Prediksi Kehilangan Hara Pada Tanah Tererosi Menggunakan *Near Infrared Reflectance Spectroscopy* (NIRS)

Predictions Of Nutrient Loss In Eroded Soil Using Near Infrared Reflectance Spectroscopy

Muslaini Rahmi¹, Agus Arif Munawar¹, Devianti^{1*}

Program Studi Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Syiah Kuala

*Corresponding author : devidharma28@yahoo.co.id

Abstrak. Erosi merupakan suatu proses hilangnya atau terkikisnya lapisan tanah akibat adanya energi kinetik hujan yang menyebabkan terdispersinya partikel-partikel tanah. Kondisi ini menyebabkan tanah yang mengalami erosi akan menjadi miskin kandungan unsur hara dan bahan organiknya. Peristiwa ini terjadi karena unsur hara tanah banyak terdapat pada lapisan atas tanah (*top soil*) khususnya unsur N, P dan K sebagai penyubur tanaman. Untuk mengetahui hilangnya unsur hara akibat erosi dapat dilakukan dengan melakukan uji laboratorium pada sampel tanah yang telah tererosi, namun hal ini membutuhkan waktu yang lama, melibatkan bahan kimia lain dan merusak. Sehingga diperlukan metode baru yang dapat memprediksi kadar unsur hara tanah tererosi dengan waktu yang singkat, tanpa bahan kimia dan dapat memprediksi secara simultan. Salah satu teknologi yang dapat diterapkan untuk hal ini adalah metode *Near Infrared Reflectance Spectroscopy* (NIRS). Penelitian ini bertujuan untuk memprediksi kadar unsur hara N, P dan K pada tanah tererosi dengan menggunakan teknologi NIRS dengan cepat dan akurat. Spektrum inframerah untuk sampel tanah tererosi diakuisisi menggunakan IPTEK 1516 dengan konfigurasi alur kerja (*workflow*) pada rentang panjang gelombang 1.000–2.500 nm. Spektrum tersebut kemudian dikoreksi dan diperbaiki dengan metode *Detrending Order-2* (DT Orde-2) dan *Multiplicative Scatter Correction* (MSC) sedangkan dalam pembangunan model prediksi, metode regresi yang digunakan yaitu *Partial Least Square Regression* (PLS). Keakuratan model prediksi dilihat berdasarkan parameter statistika seperti korelasi (r), koefisien determinasi (R^2), *Root Mean Squared Error Calibration* (RMSEC) dan *Residual Predictive Deviation* (RPD).

Kata Kunci : Erosi, Unsur Hara, *Near Infrared Reflectance Spectroscopy*

Abstract. Erosion is a process of loss or erosion of the soil layer due to the kinetic energy of rain which causes soil particles to be dispersed. This condition causes soil that is experiencing erosion to become poor in nutrients content and organic matter. This event occurs because many soil nutrients are found in the top soil, especially the elements N, P and K as plant fertilizers. To determine the loss of nutrients due to erosion, laboratory tests can be carried out on eroded soil samples, but this takes a long time, involves other chemicals and it is destructive. So we need a new method that can predict the soil nutrient content eroded in a short time, without chemicals and can predict simultaneously. One technology that can be applied to this is the *Near Infrared Reflectance Spectroscopy* (NIRS) method. This study aims to predict the nutrient levels of N, P and K in eroded soils using NIRS technology quickly and accurately. Infrared spectrum for eroded soil samples was acquired using IPTEK 1516 with a workflow configuration in the wavelength range of 1,000–2,500 nm. The spectrum is then corrected and regenerated with the *Detrending Order-2* (DT Order-2) and *Multiplicative Scatter Correction* (MSC) methods, while in the construction of the prediction model, the regression method used is *Partial Least Square Regression* (PLS). The accuracy of the prediction model is seen based on statistical parameters such as correlation (r), coefficient of determination (R^2), *Root Mean Squared Error Calibration* (RMSEC) and *Residual Predictive Deviation* (RPD).

Keywords: Erosion, Nutrients, *Near Infrared Reflectance Spectroscopy*

PENDAHULUAN

Erosi merupakan hilangnya tanah atau bagian-bagian tanah dari suatu tempat yang diangkut air atau angin ke tempat lain. Erosi pada dasarnya terjadi akibat interaksi kerja antara faktor-faktor iklim, vegetasi, topografi, tanah dan manusia (Arsyad, 2010). Banuwa (2013) menyatakan bahwa erosi dapat menyebabkan hilangnya lapisan atas tanah yang subur dan baik untuk pertumbuhan tanaman, serta berkurangnya kemampuan tanah untuk menyerap dan

menahan air. Erosi yang terjadi pada suatu lahan akan mengangkut tanah dan menghasilkan sedimen. Konsentrasi unsur hara di dalam sedimen dapat mencapai 50% lebih tinggi daripada konsentrasinya pada tanah asal (Wischmeier dan Smith, 1978 dalam Banuwa, 2013). Kehilangan hara dari permukaan tanah merupakan salah satu akibat utama dari terjadinya erosi. Sedimen hasil erosi biasanya lebih kaya unsur hara dibanding dengan tanah asalnya. Kondisi ini menyebabkan tanah yang mengalami erosi akan menjadi miskin kandungan unsur hara sehingga tanah menjadi kurang subur. Untuk mengetahui hilangnya unsur hara akibat erosi dapat dilakukan dengan melakukan uji laboratorium. Salah satu teknologi yang telah dikembangkan di era modern sekarang ini yaitu mampu memprediksi secara cepat kandungan hara pada tanah tererosi adalah teknologi *Near Infrared Reflectance Spectroscopy* (NIRS).

Keunggulan aplikasi NIRS adalah tidak memerlukan bahan kimia, tidak menyentuh bahan, proses deteksi cepat dan saat ini banyak diterapkan di bidang pertanian. Pengujian dengan NIRS (*Near Infrared Reflectance Spectroscopy*) merupakan salah satu metode non-destruktif seperti PLS (*Partial Least Square Regression*) yang dapat digunakan untuk menganalisis unsur hara tanah. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memprediksi kehilangan hara nitrogen (N), fosfor (P) dan kalium (K) dalam tanah tererosi dan juga menentukan metode koreksi terbaik dan akurat.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat

Penelitian ini pada bulan September - November 2020. Pengambilan sampel tanah penelitian dilakukan di PT. Perkebunan Kurma Lembah Barbatee yang berada di Kecamatan Blang Bintang, Kabupaten Aceh Besar, Provinsi Aceh. Pengukuran erosi dilakukan di Laboratorium Fisika Tanah Program Studi Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Syiah Kuala Banda Aceh.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah *Rainfall Simulator*, instrumen *Self Devolved Fourier Transform Near Infrared Reflectance* (FT-NIR), *unscrambler software® X version 10.5*, 2 buah plot erosi, gelas ukur, kertas saring, oven, timbangan analitik, kantong plastik, alat tulis dan perlengkapan alat uji kandungan N, P dan K. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampel tanah di PT. Perkebunan Kurma Lembah Barbate, benih kacang tanah dan bayam.

Metode Pelaksanaan

Pengambilan Sampel Tanah

Sampel tanah yang akan digunakan dalam penelitian diambil di PT. Perkebunan Kurma Lembah Barbate. Prosedur dalam pengambilan tanahnya Siapkan cangkul beserta alat-alat pendukung lainnya seperti cetok, lam dan plot erosi. Kemudian dibersihkan dan dicangkul disekitaran sampel tanah yang akan diuji sehingga membentuk petakan. Letakkan plot erosi dengan posisi tegak berdiri pada petakan tanah yang telah disiapkan. Tekan plot erosi secara perlahan-lahan sehingga semua plot erosi masuk kedalam tanah. Usahakan dalam proses pengambilan tanah tidak merusak struktur tanah aslinya atau tidak pecah pada saat pengambilan. Pengambilan bisa dibantu dengan cetok, lam agar dasar tanah tidak rusak. Angkat plot erosi beserta tanahnya, kemudian bersihkan kotoran yang menempel pada sisi plot bagian luar, ratakan permukaan tanah pada kedua ujung plot erosi. Lakukan langkah-langkah tersebut pada plot erosi berikutnya.

Pengujian Sifat Fisik Tanah

Pengujian sifat fisik tanah meliputi: Pengukuran tekstur tanah dilakukan dengan menggunakan metode pipet. Menumbuk sampel tanah sampai halus, kemudian diayak dengan menggunakan ayakan sampai mendapatkan partikel tanah fraksi pasir, fraksi debu dan fraksi liat. Struktur tanah adalah istilah lapang yang digunakan untuk menggambarkan agrerasi tanah. Salah satu cara menentukan kemantapan agregat secara kualitatif adalah metode ayakan kering. Pengukuran porositas menggunakan metode penjenh. Ruang pori total tanah dalam keadaan alami dinyatakan sebagai presentase volume total pori tanah yang diisi oleh udara dan air diantara partikel tanah berdasarkan nilai bobot isi dan kepadatan partikel. Pengukuran permeabilitas menggunakan metode *constant head permeameter*. Pada penelitian permeabilitas tanah di laboratorium dengan dasar hukum darcy dapat dilakukan dengan menggunakan alat permeabilitas. Pengukuran C organik menggunakan metode walkley and black.

Perhitungan Dosis Pupuk

Dosis pemberian pupuk NPK sebanyak 250 kg/ha pada tanaman kacang tanah dan 100 kg/ha untuk tanaman bayam, pupuk diberikan dengan cara disebar. Berikut perhitungan kebutuhan dosis pupuk dari kg/ha dikonversikan ke jumlah gram untuk tanaman bayam dan kacang tanah dengan luas plot 0,06 m².

$$\text{Dosis} = \frac{\text{Luas Plot}}{10.000 \text{ m}^2} \times \text{Kebutuhan Pupuk} \dots\dots\dots (1)$$

Perhitungan Intensitas Curah Hujan

Intensitas curah hujan yang digunakan adalah intensitas curah hujan buatan yang dihasilkan oleh alat simulator hujan *Rainfall Simulator* dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$I = \frac{V}{A \times t} \times 600 \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan :

- I = Intensitas Hujan (cm/jam atau mm/jam)
- V = Volume air dalam tabung (ml)
- A = Luas Tabung (cm²)
- t = Waktu (menit)

Perhitungan Erosi

Perhitungan jumlah tanah yang tererosi dari suatu kejadian simulasi hujan adalah sebagai berikut (Nurpilihan, dkk., 2011) :

$$E = (C / B) \times A \text{ (kg/plot)} \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan :

- E = Erosi plot penelitian (kg/plot)
- A = Berat tanah kering angin (kg)
- B = Sampel penegeringan oven (kg)
- C = Berat tanah kering oven (kg)

Pengukuran Kadar N, P dan K Tanah di Laboratorium

Untuk uji NPK tanah dilakukan di Laboratorium Penelitian Tanah dan Tanaman, Fakultas Pertanian Lama, Universitas Syiah Kuala Banda Aceh.

Akuisisi Spektrum *Infrared* untuk Sampel Tanah Tererosi

Spektrum *near infrared* untuk sampel tanah diakuisi dengan menggunakan instrumen *infrared spectroscopy* (FT-NIR) dengan konfigurasi alur kerja alat (*workflow*) dibangun dengan menggunakan perangkat lunak terintegrasi *Thermo Operation*®. Pembuatan *Workflow* dilakukan untuk mengatur alat agar bekerja sehingga dapat mengakuisisi spektrum *diffuse reflectance* sampel, lalu merata-ratakan hasilnya, dan menyimpan hasil pemindaian dalam dua bentuk *file* yakni *.SPA dan *.CSV.(Mouazen *et al.*, 2010). Rentang panjang gelombang yang dipakai adalah 1000–2500 nm dengan interval sekitar 2 nm.

Metode Koreksi Spektrum *Infrared*

Sebelum digunakan untuk analisa data (membangun model prediksi), spektrum NIR untuk semua sampel tanah terlebih dahulu dilakukan koreksi spektrum. Hal ini bertujuan untuk menghilangkan berbagai macam “*noises*” pada spektrum sampel tanah agar hasil prediksi logam berat lebih akurat (Mouazen dkk., 2010). Metode yang digunakan dalam koreksi spektrum ini adalah metode *Multiplicative Scatter Correction* (MSC) dan *Detrending orde-2* (DT orde-2) dimana data spektrum akan diperbaiki terutama pada bagian yang banyak mengandung *noise* atau gangguan akibat pembauran cahaya (Munawar dkk., 2016).

Model Prediksi Unsur Hara Nitrogen, Fosfor dan Kalium

Kandungan unsur hara pada sampel tanah diprediksi berdasarkan spektrum NIR yang dihasilkan melalui proses kalibrasi model (pembangunan model). Model prediksi dibangun dengan meregresikan antara spektrum NIR (variable X) dengan kadar N, P, dan K (variabel Y) dari hasil pengukuran di laboratorium. Metode regresi yang akan digunakan adalah metode *Partial Least Square* (PLS).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sifat Fisik Tanah

Sifat fisik tanah di PT. Perkebunan Kurma Lembah Barbatee yang berada di Kecamatan Blang Bintang, Kabupaten Aceh Besar Provinsi Aceh dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Sifat Fisik Tanah

No	Hasil Analisis	Nilai	Harkat	Keterangan
1	Porositas Tanah	0,43	-	kurang baik
2	Struktur Tanah	Granular	2	-
3	Permeabilitas Tanah	1,84 cm/jam	2	lambat
4	Tekstur Tanah	lempung Berpasir	-	-
	fraksi Pasir (sand)	45%	-	-
	fraksi debu (silt)	32%	-	-
	fraksi liat (clay)	22%	-	-
5	C-Organik	1,35%	-	rendah

Sumber : Analisis Laboratorium (2020)

Dosis Pupuk

Pemberian pupuk NPK 16:16:16 pada tanah dilakukan 1 minggu sebelum masa tanam. Hal ini dilakukan agar pupuk dapat tercampur dengan baik didalam tanah. Setelah itu dilakukan penanaman benih kacang tanah dan bayam. Berdasarkan (Persamaan 1) dosis pupuk untuk tanaman kacang tanah yang diberikan sebanyak 1,5 g/plot dan untuk dosis pupuk tanaman bayam yang diberikan sebanyak 0,6 g/plot.

Pengukuran Laju Erosi

Pengukuran erosi di laboratorium dengan meletakkan plot erosi yang berisi sampel tanah pada penyanggah dengan kemiringan 25% yang diletakan tepat dibawah *Rainfall Simulator*. Mengatur intensitas hujan buatan sesuai dengan yang diinginkan. Sebelum memulai percobaannya, tutup penampung limpasan dan tanah tererosi ketika alat tersebut dihidupkan. Hidupkan alat *Rainfall Simulator*nya dan setelah alirannya stabil sesuai dengan yang diinginkan, kemudian hidupkan *stopwatch* yang diatur dengan durasi selama 5 menit. Setelah 5 menit, matikan alat *Rainfall Simulator* tersebut, kemudian ambil penampung yang telah terisi dengan limpasan dan tanah tererosi tersebut dipindahkan ke wadah yang telah disiapkan. Saring air tampungan tersebut dengan kertas saring yang disiapkan untuk memisahkan tanah tererosi dari air limpasan tersebut. Setelah selesai disaring, kemudian ditimbang untuk mengetahui berat tanah yang tererosi tersebut.

Intensitas Curah Hujan

Berikut adalah perhitungan dari nilai intensitas hujan dengan simulasi hujan :

1. Intensitas hujan I
 - a. *Inflow liquid* = 70
 - b. Tekanan = 0,3 bar
 - c. Putaran *nozle* = I putaran (60 Rev/min)
 - d. Sudut cakram setengah terbuka
2. Intensitas hujan II
 - a. *Inflow liquid* = 60
 - b. Tekanan = 0,15 bar
 - c. Putaran *nozle* = I putaran (60 Rev/min)
 - d. Sudut cakram setengah terbuka
3. Intensitas hujan III
 - a. *Inflow liquid* = 50
 - b. Tekanan = 0,1 bar
 - c. Putaran *nozle* = I putaran (60 Rev/min)
 - d. Sudut cakram setengah terbuka

Data percobaan intensitas hujan menggunakan rumus pada (Persamaan 2) dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Percobaan Intensitas Curah Hujan

	Luas Tampungan (cm ²)	Volume Tampungan (ml)	Intensitas Hujan (mm/jam)
I	33,16625	37	133
II	33,16625	23	83
III	33,16625	22	79

Sumber : Sumber : Analisis Laboratorium (2020)

Hasil Pengukuran Laju Erosi

Plot pengukuran erosi terdiri dari 2 plot, dimana plot pengamatan pertama dengan tanaman kacang tanah dan plot pengamatan kedua dengan tanaman bayam. Pengambilan data pengukuran besarnya erosi dilakukan selama 120 menit (2 jam/ hari) setiap 1 minggu masa tanam, dimana pada menit 0-40 dengan intensitas hujan 133 mm/jam, pada menit 45-80 dengan intensitas hujan 83 mm/jam dan pada menit 85-120 dengan intensitas 79 mm/jam. Hasil pengukuran aliran permukaan, erosi dan unsur hara tanah ditunjukkan pada Tabel 8 dan Tabel 9.

Tabel 8. Hasil Pengukuran Erosi dan Kehilangan Hara NPK Pada Plot Kacang Tanah

Tanggal	No. Pengukuran	Curah Hujan (mm)	Erosi Tanah (gr/m ²)	Kehilangan Hara pada Tanah Tererosi		
				N content (%)	P (ppm)	K (cmol/kg)
24/10/2020	Jam 14.00-14.40 WIB	11,15	74,7	0,030	1,670	0,282
	Jam 14.45-15.20 WIB	6,93	51,02	0,027	0,920	0,273
	Jam 15.25-16.00 WIB	6,63	40,64	0,023	0,883	0,265
31/10/2020	Jam 14.00-14.40 WIB	11,15	62,75	0,020	0,842	0,223
	Jam 14.45-15.20 WIB	6,93	54,71	0,023	0,733	0,232
	Jam 15.25-16.00 WIB	6,63	37,27	0,019	0,850	0,215
7/11/2020	Jam 14.00-14.40 WIB	11,15	56,66	0,028	0,792	0,173
	Jam 14.45-15.20 WIB	6,93	47,06	0,024	0,699	0,182
	Jam 15.25-16.00 WIB	6,63	28,64	0,025	0,783	0,165
14/11/2020	Jam 14.00-14.40 WIB	11,15	46,62	0,017	0,750	0,132
	Jam 14.45-15.20 WIB	6,93	34,91	0,013	0,580	0,115
	Jam 15.25-16.00 WIB	6,63	28,38	0,010	0,642	0,123

Berdasarkan hasil penelitian, diperoleh bahwa erosi pada plot pengamatan tanaman kacang tanah lebih besar dibandingkan dengan erosi yang terjadi pada plot pengamatan tanaman bayam. Hasil pengukuran pada plot kacang tanah mempunyai nilai erosi terbesar yaitu 74,7 gram/m² sedangkan pada plot bayam mempunyai nilai erosi terbesar yaitu 64,86 gram/m² dimana hal ini terjadi pada waktu periode hujan yang sama yaitu pada periode hujan pertama dengan tebal hujan sebesar 11,15 mm. Hasil pengukuran NPK sampel tanah asal di labora torium dihasilkan kandungan hara nitrogen (N) dalam tanah sebesar 0,66% yang mana nilai tersebut termasuk kriteria tinggi, fosfor (P) sebesar 20,850 ppm termasuk kriteria sedang dan kalium (K) sebesar 7,550 cmol/kg termasuk kriteria sangat tinggi. Jumlah kehilangan hara NPK pada plot kacang tanah dan bayam dari minggu pertama sampai minggu ke-4 masing-masing N sebesar 0,488%, P sebesar 17,134 ppm dan K sebesar 4,460 cmol/kg. Adapun sisa kandungan hara NPK pada tanah yaitu selisih antara nilai hara NPK pada sampel tanah asal dengan nilai hara NPK pada sampel tanah pengukuran. Untuk N sebesar 0,172%, P sebesar 3,366 ppm dan K sebesar 3,09 cmol/kg.

Tabel 9. Hasil Pengukuran Erosi dan Kehilangan Hara NPK Pada Plot Bayam

Tanggal	No. Pengukuran	Curah Hujan (mm)	Erosi Tanah (gr/m ²)	Kehilangan Hara pada Tanah Tererosi		
				N content (%)	P (ppm)	K (cmol/kg)
24/10/2020	Jam 14.00-14.40 WIB	11,15	64,86	0,029	1,590	0,257
	Jam 14.45-15.20 WIB	6,93	48,85	0,026	0,867	0,240
	Jam 15.25-16.00 WIB	6,63	31,55	0,028	0,740	0,248
31/10/2020	Jam 14.00-14.40 WIB	11,15	55,18	0,018	0,685	0,198
	Jam 14.45-15.20 WIB	6,93	42,75	0,022	0,725	0,207
	Jam 15.25-16.00 WIB	6,63	25,61	0,021	0,508	0,190
7/11/2020	Jam 14.00-14.40 WIB	11,15	51,24	0,016	0,467	0,157
	Jam 14.45-15.20 WIB	6,93	42,67	0,012	0,375	0,140
	Jam 15.25-16.00 WIB	6,63	27,86	0,018	0,358	0,148
14/11/2020	Jam 14.00-14.40 WIB	11,15	45,91	0,013	0,325	0,107
	Jam 14.45-15.20 WIB	6,93	33,71	0,015	0,133	0,098
	Jam 15.25-16.00 WIB	6,63	21,5	0,011	0,217	0,090

Sumber : Pengukuran Laboratorium (2020)

Akuisisi Spektrum NIRS Untuk Prediksi Kadar Hara Nitrogen, Fosfor dan Kalium

Akuisisi spektrum diambil pada saat sampel tanah dikenai radiasi *Near Infrared Reflectance Spectroscopy* dengan kisaran panjang gelombang 780-2500 nm akan menerima energi yang memicu terjadinya getaran dan regangan. Dari 4% energi yang dipancarkan ke bahan organik akan dipantulkan kembali ke permukaan luar (*Regular reflection*) dan sekitar 96% akan masuk ke dalam bahan yang kemudian akan mengalami penyerapan, pemantulan, penyebaran dan penerusan cahaya. Saat radiasi mengenai sampel maka akan terjadi 3 fenomena yaitu diserap (*absorbed*), ditransmisikan (*transmitted*), dan dipantulkan (*Reflected*) (Munawar, 2008). Penelitian ini menggunakan akuisisi panjang gelombang 1000-2500 nm. Metode koreksi spektrum yang digunakan adalah metode *Detrending orde-2* (DT orde-2) dan metode *Multiplicative Scatter Correction* (MSC) seperti terlihat pada Gambar 1 dan 2.

Digunakannya metode koreksi spektrum yaitu untuk mengurangi gangguan (*noise*) dalam spektrum sehingga spektrum menjadi lebih halus dan lebih rapat. Metode MSC dipilih karena metode ini mampu menghilangkan *noise* yang disebabkan oleh penyebaran cahaya dan juga metode MSC mampu merapatkan pita – pita spektrum awal yang renggang menjadi lebih rapat dan halus. Pada prinsipnya metode MSC mereduksi spektrum sesuai rata-rata penyebaran data. Metode *Detrending* (DT) diterapkan untuk menghilangkan *trend nonlinear* dalam data. Seperti pada *pretreatment* lainnya, hal ini dilakukan untuk mengurangi pengaruh interferensi gelombang *noise*, sehingga spektrum menjadi lebih halus. Hasil spektrum yang didapat setelah menggunakan metode koreksi DT dan MSC tidak terlalu berbeda, keduanya

sama-sama mampu merapatkan pita pita spektrum yang awalnya agak renggang menjadi lebih rapat dan halus.

Gambar 1. Pola Spektrum Sampel Tanah Tererosi Setelah Dikoreksi Dengan Metode *Detrending Orde-2* (DT orde-2)

Gambar 2. Pola Spektrum Sampel Tanah Tererosi Setelah Dikoreksi Dengan Metode *Multiplicative Scatter Correction* (MSC)

Pembangunan Model Kalibrasi

Model kalibrasi digunakan untuk membangun model persamaan matematik yang dapat digunakan untuk memprediksi kadar hara nitrogen, fosfor dan kalium pada sampel tanah tererosi tanpa harus melakukan pengukuran langsung secara destruktif yang dapat merusak bahan. Hasil kalibrasi yang baik dapat dilihat dari nilai koefisien korelasi (r) dan koefisien determinasi (R^2) yang tinggi serta nilai standar error (RMSEC) yang rendah. Analisis dengan NIRS membutuhkan standar *error* yang lebih rendah dari standar deviasi (SD) data acuan. Model kalibrasi dibangun dengan meregresikan spektrum NIRS sebagai variabel X dan data aktual dari hasil uji Laboratorium digunakan sebagai variabel Y, pembangunan model kalibrasi menggunakan metode regresi *Partial Least Square* (PLS). Pembangunan model kalibrasi berguna untuk mendapatkan ketelitian model informasi kadar hara nitrogen, fosfor dan kalium yang terkandung didalam sampel tanah tererosi.

Hasil Kalibrasi Kadar Hara Nitrogen, Fosfor dan Kalium DT Orde-2 dan MSC

Tingkat *error* dari beberapa parameter statistika data mentah yang dihasilkan dapat dilihat pada hasil kalibrasi kadar hara NPK pada tanah tererosi, kemudian hasil dari data mentah dilakukan koreksi spektrum menggunakan *Detrending* orde-2 dan *Multiplicative Scatter Correction* yang bertujuan untuk mengetahui perbedaan hasil kalibrasi antara data mentah dengan hasil kalibrasi setelah dikoreksi. Menurut (Nicolai *et al.*, 2007; Munawar *et al.*, 2016) model kalibrasi yang handal dan akurat adalah model dengan nilai parameter

koefisien korelasi (r) dan RPD yang tinggi, RMSEC rendah, dan jumlah LV < 9. Hasil kalibrasi metode koreksi DT Orde-2 dan MSC kadar hara nitrogen, fosfor dan kalium dapat dilihat pada Gambar 3,4,5,6,7 dan 8.

Gambar 3. Hasil Kalibrasi Kadar Hara Nitrogen dengan Metode Koreksi DT Orde-2

Gambar 4. Hasil Kalibrasi Kadar Hara Fosfor dengan Metode Koreksi DT Orde-2

Gambar 5. Hasil Kalibrasi Kadar Hara Kalium dengan Metode Koreksi DT Orde-2

Gambar 6. Hasil Kalibrasi Kadar Hara Nitrogen dengan Metode Koreksi MSC

Gambar 7. Hasil Kalibrasi Kadar Hara Fosfor dengan Metode Koreksi MSC

Gambar 8. Hasil Kalibrasi Kadar Hara Kalium dengan Metode Koreksi MSC

Untuk lebih jelasnya hasil parameter statistika dari masing-masing metode koreksi spektrum untuk prediksi kadar nitrogen, fosfor dan kalium dapat dilihat pada Tabel 3, 4 dan 5.

Tabel 3. Parameter Statistika Hasil Kalibrasi Kadar Hara Nitrogen

Metode Koreksi	r	R ²	RMSEC	RPD	LV
Detrending orde-2	0,97	0,94	0,0301	4,16	6
Multiplelicative Scatter Correction	0,98	0,96	0,0239	5,35	6
Interpretasi	Prediksi Yang Sangat Baik (<i>Verygood Performance</i>)				

Tabel 4. Parameter Statistika Hasil Kalibrasi Kadar Hara Fosfor

Metode Koreksi	r	R ²	RMSEC	RPD	LV
Detrending orde-2	0,97	0,95	0,8847	4,56	6
Multiplelicative Scatter Correction	0,97	0,96	0,7882	5,12	6
Interpretasi	Prediksi Yang Sangat Baik (<i>Verygood Performance</i>)				

Tabel 5. Parameter Statistika Hasil Kalibrasi Kadar Hara Kalium

Metode Koreksi	r	R ²	RMSEC	RPD	LV
Detrending orde-2	0,97	0,94	0,3392	4,34	6
Multiplelicative Scatter Correction	0,98	0,96	0,2667	5,52	6
Interpretasi	Prediksi Yang Sangat Baik (<i>Verygood Performance</i>)				

Hasil kalibrasi parameter statistika dari kedua metode koreksi dapat dilihat bahwa nilai kalibrasi setelah koreksi meningkat seperti pada Tabel 12. Berdasarkan dari kedua kalibrasi tersebut metode *Multiplelicative Scatter Correction* (MSC) telah menunjukkan prediksi yang lebih baik yaitu dilihat dari nilai RPD yang paling tinggi yaitu sebesar 5,35 untuk nitrogen 5,12 untuk fosfor dan 5,52 untuk kalium.

Tabel 6. Hasil Kalibrasi PLS Kadar Hara Nitrogen, Fosfor dan Kalium Metode Koreksi DT

Spektrum	Sampel	Parameter					
		Nitrogen		Fosfor		Kalium	
		Aktual	Prediksi	Aktual	Prediksi	Aktual	Prediksi
DT	TA	0,660	0,625	20,850	19,859	7,550	7,156
	EKT-1 AW	0,030	0,047	1,670	1,699	0,282	0,511
	EKT-1 T	0,027	0,002	0,920	0,096	0,273	0,003
	EKT-1 AK	0,023	-0,004	0,883	0,247	0,265	-0,083
	EKT-2 AW	0,020	0,046	0,842	1,604	0,223	0,495
	EKT-2 T	0,023	0,004	0,733	0,190	0,232	-0,030
	EKT-2 AK	0,019	0,076	0,850	2,268	0,215	0,816
	EKT-3 AW	0,028	0,048	0,792	1,707	0,173	0,471
	EKT-3 T	0,024	0,049	0,699	1,569	0,182	0,504
	EKT-3 AK	0,025	-0,034	0,783	-1,002	0,165	-0,461
	EKT-4 AW	0,017	-0,030	0,750	-0,822	0,132	-0,424
	EKT-4 T	0,013	0,052	0,580	1,838	0,115	0,534
	EKT-4 AK	0,010	0,044	0,642	1,512	0,123	0,452
	EBY-1 AW	0,029	0,052	1,590	1,935	0,257	0,535
	EBY-1 T	0,026	0,045	0,867	1,463	0,240	0,472
	EBY-1 AK	0,028	0,014	0,740	0,449	0,248	0,110
	EBY-2 AW	0,018	0,010	0,685	0,236	0,198	0,055
	EBY-2 T	0,022	0,040	0,725	1,312	0,207	0,424
	EBY-2 AK	0,021	0,005	0,508	0,308	0,190	0,011
	EBY-3 AW	0,016	-0,005	0,467	-0,291	0,157	-0,089
	EBY-3 T	0,012	0,023	0,375	0,724	0,140	0,222
	EBY-3 AK	0,018	0,035	0,358	0,959	0,148	0,363
	EBY-4 AW	0,013	0,017	0,325	0,480	0,107	0,160
	EBY-4 T	0,015	-0,042	0,133	-1,350	0,098	-0,514
	EBY-4 AK	0,011	0,030	0,217	0,992	0,090	0,318

Tabel 7. Hasil Kalibrasi PLS Kadar Hara Nitrogen, Fosfor dan Kalium Metode Koreksi MSC

Spektrum	Sampel	Parameter					
		Nitrogen		Fosfor		Kalium	
		Aktual	Prediksi	Aktual	Prediksi	Aktual	Prediksi
MSC	TA	0,660	0,639	20,850	20,195	7,550	7,317
	EKT-1 AW	0,030	0,030	1,670	1,246	0,282	0,306
	EKT-1 T	0,027	0,047	0,920	1,527	0,273	0,506
	EKT-1 AK	0,023	-0,004	0,883	0,317	0,265	-0,074
	EKT-2 AW	0,020	0,035	0,842	1,309	0,223	0,356
	EKT-2 T	0,023	0,010	0,733	0,293	0,232	0,055
	EKT-2 AK	0,019	0,044	0,850	1,375	0,215	0,443
	EKT-3 AW	0,028	0,036	0,792	1,261	0,173	0,349
	EKT-3 T	0,024	0,027	0,699	0,905	0,182	0,252
	EKT-3 AK	0,025	-0,022	0,783	-0,779	0,165	-0,308
	EKT-4 AW	0,017	-0,027	0,750	-0,803	0,132	-0,358
	EKT-4 T	0,013	0,039	0,580	1,401	0,115	0,400
	EKT-4 AK	0,010	0,030	0,642	1,071	0,123	0,306
	EBY-1 AW	0,029	0,009	1,590	0,615	0,257	0,061
	EBY-1 T	0,026	0,051	0,867	1,622	0,240	0,558
	EBY-1 AK	0,028	0,009	0,740	0,230	0,248	0,063
	EBY-2 AW	0,018	0,008	0,685	0,098	0,198	0,036
	EBY-2 T	0,022	0,038	0,725	1,333	0,207	0,395
	EBY-2 AK	0,021	-0,008	0,508	-0,069	0,190	-0,138
	EBY-3 AW	0,016	0,004	0,467	0,032	0,157	-0,014

EBY-3 T	0,012	0,025	0,375	0,832	0,140	0,231
EBY-3 AK	0,018	0,054	0,358	1,597	0,148	0,559
EBY-4 AW	0,013	0,032	0,325	1,034	0,107	0,318
EBY-4 T	0,015	-0,008	0,133	-0,328	0,098	-0,134
EBY-4 AK	0,011	0,049	0,217	1,668	0,090	0,526

Loading Plot Kadar Hara Nitrogen, Fosfor dan Kalium

Berdasarkan hasil model kalibrasi spektrum absorban dan reflektan NIRS pada tanah tererosi menunjukkan bahwa panjang gelombang 1000-2500 nm dapat memprediksi kadar hara nitrogen, fosfor dan kalium pada tanah tererosi. *Loading plot* yang didapatkan dapat menentukan panjang gelombang relevan yang dapat memprediksi kadar nitrogen, fosfor dan kalium di dalam tanah tererosi. Blanco dan Villarroja (2002) mengatakan bahwa adanya puncak dan lembah spektra NIR disebabkan karena adanya pengaruh dari kandungan kimia di dalam suatu bahan. *Loading plot* kadar nitrogen fosfor dan kalium dapat dilihat pada Gambar 9, 10 dan 11.

Gambar 9. Loading plot untuk Kadar Hara Nitrogen

Gambar 10. Loading plot untuk Kadar Hara Fosfor

Gambar 11. Loading plot untuk Kadar Hara Kalium

Berdasarkan Gambar 9, 10 dan 11 terlihat puncak dan lembah spektrum NIRS berada pada kisaran panjang gelombang 1393-1419 nm dan 1867-1898 nm untuk nitrogen, pada kisaran panjang gelombang 1396-1420 nm dan 1876-1900 nm untuk fosfor dan pada kisaran panjang gelombang 1392-1418 nm dan 1866-1895 nm.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1. Kesimpulan

1. NIRS dengan metode *Partial Least Square* (PLS) ini mampu memprediksi kadar hara nitrogen, fosfor dan kalium pada tanah tererosi dengan cepat dan akurat.
2. Metode koreksi yang paling baik adalah menggunakan metode koreksi *Multiplicative Scatter Correction* (MSC) dengan nilai $r = 0,98$ dan nilai $R^2 = 0,96$ serta nilai RPD = 5,35 untuk nitrogen (N). Nilai $r = 0,97$ dan nilai $R^2 = 0,96$ serta nilai RPD = 5,12 untuk fosfor (P). Adapun nilai $r = 0,98$ dan nilai $R^2 = 0,96$ serta nilai RPD = 5,52 untuk kalium (K). Nilai parameter statistik tersebut lebih tinggi dibandingkan dengan nilai RPD pada metode koreksi *Detrending orde-2* (DT orde-2).
3. Panjang gelombang yang relevan untuk memprediksi kadar hara nitrogen pada tanah tererosi yaitu pada panjang gelombang 1393-1419 nm dan 1867-1898 nm, untuk fosfor panjang gelombang 1396-1420 nm dan 1876-1900 nm dan untuk kalium pada panjang gelombang 1392-1418 nm dan 1866-1895 nm.

4.2. Saran

Saran pada penelitian ini adalah untuk prediksi kehilangan hara pada tanah tererosi menggunakan *Near Infrared Reflectance Spectroscopy* (NIRS) sebaiknya dilakukan penelitian lanjutan mengenai pengukuran erosi secara langsung skala lapangan dengan kemiringan yang berbeda dan intensitas yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- Arsyad, S. 2010. Konservasi Tanah Dan Air. Edisi Kedua. IPB Press. Bogor.
- Banuwa, I. S. 2013. Erosi. Kencana Prenadamedia Group. Jakarta.
- Devianti, D., Sufardi, Zulfahrizal Dan A. A. Munawar. 2019. Near Infrared Reflectance Spectroscopy: Prediksi Cepat Dan Simultan Kadar Unsur Hara Makro Pada Tanah Pertanian. Laporan Penelitian. Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh. Agritech 39 (1) : 12-19.
- Mouazen A. M., W. Saeys, J. Xing, J.D. Baerdemaeker And H. Ramon. 2010. Near Infrared Spectroscopy For Agricultural Materials An Instrument Comparison. J Near Infraredspectrosc. Vol.13. 87-97.
- Munawar, A. A., D. V. Hörsten, D. Mörlein, E. Pawelzik, Dan J. K. Wegener. 2013. Rapid And Non-Destructive Prediction Of Mango Sweetness And Acidity Using Near Infrared Spectroscopy. In Lecture Notes In Informatics (Lni), Proceedings - Series Of The Gesellschaft Fur Informatik (Gi) (Vol. P-211).
- Munawar, A. A., D. V. Hörsten, J. K. Wegener, E. Pawelzik dan D. Mörlein. 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), 208-215.
- Nicolai, B. M., Beullens, K., Bobelyn, E., Peirs, A., Saeys, W., Theron, K. I., & Lamertyn, J. 2007. Nondestructive Measurement Of Fruit And Vegetable Quality By Means Of Nir Spectroscopy: A Review. Postharvest Biology And Technology. 46 : 99-118.
- Nurpilihan, Amaru, Kharistya, Suryadi, dan Edy, 2011. Perhitungan Run off pada Lahan Curam yang Ditanami Jagung Hibrida DR Unpad, Laporan Penelitian UNPAD, Bandung.