Aplikasi *Near Infrared Spectroscopy* (NIRS) Untuk Mendeteksi Pencemaran Tanah

The Application of Near Infrared Spectroscopy (NIRS) to Soil Contamination Detection

Puji Meihani¹, Agus Arip Munawar¹, Devianti^{1*}

¹Program Studi Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Syiah Kuala

*Corresponding Author: Devianti@Unsyiah.ac.id

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk mendeteksi pencemaran tanah (zat Pb, Zn dan Cu) dengan menggunakan NIRS. Metode yang dilakukan ialah skala laboratorium dan hasil uji menggunakan NIRS. Pada pengujian menggunakan NIRS, metode koreksi spektrum yang digunakan ialah *Standard Normal Variate* (SNV) dan *De-Trending* (DT) sedangkan dalam membangun model prediksi, metode regresi yang digunakan yakni *Partial Least Square* (PLS). Keakuratan model prediksi dilihat berdasarkan parameter statistika seperti r , R^2 , RMSEC dan RPD. Hasil yang didapatkan pada pengujian menggunakan NIRS pada prediksi data mentah untuk ketiga parameter (Pb, Zn dan Cu) didapatkan nilai RPD masing-masing 2.69, 2.69, dan 2.68. Nilai tersebut termasuk ke dalam kategori *good model performance*. Untuk meningkatkan nilai RPD, dilakukan prediksi setelah dikoreksi menggunakan SNV. Nilai RPD yang didapatkan pada masing-masing parameter (Pb, Zn dan Cu) adalah 5.21, 4.56, dan 4.78. Nilai-nilai prediksi tersebut masuk ke dalam kategori *very good performance*. Sedangkan nilai RPD untuk prediksi menggunakan SNV untuk ketiga parameter (Pb, Zn dan Cu) masing-masing 4.31, 4.39 dan 4.08 yang dikategorikan sebagai *very good performance*. Berdasarkan nilai RPD yang didapatkan dari ketiga prediksi, prediksi dengan menggunakan SNV yang paling baik karena memiliki nilai RPD yang paling tinggi.

Kata kunci : Pencemaran Tanah, NIRS, SNV dan DT.

Abstract. This study aims to soil pollution detection (Pb, Zn and Cu substances) by using NIRS. The method used are the laboratory scale and using NIRS. In using NIRS method, the spectrum correction method used is *Standard Normal Variate* (SNV) and *De-Trending* (DT). Prediction model using *Partial Least Square* (PLS). The accuracy of the prediction model is based on the statistical parameters such as r , R^2 , RMSEC and RPD. The results based on the NIRS method obtained the values of RPD are 2.69, 2.69, and 2.68 in prediction of raw data for parameters (Pb, Zn and Cu). These values belong to *good model performance* category. To increase the RPD score, prediction were made by using SNV spectrum correction method. RPD values obtained in each parameter (Pb, Zn and Cu) were 5.21, 4.56, and 4.78. These predictive values can be categorized as *very good performance*. The values of RPD for prediction used DT for the three parameters (Pb, Zn and Cu) 4.31, 4.39 and 4.08 which are categorized as *very good performance*. Based on RPD values obtained from the three predictions, predictions using SNV are the best because it has the highest RPD value.

Keywords : Soil Pollution, NIRS, SNV and DT.

PENDAHULUAN

Tanah merupakan salah satu sumber daya alam terpenting guna menunjang kehidupan makhluk hidup di bumi yang secara kimiawi berfungsi sebagai penyuplai unsur hara baik mikro maupun makro. Fungsi tanah dapat terganggu akibat adanya kandungan pencemar yang dapat menyebabkan ancaman untuk tingkat kesehatan pada tanah. Kegiatan manusia seperti aktivitas industri meliputi pertambangan, pembuangan limbah menyebabkan adanya kontaminasi logam berat di dalam tanah seperti Pb, Zn dan Cu.

Ketidakseimbangan kimia, biologis dan fisik tanah yang disebabkan adanya kontaminasi logam berat dapat merugikan tanaman, hewan dan kesehatan manusia. Salah satu contohnya yakni gejala berkurangnya pertumbuhan akar pada tumbuhan (Rodriguez *et al.*, 2011) dan dapat berbahaya bagi hewan dan manusia melalui rantai makanan (Zhuang *et al.*, 2009).

Untuk mengetahui kandungan logam berat di dalam tanah dilakukan uji laboratorium. Namun seiring perkembangan teknologi, telah dikembangkan teknologi *Near Infrared Spectroscopy* (NIRS). Spektrum NIR dalam kisaran panjang gelombang 1000-2500 nm menggunakan spektrometer *Fourier Transform Near Infrared* (FT-NIR) (Munawar *et al.*, 2016) yang dapat mempermudah pengujian pencemaran tanah sehingga pengujian menjadi lebih cepat, akurat dan tidak membutuhkan waktu yang lama serta memiliki keunggulan diantaranya persiapan sampel yang relatif mudah, tidak memerlukan bahan kimia serta dapat menduga kandungan pencemaran pada tanah.

Spektrum yang dihasilkan oleh NIRS berupa data mentah yang masih memiliki gangguan (*noise*) sehingga perlu dilakukan perbaikan spektrum atau *pretreatment* dengan menggunakan *Standard Normal Variate* (SNV) dan *De-Trending* (DT). Namun, spektrum tersebut belum memberikan informasi kandungan kimia pada bahan uji sehingga dilakukan pembangunan model prediksi dengan menggunakan *Partial Least Square* (PLS). Berdasarkan permasalahan tersebut, perlu dilakukan penelitian sejauh mana aplikasi *Near Infrared Spectroscopy* dapat mendeteksi pencemaran tanah.

METODE PENELITIAN

Tempat dan Waktu

Penelitian dilaksanakan pada bulan Juli sampai dengan September 2018, untuk pengujian dengan menggunakan NIRS dilakukan di Laboratorium Instrumentasi dan Energi Program Studi Teknik Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Syiah Kuala. Pengujian Laboratorium dilakukan di Laboratorium Penguji BARISTAND Industri Banda Aceh.

Alat dan Bahan

Adapun instrumen utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah FT-NIR (Thermo Nicolet Antaris, USA) digunakan untuk mengakuisisi spektrum sampel tanah. *Workflow* dibuat untuk mengatur alat agar bekerja untuk mengakuisisi spektrum *diffuse reflectance*, memindai sampel sebanyak 64 kali lalu merata-ratakan hasilnya, menyimpan hasil pemindaian dalam 3 bentuk file yakni *.SPA, *.JDX dan *.CSV (Munawar, 2008). Bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah sampel tanah yang diambil dari 2 titik yang berbeda berasal dari penggunaan lahan sawah di Leupung dan penggunaan ladang di Lhoknga, Aceh Besar.

Prosedur Penelitian

Penelitian ini dimulai dengan pengambilan sampel tanah menggunakan bor tanah di beberapa titik dengan penggunaan lahan berbeda. Kemudian sampel tanah diayak hingga berukuran 20 mesh. Setelah itu sampel tanah diuji kadar Pb, Zn dan Cu skala laboratorium dan dicampurkan kandungan logam berat (Pb, Zn dan Cu) dengan konsentrasi 250 ppm, 500 ppm, 750 ppm dan 1000 ppm. Kemudian sampel tanah diuji dengan menggunakan NIRS. Pengujian dengan menggunakan NIRS dimulai dengan mengakuisisi spektrum. Kemudian dilakukan koreksi spektrum dengan menggunakan metode *Standard Normal Variate* (SNV) dan *De-Trending* (DT) yang akan menghasilkan plot data nilai prediksi logam berat.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Deskripsi Wilayah Pengambilan Sampel Tanah

Titik pengambilan sampel ladang di Kecamatan Lhoknga terletak pada koordinat 05°23'54.8" N dan 095°15'18.5" E. Lokasi pengambilan sampel sawah di Kecamatan Leupung terletak pada titik koordinat 05°29'29.2" N dan 095°14'32.2" E.

Akuisisi Spektrum NIRS Untuk Deteksi Pencemaran Tanah

Akuisisi spektrum *Near Infrared Spectroscopy* untuk mendeteksi tiga parameter yakni kadar Pb, Zn dan Cu di dalam tanah sawah dan ladang.

Spektrum *Raw* dan Spektrum Koreksi

Akuisisi spektrum menghasilkan spektrum data mentah (*raw data*), Spektrum *raw* dapat dilihat pada Gambar 2.

Gambar 2. Pola Spektrum Data Mentah (*Raw Data*) Tanah.

Spektrum data mentah (*raw data*) pada Gambar 2 terdapat gangguan (*noise*) sehingga spektrum tidak rapat dan kasar. Koreksi spektrum bertujuan untuk menghilangkan berbagai macam “*noise*” pada spektrum sampel tanah agar kumpulan spektrum lebih halus dan lebih rapat dan hasil prediksi logam berat lebih akurat (Mouazen et al., 2010). Pola spektrum tanah setelah dikoreksi menggunakan metode DT dan SNV disajikan pada Gambar 3 dan Gambar 4.

Gambar 3. Pola Spektrum Tanah Setelah Dikoreksi Dengan Menggunakan Metode *De-Trending* (DT)

Gambar 4. Pola Spektrum Tanah Setelah Dikoreksi Dengan Menggunakan Metode *Standard Normal Variate* (SNV).

Namun, pola spektrum yang dihasilkan belum dapat menduga kandungan logam berat (Pb, Zn dan Cu) di dalam tanah. Keakuratan dan kehandalan model prediksi yang dibangun dilihat berdasarkan parameter statistika hasil prediksi. Menurut Nicolai *et al.*, (2007) parameter statistika tersebut ialah koefisien kolerasi (r), koefisien determinasi (R^2), *residual predictive deviation* (RPD) *root mean square error calibration* (RMSEC), model yang baik memiliki nilai r dan R^2 yang tinggi, RMSEC yang rendah, $RPD > 1,5$ jumlah *latent variable* < 9 .

Hasil Prediksi Pb, Zn dan Cu Data Mentah (*Raw Data*)

Hasil prediksi kadar Pb, Zn dan Cu data mentah dapat dilihat pada Gambar 5, Gambar 6 dan Gambar 7.

Gambar 5. Hasil Prediksi Pb Data Mentah

Gambar 6. Hasil Prediksi Zn Data Mentah

Gambar 7. Hasil Prediksi Cu Data Mentah

Hasil Prediksi Pb, Zn dan Cu *Standard Normal Variate* (SNV)

Hasil Prediksi kadar Pb, Zn dan Cu dapat dilihat pada Gambar 8, Gambar 9 dan Gambar 10.

Gambar 8. Hasil Prediksi SNV Pada Pb

Gambar 9. Hasil Prediksi SNV pada Zn

Gambar 10. Hasil Prediksi *Standard Normal Variate* (SNV) Pada Cu

Hasil Prediksi Pb, Zn dan Cu *De-Trending* (DT)

Hasil Prediksi kadar Pb, Zn dan Cu dapat dilihat pada Gambar 11, Gambar 12 dan Gambar 13.

Gambar 11. Hasil Prediksi DT pada Pb

Gambar 12. Hasil Prediksi DT pada Zn

Gambar 13. Hasil Prediksi *De-Trending* (DT) Pada Cu

Hasil parameter statistika dari kadar Pb, Zn dan Cu disajikan pada Tabel 1, Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 1. Parameter statistika dari ketiga prediksi kadar Pb.

Metode Prediksi	R	R ²	RMSEC	RPD	Selisih
Data Mentah (<i>raw data</i>)	0,84	0,92	110,93	2,69	
Standard Normal Variate (SNV)	0,98	0,96	57,44	5,21	2,52
De-Trending (DT)	0,97	0,94	69,45	4,31	0,9

Berdasarkan Tabel 1 dari ketiga prediksi, prediksi kadar Pb di dalam tanah yang paling akurat adalah prediksi yang menggunakan metode koreksi spektrum *Standard Normal Variate* (SNV) karena menghasilkan nilai RPD tertinggi yakni 5,21. Menurut Karoui (2007) prediksi yang memiliki nilai RPD >3 dikategorikan sebagai prediksi yang sangat baik (*very good performance*), sedangkan untuk prediksi yang memiliki nilai RPD 2-3, dikategorikan sebagai prediksi yang baik (*good model performance*) serta untuk prediksi yang memiliki nilai RPD 1,5-2, dikategorikan sebagai prediksi yang masih kasar (*sufficient performance*).

Tabel 2. Parameter statistika dari ketiga prediksi kadar Zn.

Metode Prediksi	R	R ²	RMSEC	RPD	Selisih
Data Mentah (<i>raw data</i>)	0,91	0,84	110,92	2,69	
Standard Normal Variate (SNV)	0,97	0,95	65,48	4,56	1,87
De-Trending (DT)	0,97	0,94	68,08	4,39	0,17

Berdasarkan ketiga prediksi, prediksi kadar Zn di dalam tanah yang paling akurat yakni prediksi dengan menggunakan metode *Standard Normal Variate* (SNV) karena nilai RPD yang dihasilkan 4,56 merupakan yang tertinggi.

Tabel 12. Parameter statistika dari ketiga prediksi kadar Cu.

Metode Prediksi	R	R ²	RMSEC	RPD	Selisih
Data Mentah (<i>raw data</i>)	0,92	0,84	111,18	2,68	
Standard Normal Variate (SNV)	0,97	0,95	62,45	4,78	2,1
De-Trending (DT)	0,97	0,94	73,22	4,08	0,7

Hasil parameter statistika pada tabel 12 nilai RPD yang paling tinggi ialah 4,78 yang menggunakan metode SNV. Dengan demikian, prediksi kadar Cu tanah yang paling akurat adalah dengan menggunakan metode *Standard Normal Variate* (SNV).

Loading Plot Kadar Pb, Zn dan Cu Tanah

Loading plot yang dihasilkan dapat menentukan panjang gelombang relevan Pb, Zn dan Cu di dalam tanah. *Loading plot* untuk Pb, Zn dan Cu dapat dilihat pada Gambar 14., Gambar 15. dan Gambar 16.

Gambar 14. Loading Plot *Standard Normal Variate* (SNV) Pb Tanah

Gambar 14 menjelaskan bahwa puncak dan lembah spektrum NIRS tanah berada pada kisaran panjang gelombang 1197-1219 nm, 1667-1711 nm dan 1917-2074 nm. Panjang gelombang tersebut menunjukkan penyerapan spektrum NIRS pada tanah sangat tinggi sehingga dapat memprediksi adanya kandungan Pb di dalam tanah. Panjang gelombang relevan untuk prediksi kadar Pb ialah pada rentang 1917-2074 nm.

Gambar 15. Loading Plot *Standard Normal Variate* (SNV) Zn Tanah

Terlihat pada gambar 20 bahwa puncak dan lembah spektrum NIRS tanah berada pada kisaran panjang gelombang 1120-1216 nm, 1668-1700 nm dan 2250-2284 nm. Panjang gelombang relevan untuk prediksi kadar Zn ialah pada rentang 1120-1216 nm.

Gambar 16. Loading Plot *Standard Normal Variate* (SNV) Cu Tanah

Gambar 16 menjelaskan bahwa puncak dan lembah spektrum NIRS tanah berada pada kisaran panjang gelombang 1214-1317 nm, 1317-1458 nm dan 1694-1712 nm. Panjang gelombang relevan untuk menduga kandungan Cu di dalam tanah ialah pada rentang 1317-1458 nm.

KESIMPULAN DAN SARAN

KESIMPULAN

Berdasarkan data hasil penelitian dan pembahasan untuk ketiga parameter tanah maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. NIRS dapat digunakan untuk mendeteksi kadar cemaran di dalam tanah dibuktikan dari perbandingan antara hasil aktual laboratorium dan hasil prediksi oleh NIRS menggunakan metode regresi *Partial Least Square* (PLS).
2. Nilai RPD data mentah (*raw data*) pada masing-masing parameter sebelum dikoreksi masih dikategorikan *good model performance* karena nilai RPD masih <3 sedangkan setelah dikoreksi dengan menggunakan metode SNV dan DT nilai RPD meningkat sehingga dikategorikan menjadi *very good performance* karena nilai RPD >3 .
3. Metode koreksi spektrum *Standard Normal Variate* (SNV) memprediksi kandungan Pb, Cu dan Zn lebih baik dibandingkan *De-Trending* (DT) dibuktikan dengan hasil nilai RPD yang lebih tinggi pada setiap prediksi.
4. Panjang gelombang relevan dalam memprediksi kandungan Pb, Zn dan Cu masing-masing adalah 1917-2074 nm, 1120-1216 nm dan 1317-1458 nm.

DAFTAR PUSTAKA

- Karoui R. A. 2006. Chemical characterization of european emmental cheeses by near infrared spectroscopy using chemometric tools. *International Dairy Journal*. 16: 1211-1217.
- Mouazen, A., H. Ramon., J. De Baerdemaeker dan M. Maleki. 2007. On-line measurement of some selected soil properties using a VIS-NIR sensor. *Soil Tillage Res.* 93: 13–27.
- Munawar, A. A. 2008. Multivariate analysis and artificial neural network approaches of near infrared spectroscopic data for non-destructive quality attributes prediction of mango. Dissertation. Georg-August University, Goettingen.
- Munawar, A. A., D. Morlein., D. V. Hörsten., E. Pawelzik., dan J.K Wegener. 2016. Rapid and non-destructive prediction of mango quality attributes using Fourier transform near infrared spectroscopy and chemometrics. *Engineering in Agriculture, Environment and Food*, 9(3): 1-2.
- Nicolai, B. M., A. Peirs., E. Bobelyn., K. Beullens., K.I. Theron., J. Lamertyn dan W. Saeys. 2007. Nondestructive measurement of fruit and vegetable quality by means of NIR spectroscopy: a review. *Postharvest Biology and Technology*. 46: 99-118.
- Rodriguez, J.H., A. Fangmeier., A. Klumpp dan M.L. Pignata. 2011. Effects of elevated CO₂ concentrations and fly ash amended soils on trace element accumulation and translocation among roots, stems and seeds of *Glycine max* (L.) Merr. *Journal of Hazardous Material*. 187: 58–66.
- Zhuang, P., H. Xia., M.B. McBride., N. Li dan Z. Li. 2009. Health risk from heavy metals via consumption of food crops in the vicinity of Dabaoshan Mine, South China. *Science Total Environment*. 407: 1551–1561.