari pra pemrosesan data agar menghilangkan keragaman yang tidak berkorelasi dengan peubah yang dijadikan sebagai respon (Laref et al., 2017). Tujuan penelitian ini adalah melakukan metode koreksi pencaran *loopy orthogonal signal correction* (OSC) pada data spektrum *time domain* terhadap intensitas pada alat pengukur kadar glukosa darah non invasif

2. Metodologi

2.1 Bahan dan Data

Data merupakan data primer dari penelitian Pengembangan dan Uji Klinis Purwarupa Alat Pemantauan Kadar Glukosa Darah pada tahun 2017. Penelitian dilakukan oleh Tim Non Invasif Biomarking, Institut Pertanian Bogor (IPB) yang didanai oleh Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Bio Kimia, Departemen Gizi Masyarakat, IPB yang melibatkan 118 sukarelawan mahasiswa IPB dari berbagai departemen.

Pengukuran dilakukan dengan mengambil contoh darah sebanyak 4 ml dari pembuluh darah vena lengan responden untuk invasif dan dilakukan penembakan sinar inframerah di jari manis tangan kiri responden selama 20 detik dengan pengulangan sebanyak 5 kali untuk non invasif. Data pengukuran kadar glukosa darah non-invasif berupa data intensitas cahaya dan spektrum *time domain*. Spektrum *time domain* memiliki satuan nanosecond (ns). Penelitian ini menggunakan lampu 1600 nm dihidupkan atau saat berada pada puncak spektrum. Modulasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah modulasi ke 50 sampai 90 dengan dua puncak dan setiap puncak diambil 3 titik.

2.2 Metode Penelitian

Algoritma metode koreksi OSC yang digunakan mengikuti algoritma *Non-Linear Iterative Partial Least Squares* (NIPALS) (Wold et al., 1998). Algoritme NIPALS digunakan karena bisa menghapus data yang menyebabkan ketidaklinearan spektrum. Langkah-langkah yang harus dilakukan adalah sebagai berikut:

- a. Melakukan analisis komponen utama untuk menguraikan matriks \mathbf{X} menjadi skor vektor \mathbf{t} . Skor vektor \mathbf{t} merupakan skor komponen utama pertama. Elemen untuk matriks \mathbf{X} adalah nilai intensitas pada *time domain* ke- i untuk ulangan ke- j .

$$\mathbf{X} = \begin{bmatrix} X_{11} & X_{12} & \cdots & X_{1j} \\ X_{21} & X_{22} & \cdots & X_{2j} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ X_{i1} & X_{i2} & \cdots & X_{ij} \end{bmatrix} \quad (1)$$

dengan i menunjukkan *time domain* dan j menunjukkan banyaknya ulangan.

- b. Mengortogonalkan skor pertama \mathbf{t}_1 (komponen pertama yang memuat informasi maksimum) terhadap rata-rata intensitas (\mathbf{y}) untuk mendapatkan skor baru \mathbf{t}_n

$$\mathbf{t}_n = (\mathbf{1} - \mathbf{y}(\mathbf{y}^T \mathbf{y})^{-1} \mathbf{y}^T) \mathbf{t}_1 \quad (2)$$

c. Menghitung bobot vektor w ,

$$w = X^T t_n \quad (3)$$

d. Menghitung skor baru t ,

$$t = X w \quad (4)$$

e. Memeriksa kekonvergenan.

Jika $\|t - t_n\| / \|t\| < 10^{-6}$, maka dilanjutkan ke langkah f. yang berarti skor vektor t sudah konvergen. Jika belum konvergen, kembali ke langkah b.

f. Menghitung loading vektor p ,

$$p^T = t^T X \quad (5)$$

g. Matriks X baru hasil koreksi

$$X_{osc} = X - tp^T \quad (6)$$

Tahapan analisis data yang digunakan adalah sebagai berikut.

- 1) Menentukan amatan yang akan diberikan koreksi pencaran dengan melakukan eksplorasi data hasil pengukuran laboratorium kadar glukosa darah invasif.
- 2) Melihat pola yang dibentuk oleh ulangan pada data hasil pengukuran alat non-invasif pada setiap responden yang terpilih
- 3) Menyamakan jumlah data intensitas setiap responden dengan menggunakan peringkasan tiga angka. Ini dilakukan karena jumlah data intensitas menghasilkan jumlah yang berbeda di setiap ulangannya. Peringkasan dilakukan dengan menghitung statistik lima serangkai pada setiap puncak
- 4) Membandingkan rata-rata dan melakukan koreksi pencaran dengan metode koreksi pencaran yang digunakan adalah *loopy* OSC.
 - a. Melakukan koreksi berdasarkan algoritma OSC.
 - b. Membandingkan plot spektrum *time domain* terhadap intensitas sebelum dan setelah dilakukan koreksi.
 - c. Menghitung rata-rata selisih antar ulangan setiap responden.
 - d. Melakukan pengulangan metode OSC sebanyak n kali sampai tercapai kriteria yang diinginkan.
 - e. Rata-rata selisih OSC dan *loopy* OSC
- 5) Membandingkan nilai rata-rata selisih dari OSC dan *loopy* OSC

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Eksplorasi Data Kadar Glukosa Darah Invasif

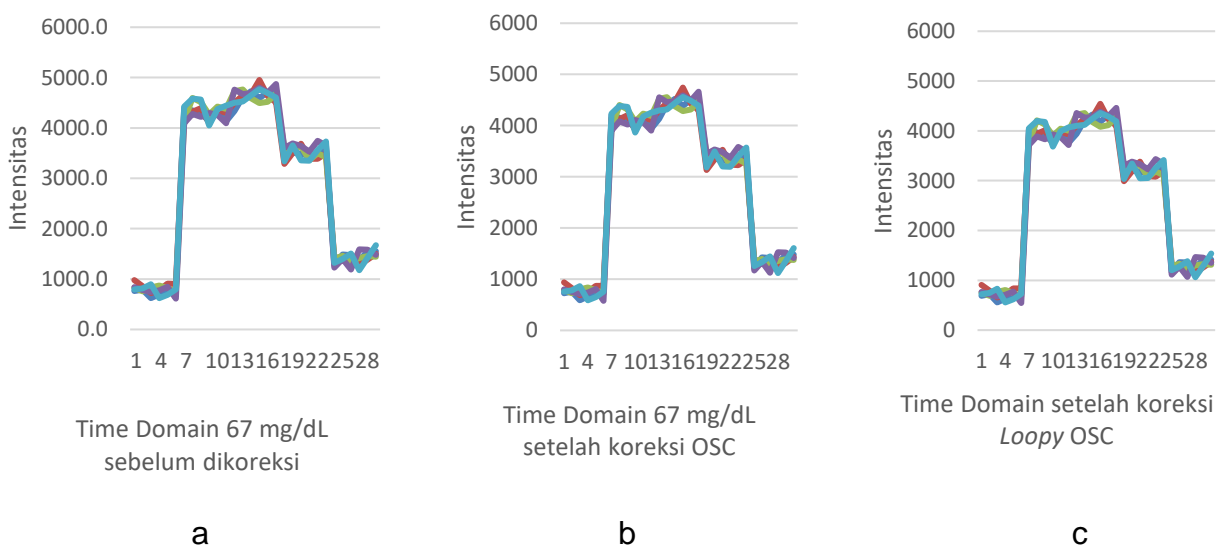
Eksplorasi data kadar glukosa darah invasif dilakukan untuk mengetahui pola sebaran dan menentukan responden mana yang akan diambil untuk sampel metode koreksi pencaran. Pengukuran dilakukan terhadap 118 responden. Dari 118 responden, terdapat gula darah paling rendah sebesar 67 mg/dL, modus 80 mg/dL dan data tertinggi sebesar 276 mg/dL. Tiga data ini akan diambil sebagai sampel untuk dikoreksi pencarannya

3.2 Eksplorasi Data Kadar Glukosa Darah Invasif

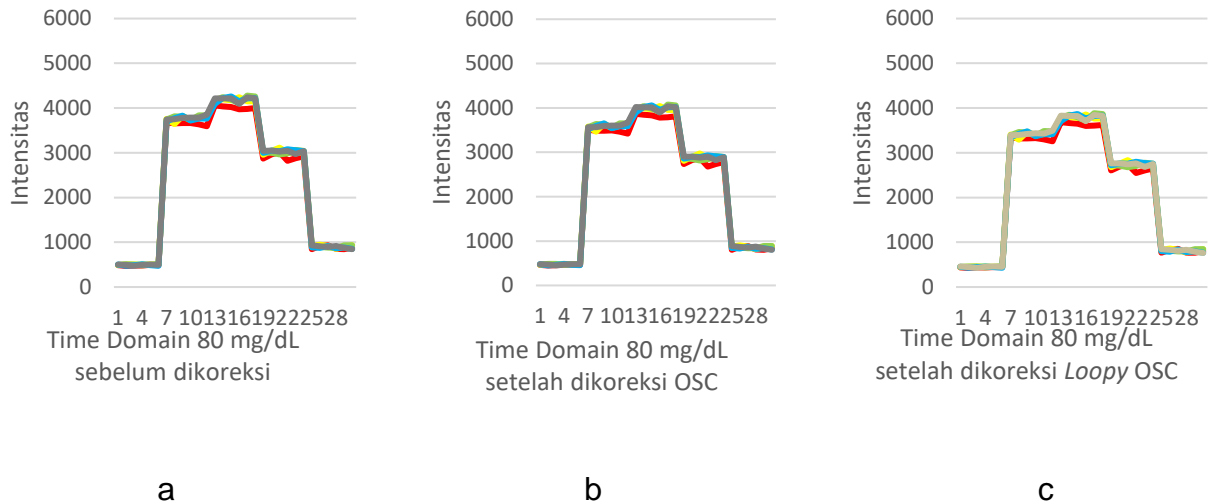
Penelitian ini menggunakan lampu 1600 nm. Pengukuran glukosa darah non invasif menggunakan modulasi 0% sampai dengan 90%, namun data yang digunakan adalah data modulasi 50% sampai dengan 90%. Hal ini dilakukan karena pada modulasi tersebut intensitas yang dipancarkan oleh sinar inframerah dapat terbaca dengan baik oleh sensor. Masing-masing modulasi mempunyai dua puncak dan setiap puncak diambil 3 titik, sehingga total data yang didapatkan adalah sebanyak 30 data untuk masing-masing ulangan. Pada penelitian non-invasif terdapat 5 ulangan, sehingga total semua data yang digunakan untuk kadar glukosa darah 67 mg/dL adalah 150 data. Begitu juga untuk data kadar glukosa darah 80 mg/dL dan 275 mg/dL.

3.3 Loopy OSC

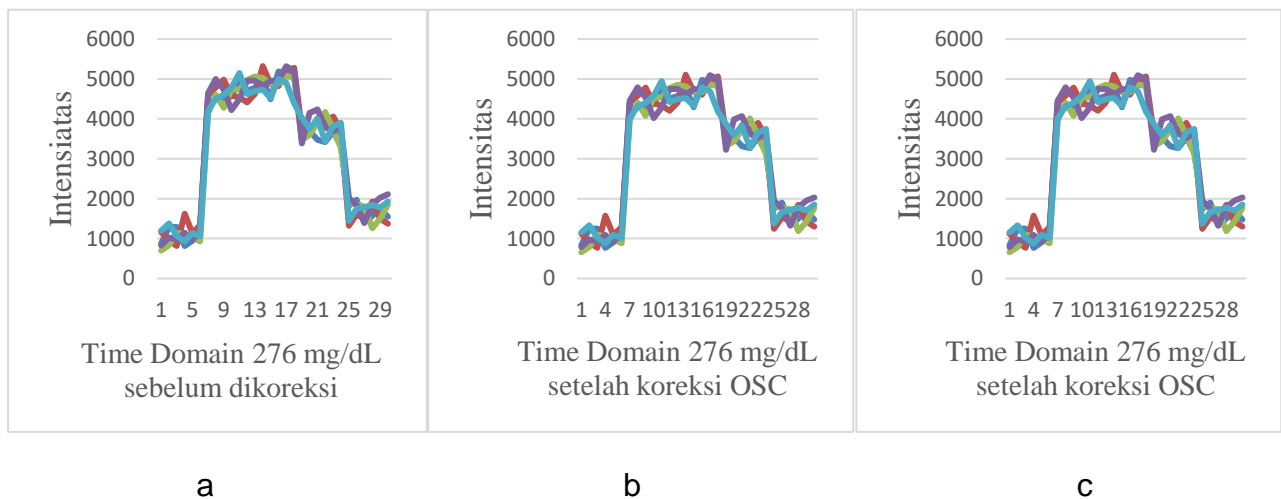
Gambar 1, 2 dan 3 merupakan data awal, OSC dan *loopy* OSC. Gambar tersebut menunjukkan bahwa berkali kali hasil dari OSC dilakukan maka semakin baik hasil yang diperoleh. Hasil *loopy* dan data awal juga dapat dilihat perbandingan antara nilai intensitas sebelum dan sesudah dilakukan *loopy* OSC, dapat dilihat bahwa pola yang terbentuk setelah dilakukan koreksi lebih dekat dan hampir sama untuk setiap ulangan, terjadi perubahan cenderung signifikan terhadap nilai intensitas. Hal ini berarti hasil dari koreksi *loopy* OSC lebih baik dibandingkan dengan hanya sekali OSC.



Gambar 1: (a) hasil data awal; (b) OSC; dan (c) *loopy* OSC



Gambar 2: (a) hasil data awal; (b)OSC; (c) loopy OSC



Gambar 3: (a) hasil data awal; (b)OSC; (c) loopy OSC

Tabel 1 merupakan nilai korelasi salah satu contoh data yaitu data 80. Nilai korelasi antar ulangan antara OSC dan *loopy* OSC (berulang ulang kali OSC) untuk data 80 bisa dilihat pada tabel tersebut. Masing-masing responden memiliki nilai korelasi yang tinggi untuk setiap ulangannya. Nilai korelasi yang tinggi tersebut menunjukkan bahwa pola yang dibentuk spektrum pada setiap ulangannya sudah sama. Pola yang sama menunjukkan bahwa informasi yang diberikan oleh spektrum sudah sama untuk setiap ulangannya

Tabel 1: Nilai korelasi OSC data 80

DATA 80 OSC					
	ULANGAN.1	ULANGAN.2	ULANGAN.3	ULANGAN.4	ULANGAN.5
ULANGAN.1	1.00000				
ULANGAN.2	0.99939	1.00000			
ULANGAN.3	0.99896	0.99893	1.00000		
ULANGAN.4	0.99909	0.99931	0.99946	1.00000	
ULANGAN.5	0.99928	0.99925	0.99951	0.99952	1.00000

Tabel 2 menunjukkan nilai rata-rata selisih antar ulangan data awal, OSC dan *loopy* OSC. Berdasarkan tabel tersebut bisa dilihat nilai selisih antar ulangan mengalami penurunan setelah dilakukan OSC dan terus mengalami penurunan saat dilakukan *loopy* OSC. Penurunan nilai rata-rata tersebut menunjukkan bahwa amatan antar ulangan semakin saling berdekatan dan semakin menuju keberhimpitan. Hal ini menunjukkan bahwa setiap ulangan pada masing masing responden sudah memiliki pola yang sama dan menunjukkan bahwa informasi yang diberikan spektrum sudah relatif sama

Tabel 2: Rata-rata selisih untuk data awal, OSC dan *loopy* OSC

Kadar Glukosa Darah	Ukuran Numerik	Data	Ulangan				
			1	2	3	4	5
67	rata-rata	data asli	120.424	127.605	132.930	147.867	136.875
		OSC 1	119.786	120.282	142.535	131.418	89.498
		<i>loopy</i> OSC	118.750	119.639	141.196	130.689	88.676
80	rata-rata	data asli	38.41	38.271	34.954	35.042	29.22
		OSC 1	38.265	38.058	34.811	34.856	28.745
		<i>loopy</i> OSC	37.052	36.397	33.843	33.0478	25.047
276	rata-rata	data asli	266.933	251.641	256.55	268.191	182.95
		OSC 1	266.690	251.412	255.775	267.753	182.549
		<i>loopy</i> OSC	265.108	249.212	248.177	264.422	179.062

Rata-rata ragam digunakan untuk mencari koreksi pencaran terbaik. Tabel 3 menunjukkan nilai rata-rata ragam data awal, OSC dan *loopy* OSC. Metode koreksi pencaran yang memiliki rata rata terkecil adalah metode koreksi yang terbaik dibandingkan dengan yang lain. Nilai rata-rata ragam yang kecil menunjukkan bahwa nilai spektrum hasil koreksi untuk setiap ulangan saling berdekatan dan memiliki nilai yang tidak jauh berbeda. Ini menunjukkan bahwa informasi spektrum sudah sama. Dari tabel 3 dapat disimpulkan bahwa metode *loopy* OSC lebih baik dibandingkan dengan OSC.

Tabel 3: Rata-rata ragam untuk data awal, OSC dan *loopy* OSC

Kadar Glukosa Darah	Metode Koreksi		
	Awal	OSC	<i>loopy</i> OSC
67 mg/dL	13417.75	13381.19	13105.15
80 mg/dL	3821.199	3592.008	1930.501
276 mg/dL	55932.2	55717.33	54060.49

4. Simpulan

Metode koreksi pencaran *loopy* OSC lebih baik dibandingkan OSC karena konvergensi lebih akurat, selisih rataan lebih kecil, ragamnya lebih kecil dan konvergen nilainya pada semua nilai yang diuji. Berdasarkan eksplorasi dan rata rata selisih, metode

loopy OSC lebih mampu untuk membentuk pola yang sama untuk setiap ulangan. Hal ini juga menunjukkan bahwa suatu objek yang diukur berulang kali sudah mampu diidentifikasi sebagai objek yang sama

Daftar Pustaka

- Arnita, A., & Sutarman, S. (2011). Membanding Metode Multiplicative Scatter Correction (MSC) dan Standard Normal Variate (SNV) pada Model Kalibrasi Peubah Ganda. *Bulletin of Mathematics*, 3(01), 25–38.
- Aulia, W. (2017). *Koreksi Pencaran pada Data Hasil Pengukuran Alat Pemantau Kadar Glukosa Darah Non-Invasif*.
- Barnes, R. J., Dhanoa, M. S., & Lister, S. J. (1989). Standard normal variate transformation and de-trending of near-infrared diffuse reflectance spectra. *Applied Spectroscopy*, 43(5), 772–777.
- Blanco, M., Coello, J., Montoliu, I., & Romero, M. A. (2001). Orthogonal signal correction in near infrared calibration. *Analytica Chimica Acta*, 434(1), 125–132.
- Budiastra, I. W., & Seminar, K. B. (2014). *Pengembangan Metode Pengukuran Nondestruktif untuk Menentukan Mutu dan Fermentasi Biji Kakao Utuh Menggunakan NIR Spectroscopy*.
- Hai-bin, Q., Dan-lin, O., & Yi-yu, C. (2005). Background correction in near-infrared spectra of plant extracts by orthogonal signal correction. *Journal of Zhejiang University Science B*, 6, 838–843.
- Iqbal, Z. (2015). *Pendugaan Kandungan Kimia Tandan Buah Segar (TBS) Kelapa Sawit Menggunakan Spektroskopi NIR*.
- Isaksson, T., & Næs, T. (1988). The effect of multiplicative scatter correction (MSC) and linearity improvement in NIR spectroscopy. *Applied Spectroscopy*, 42(7), 1273–1284.
- Laref, R., Ahmadou, D., Losson, E., & Siadat, M. (2017). Orthogonal signal correction to improve stability regression model in gas sensor systems. *Journal of Sensors*, 2017.
- Raudlah, S. (2018). *Perbandingan Metode Koreksi Pencaran pada Data Hasil Alat Pengukur Kadar Glukosa Darah Non-Invasif*.
- Rinnan, Å., Van Den Berg, F., & Engelsen, S. B. (2009). Review of the most common pre-processing techniques for near-infrared spectra. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 28(10), 1201–1222.
- Sinaga, Y. (2019). *Penerapan Metode Loopy Multiplicative Scatter Correction Dan Orthogonal Signal Correction Pada Spektrum Keluaran Alat Non-Invasif*.

Windig, W., Shaver, J., & Bro, R. (2008). Loopy MSC: a simple way to improve multiplicative scatter correction. *Applied Spectroscopy*, 62(10), 1153–1159.

Wold, S., Antti, H., Lindgren, F., & Öhman, J. (1998). Orthogonal signal correction of near-infrared spectra. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, 44(1–2), 175–185.

WR, H. (1987). Data analysis: wavelength selection method. *Near-Infrared Technology in the Agricultural and Food Industries*, 35–55.