UJI KHARACTERISTIK BIOCHAR DENGAN PENDEKATAN *Near Infrared Spectroscopy (NIRS)*

(Biochar Characteristic Using Near Infrared Spectroscopy (NIRS) Approach)

Intan Ratna Juwita¹, Agus Arip Munawar², Darusman^{1*}

¹Program Studi Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Syiah Kuala

²Program Studi Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Syiah Kuala

*Corresponding author: darusman@unsyiah.ac.id

Abstrak. *Proximate analysis* dan *elemental analysis* merupakan dua dari beberapa metode yang umum digunakan untuk uji jaringan tanaman. Namun, metode tersebut butuh waktu, tenaga, bahan kimia, biaya mahal serta tidak *real time*. Sehingga para pakar mencari alternatif lain, yaitu menggunakan Spektroskop sinar infra merah dekat (*Near Infrared Spectroscopy*, NIRS) untuk memprediksi kandungan unsur yang terkandung dalam tanah maupun jaringan tanaman. NIRS bekerja dengan panjang gelombang 780 nm - 2500 nm atau jumlah gelombang per 12.800 cm^{-1} hingga 4.000 cm^{-1} . Komposisi unsur yang terkandung pada sampel dihasilkan dari pantulan sinar *infrared* setelah sampel diberikan radiasi sinar *infrared*. Metode penelitian menggunakan metode pembandingan yaitu dengan membandingkan hasil uji analisis *proximate*. Regresi liner (*Principal Component Regression*, dan *Partial Least Square Regression*) digunakan sebagai pembandingan data aktual dengan estimasi yang dihasilkan dari spektrum NIR. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *Near Infrared Spectroscopy* (NIRS) belum dapat menggantikan metode *proximate analysis* pada sampel biochar. Estimasi dengan *Partial Least Square Regression* menghasilkan nilai lebih dekat dengan nilai data aktual, bila dibandingkan dengan metode *Principal Component Regression*. Hal ini dikarenakan sampel uji yang digunakan masih kurang cukup dan terbukti dari hasil prediksi NIR yang tergolong *sufficient performance*. Disarankan pengujian lanjut dengan menggunakan sampel yang lebih banyak dan bervariasi.

Kata kunci: Biochar, *Proximate analysis*, *Near Infrared Spectroscopy*.

Abstract. *Proximate analysis* and *elemental analysis* are two of several methods of analysis of mineral soil and plant tissue. However, these methods require time, energy, chemicals, high cost and not real time. Currently experts have been looking for other alternatives, namely using near infrared light (NIRS) to predict the content of elements contained in soil and plant tissue. NIRS works with a wavelength of 780 nm - 2500 nm or the number of waves per 12.800 cm^{-1} to 4.000 cm^{-1} . The elemental composition contained in the sample is generated from the reflection of infrared light after the sample is given infrared radiation. The research method uses the comparative method, namely using *proximate analysis*. Linear regression (*principal component regression*, and *partial least square regression*) is used to compare the actual data with the estimates generated from the NIR spectrum. This research shows that *Near Infrared Spectroscopy* (NIRS) cannot replace the *proximate analysis* method for biochar samples. Estimation with *partial least square regression* produces a value closer to the actual data value, when compared to the *principal component regression* method. This is because the test samples used are still insufficient and proven from the results of NIR predictions which are classified as *sufficient performance*. It is recommended that further testing using a larger and more varied sample.

Keywords: Biochar, *Proximate analysis*, *Near Infrared Spectroscopy*.

PENDAHULUAN

Pemenuhan permintaan lahan yang terus meningkat telah menyebabkan kerusakan lahan (degradasi) jika tidak mengikuti kaedah kemampuan lahan atau kesesuaian lahan. Kerusakan lahan ini bisa terjadi di tanah mineral maupun tanah-tanah organik seperti gambut. Ada sekitar 48,3 juta ha atau 25,1% dari luas wilayah Indonesia yang telah mengalami degradasi berat dan menjadi lahan kritis (Wahyunto dan Dariah, 2014). Lahan-lahan yang telah terdegradasi umumnya menunjukkan penurunan kualitas tanahnya seperti rendahnya kandungan karbon tanah, porositas rendah, agregat yang kurang stabil, rendahnya kejenuhan basa, rendah kapasitas tukar kationnya, dan akhirnya produktivitas lahan menurun.

Penentuan parameter kualitas tanah membutuhkan *instrument* khusus, bahan kimia yang mahal, waktu yang lama, tidak *realtime* dan sampel terganggu (destruktif).. Jaringan tanaman

seperti biochar mempunyai karakteristik yang kompleks; *absorptif*, higroskopis, *porous*, sangat heterogen (Budai *et al.* 2013), sehingga membutuhkan penanganan sangat hati-hati. Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan solusi alternatif. Penggunaan *proximate* dan *elemental analysis* adalah dua dari beberapa alternatif analisis yang digunakan untuk menentukan hara baik terhadap jaringan tanaman maupun tanah mineral. *Proximate analysis* adalah analisis *destructive* dan sudah banyak digunakan untuk menentukan zat-zat yang ada pada jaringan tanaman termasuk stabilitas mineralnya (Singh *et al.*, 2017) sehingga dikhawatirkan hasil yang didapatkan juga terganggu jika kurang kehati-hatian. Parameter yang dianalisis dengan *proximate* adalah umumnya karbon terikat (*fixed carbon*), zat hilang (*volatile matter*), kadar abu (*ash*) dan kadar air (*water content*) jaringan tanaman. Sedangkan, *elemental analysis* adalah analisis *non-destructive* yang pada umumnya untuk mengetahui kandungan C, H, N, O dan S jaringan tanaman. Tetapi, untuk tanah mineral, umumnya penentuan dilakukan secara *destructive*.

Permasalahan waktu, biaya dan *realtime* serta akurasi membuat para pakar mencoba memanfaatkan sinar *infrared* sebagai alternatif lain untuk menggantikan metode konvensional. Sebelumnya, *Near Infrared Spectroscopy* (NIRS) sudah digunakan untuk karakterisasi tanah dan bahan organik. Kemudian hasilnya alat ini terbukti tidak merusak bahan (*non-destructive*), tidak memerlukan bahan kimia sehingga bebas pencemaran, serta dapat memprediksi karakteristik tanah secara simultan (Darusman *et al.*, 2018) dan penggunaan NIRS juga sudah digunakan untuk penentuan kandungan unsur N dan K pada sampel tanah dan tanah campuran biochar, hasilnya NIRS dapat memprediksi kandungan unsur tersebut secara simultan (Darusman *et al.*, 2021). Penelitian ini bertujuan untuk memperluas kemampuan NIRS dalam memprediksi beberapa kandungan unsur pada tanah dan juga jaringan organik (biochar), sehingga dapat dijadikan sebagai salah satu metode alternatif pengganti metode *proximate* dan *conventional*.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan sejak bulan Mei 2020 hingga Oktober 2020. Penelitian dilakukan di Laboratorium Penelitian Tanah dan Tanaman, dan Laboratorium Instrumentasi dan Energi Fakultas Pertanian Universitas Syiah Kuala, Darussalam, Banda Aceh.

MATERI DAN METODE

Biochar

Sampel biochar yang digunakan pada penelitian ini adalah tujuh jenis *feedstock* yang berbeda-beda yang bahan-bahannya didapat dari lingkungan Universitas Syiah Kuala. Sebelumnya, ketujuh bahan tersebut dijemur hingga kering dan setelah itu dilakukan pembakaran pada kisaran suhu 250-500°C. Metode pembakaran yang digunakan untuk pembuatan biochar tersebut adalah *chamber drum* dan kontiki.

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode regresi linear PCR (*Principal Component Regression*) dan (*Partial Least Square Regression*) PLSR dengan membandingkan data aktual yang didapat dari hasil pengukuran di laboratorium (sebagai variabel Y) dengan data prediksi dari *spectrum infrared NIR* (sebagai variabel X).

Tabel 1. Parameter Sampel Biochar

No.	Parameter	Satuan	Metode Analisis
1.	Kadar Air	%	<i>Proximate</i>
2.	pH	-	Elektrometrik
3.	Kadar Abu	%	<i>Proximate</i>
4.	Zat Menguap	%	<i>Proximate</i>
5.	Karbon terikat	%	<i>Proximate</i>

Akuisisi Spektrum

Sampel biochar dimasukkan ke dalam botol film untuk dilakukan pengambilan spektrum dengan cara diletakkan masing-masing sampel tersebut pada lubang sinar. Spektrum NIRS didapatkan menggunakan perangkat dengan konfigurasi alur kerja alat (*workflow*) yang dibangun menggunakan perangkat lunak terintegrasi *Thermo Integration*[®].

Gambar 1. Akuisisi Spektrum Sampel Uji

Pemeriksaan Data Spektrum

Setelah dilakukan deteksi *outliers* dengan metode PCA dan *Hotelling T² ellipse*, data spektrum *infrared* untuk semua sampel tanah selanjutnya diperbaiki untuk menghilangkan berbagai macam “noise” pada spektrum ketiga sampel agar hasil prediksi yang diperoleh lebih akurat dan handal. Metode *pretreatment* yang digunakan pada penelitian ini adalah *Multiplicative Scatter Correction*. Model prediksi dibangun dengan metode *Principal Component Regression* (PCR) dan *Partial Least Square Regression* (PLSR).

Pembaruan Model Prediksi

Kandungan biochar diprediksi dengan cara membangun model berdasarkan data dari akuisisi spektrum NIRS (variabel X) dan data aktual laboratorium yang menggunakan metode *proximate analysis* dari hasil pengukuran di laboratorium (variabel Y). Model prediksi dibangun dengan menggunakan metode *Principal Component Regression* (PCR). Keseluruhan data dipakai sebagai dataset kalibrasi yang digunakan untuk membangun model prediksi kandungan hara tanah dan biochar.

Evaluasi keakuratan model dievaluasi dengan melihat parameter statistik yang meliputi; Koefisien Korelasi (*r*), Koefisien Determinasi (*R²*), *Root Mean Square Error* (RMSE), *Residual Predictive Deviation Index* (RPD), dan jumlah *Latent Variable* (LV). Parameter statistika yang biasa digunakan untuk mengevaluasi model yang dihasilkan adalah nilai Koefisien Korelasi (*r*), Nilai Koefisien Determinasi (*R²*) dan nilai *Residual Predictive Deviation* (RPD). Model yang dikategorikan terbaik memiliki nilai *r* dan *R²* yang tinggi, RMSEC yang rendah, *RPD* > 1,5 dan *latent variable* < 9 : RMSEC, RPD dicari dengan persamaan (Florez *et al*, 2009 ; Jha *et al*, 2006 ; Nicolai *et al*, 2007; Zulfahrizal, 2015) :

$$RMSEC = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - y_i)^2}$$

$$RPD = \frac{SD}{RMSEC}$$

Dimana:

$\hat{y}_i$: Parameter dari dugaan awal model sampel ke-i

y_i : Parameter nilai hasil pengukuran laboratorium untuk sampel ke-i

N : Jumlah sampel dalam kalibrasi atau validasi

SD : Standar deviasi untuk data aktual

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis di Laboratorium

Biochar yang telah siap dilakukan pembakaran maka selanjutnya dianalisis di laboratorium dengan metode *proximate analysis* dengan parameter yang telah ditentukan.

Tabel 2. Hasil Analisis Biochar

No.	Jenis Biochar	Parameter				
		Kadar Air (%)	Kadar Abu (%)	Zat Menguap (%)	Karbon Terikat (%)	pH
1	Kayu Cemara	11.00	8.99	26.97	17.98	9.77
2	Serbuk Gergaji	9.00	5.49	23.08	17.58	9.44
3	Cangkang Sawit	3.00	12.37	21.65	9.28	9.39
4	Cangkang Kopi	5.00	6.32	24.21	17.89	10.2
5	Jerami Padi	5.00	15.79	24.21	8.42	10.21
6	Sekam Padi	4.00	12.5	18.75	6.25	9.67
7	Bambu Tali	7.00	6.45	20.43	13.98	9.90

Determinasi Kandungan Unsur Menggunakan NIRS

Akuisisi Spektrum

Akuisisi spektrum terjadi ketika sampel diberikan radasi NIRS dengan kisaran panjang gelombang 1000-2500 nm yang nantinya akan menerima energi sehingga memicu getaran dan regangan. Namun, radiasi tersebut tidak semuanya langsung diserap oleh sampel atau bahan, sekitar 4% energi yang dipancarkan ke bahan akan dipantulkan kembali ke permukaan luar (*reguler reflection*) dan sekitar 96% akan masuk ke bahan yang kemudian akan mengalami penyerapan, pemantulan, penyebaran dan penerusan cahaya. Hasil akuisisi spektrum tersebut memberikan informasi keberadaan dan kandungan unsur sebagai akibat dari interaksi gelombang elektromagnetik dengan sampel uji.

Gambar 2 menunjukkan bahwa hasil spektrum masih berupa spektrum mentah (awal), sehingga perlu diberikan *pretreatment* lanjutan. Hal ini terlihat karena adanya *noise* (gangguan) pada spektrum tersebut. Faktor yang menjadi penyebab adanya gangguan ini diduga karena hamburan cahaya, sensor yang sudah terlalu panas, dan atau bahan yang tidak beraturan saat ditumpuk dapat menyebabkan *noise* saat dilakukan akuisisi spektrum. Puncak serapan yang ingin diuji akan sulit dideteksi pola spektrumnya karena adanya gangguan (*noise*). Untuk itu maka perlu dilakukan metode koreksi (*pretreatment*) yang bertujuan untuk meminimalisir *noise* maupun *error* pada spektrum. Pada penelitian ini untuk pengolahan data spektrum menggunakan *Unscrambler software® X version 10.4*.

Panjang Gelombang cm^{-1}

Gambar 2. Panjang Gelombang yang dihasilkan dari akusisi tujuh Sampel Spektrum Biochar

Analisa Data Outliers

Data yang termasuk dalam data pencilan adalah data yang keluar dari garis *ellipse*. Kemudian data tersebut dikecualikan dan tidak ikut sertakan untuk analisis selanjutnya. Hasil analisa data outliers terhadap sampel uji disajikan pada Gambar 3.

Gambar 3. Hasil Analisa Data Outliers Metode *Hotelling T² Ellipse* PCA (*raw data*) sampel.

Berdasarkan Gambar 3 dapat menunjukkan bahwa tidak terdapat data yang keluar dari garis *ellipse*. Garis *ellipse* adalah garis yang mengelompokkan data-data yang saling berkorelasi. Oleh karena itu, analisa data dapat dilanjutkan ke tahap selanjutnya tanpa ada data yang harus dibuang.

Metode Perbaikan Spektrum

Perbaikan spektrum atau yang disebut *pretreatment* diberikan pada sampel uji untuk mengurangi *noise* pada spektrum yang dihasilkan (*raw data*). *Pretreatment* yang digunakan untuk sampel biochar pada penelitian ini yaitu *pretreatment Multiplicative Scatter Correction* (MSC). Hasil penelitian data spektrum yang telah dilakukan *pretreatment* MSC disajikan pada Gambar 4.

Panjang Gelombang cm^{-1}

Gambar 4. Pola spektrum Biochar dengan *Pretreatment Multiplicative Scatter Correction*

Metode koreksi MSC mampu menghilangkan *noise* dalam data *spectroscopy*, sehingga efek hamburan dapat dihilangkan. Hal tersebut terlihat pada gambar 4 bahwa yang awalnya pola spektrum yang renggang menjadi lebih rapat.

Loading Plot

Data spektrum yang telah dikoreksi dengan menggunakan MSC, kemudian data spektrum tersebut dimasukkan ke dalam *loading plot* untuk sampel uji yang diteliti. *Loading plot* berupa garis yang menunjukkan puncak dan lembah yang diduga menyimpan atau menangkap informasi dari sampel uji (Gambar 5).

Gambar 5. *Loading Plot* Biochar menggunakan PCA

Berdasarkan Gambar 5 dapat diduga bahwa puncak serapan NIRS berada pada kisaran panjang gelombang 1275 nm - 1261 nm dan 1117 nm – 1060 nm. Hal ini menunjukkan bahwa pada kisaran panjang tersebut adanya kandungan suatu unsur yang terdapat pada sampel biochar yang diuji.

Menurut Zulfahrizal (2014), *loading plot* dengan puncak tertinggi menandakan panjang gelombang optimum. Adanya kandungan kimia pada sampel ditunjukkan dengan puncak-puncak tersebut. Hasil kalibrasi dari spektrum absorban dan reflektan NIRS tanah, biochar,

tanah-biochar menunjukkan bahwa sinar inframerah dengan panjang gelombang 1000 – 2500 nm dapat digunakan untuk memprediksi kandungan kimia pada bahan.

Model Prediksi

Kalibrasi dibangun untuk memprediksi kandungan unsur dari sampel yang terdapat pada spektrum NIRS. Metode regresi yang digunakan untuk metode kalibrasi adalah regresi linear sederhana. Dimana data aktual yang diperoleh dari analisa laboratorium (variabel X) dibandingkan dengan data prediksi NIRS (variabel Y). Dua pendekatan regresi yang paling umum digunakan dalam pengembangan model kalibrasi adalah regresi komponen utama (PCR) dan regresi kuadrat terkecil parsial (PLSR). Secara rinci model prediksi sampel uji dengan menggunakan metode regresi dijelaskan sebagai berikut:

Gambar 6. Hasil Prediksi PCR tanpa *Pretreatment*. (a) Prediksi Kadar air; (b) Prediksi pH; (c) Prediksi Zat Menguap; (d) Prediksi Kadar Abu; (e) Prediksi Karbon Terikat

Gambar 7. Hasil Prediksi PCR dengan *Pretreatment* MSC. (a) Prediksi Kadar air; (b) Prediksi pH; (c) Prediksi Zat Menguap; (d) Prediksi Kadar Abu; (e) Prediksi Karbon Terikat

Gambar 8. Hasil Prediksi PLSR tanpa *Pretreatment*. (a) Prediksi Kadar air; (b) Prediksi pH; (c) Prediksi Zat Menguap; (d) Prediksi Kadar Abu; (e) Prediksi Karbon Terikat

Gambar 9. Hasil Prediksi PLSR dengan *Pretreatment* MSC (a) Prediksi Kadar air; (b) Prediksi pH; (c) Prediksi Zat Menguap; (d) Prediksi Abu; (e) Prediksi Karbon Terikat

Uji kalibrasi data mentah (*raw data*) terhadap masing-masing parameter sampel biochar disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Kalibrasi untuk Biochar

Parameter	Model Kalibrasi	Latent Variable	Standar Deviasi	Indikator Statistik			
				R ²	r	RMSEC	RPD
Kadar Air	PCR	5	2.8702	0.8736	0.8736	0.9447	3.0381
	PLSR	5		0.9096	0.9096	0.7988	3.5930
pH	PCR	5	0.33	0.5496	0.5496	0.2051	1.6093
	PLSR	5		0.7276	0.7276	0.1595	2.0692
Zat Menguap	PCR	5	2.7317	0.9661	0.9661	0.4657	5.8662
	PLSR	5		0.9610	0.9610	0.4992	5.4725
Kadar Abu	PCR	5	3.9216	0.6045	0.6045	2.2834	1.7174
	PLSR	5		0.9047	0.9047	1.1209	3.4986
Karbon Terikat	PCR	5	5.0167	0.8471	0.8471	1.8471	2.7160
	PLSR	5		0.9821	0.9821	0.6216	8.0705

Dari Tabel 3 dapat diketahui sampel biochar untuk semua parameter menggunakan *latent variabel* 5, karena pada *latent variable* 5 nilai koefisien korelasi (r) sudah mendekati satu atau mencapai nilai yang tinggi. Nilai koefisien determinasi (R^2) sampel juga menunjukkan nilainya melewati nilai prediksi kuantitatif atau nilainya diatas 0.66-0.81, hal ini sesuai dengan pendapat Karoui *et al.* (2006) yang mengatakan bahwa nilai koefisien determinasi (R^2) 0.82-0.90 maka prediksi termasuk dalam interpretasi yang baik.

Nilai *residual predictive deviation index* (RPD), berupa evaluasi dan kalibrasi pada kehandalan dan keakuratan model dengan melihat nilai parameter statistika. Nilai RPD yang diperoleh untuk sampel biochar tidak semuanya tergolong prediksi dengan baik (*good performance*) maupun prediksi yang sangat baik (*very good performance*). Salah satu contohnya parameter pH dengan metode PCR maupun PLSR sampel biochar masih tergolong prediksi masih kasar (*sufficient performance*). Nilai RPD didapatkan dari nilai standar deviasi dibagi dengan nilai RMSEC.

Hasil uji lanjut kalibrasi dengan *pretreatment Multiplicative Scatter Correction* (MSC) terhadap sampel uji biochar disajikan pada Tabel 4 :

Tabel 4. Hasil uji lanjut kalibrasi untuk Biochar dengan MSC

Parameter	Model Kalibrasi	Latent Variable	Standar Deviasi	Indikator Statistik			
				R^2	R	RMSEC	RPD
Kadar Air	PCR	5	2.8702	0.9009	0.9009	0.8366	3.4309
	PLSR	5		0.9647	0.9647	0.4996	5.7455
pH	PCR	5	0.33	0.5539	0.5539	0.2041	1.6170
	PLSR	5		0.6328	0.6328	0.1852	1.7822
Zat Menguap	PCR	5	2.7317	0.9442	0.9442	0.5972	4.5744
	PLSR	5		0.8489	0.8489	0.9831	2.7787
Kadar Abu	PCR	5	3.9216	0.5341	0.5341	2.4782	1.5825
	PLSR	5		0.8974	0.8974	1.1629	3.3723
Karbon Terikat	PCR	5	5.0167	0.8363	0.8363	1.8792	2.6696
	PLSR	5		0.9985	0.9985	0.1794	27.9710

Tabel 4 menunjukkan hasil kalibrasi dengan *Multiplicative Scatter Correction* dapat menghilangkan *trend nonlinear* dalam data *spectroscopy*. MSC dipilih untuk mengoreksi sampel biochar tersebut karena MSC mampu menghilangkan gangguan multiplikasi (*multiplicate interference*) pada sebaran, ukuran partikel dan perubahan jarak cahaya. MSC juga mampu memperbaiki efek *multiplicate* dan efek aditif pencar (*additive scatter*).

Hasil Prediksi NIRS

Tabel 5 menunjukkan nilai hasil antara data aktual dan data prediksi NIR. Masing-masing terlampir data prediksi sebelum diberikan *pretreatment* dan data prediksi setelah diberikan *pretreatment* MSC.

Dari hasil prediksi sampel uji dapat diketahui bahwa hasil prediksi dengan metode regresi PLSR menghasilkan nilai yang paling mendekati data aktual. Hal ini menunjukkan prediksi yang baik untuk parameter yang diuji. Namun, ada juga nilai prediksi dari NIR jauh dengan nilai data aktual yang diperoleh dari laboratorium meskipun setelah diberikan *pretreatment*. Dua faktor yang menjadi penyebab hal tersebut dikarenakan variasi data yang kurang beragam dan juga pengaruh dari jumlah sampel kalibrasinya. Sehingga model yang dihasilkan kurang pintar dan kurang handal dalam memprediksi kandungan dari biochar.

Tabel 5. Hasil Prediksi Biochar

Kode Sampel	Parameter	Data Aktual	Data Prediksi (<i>Raw</i>)		Data Prediksi (MSC)	
			PCR	PLSR	PCR	PLSR
BJP	Kadar Air	5.00	7.15	6.57	6.87	6.00
BCS		3.00	2.90	3.03	2.98	2.99
BSP		4.00	3.33	2.98	3.46	3.24
BBT		7.00	7.04	7.00	7.00	6.97
BCK		5.00	5.02	5.29	4.93	5.22
BKC		11.00	1.04	1.00	1.07	106.69
BSG		9.00	8.08	9.04	7.98	8.88
BJP	Kadar Abu	15.79	1.05	1.35	1.02	1.34
BCS		12.37	1.25	1.23	1.24	123.72
BSP		12.5	1.41	1.39	1.40	1.42
BBT		6.45	6.34	6.43	6.44	6.51
BCK		6.32	6.25	5.90	650.61	5.79
BKC		8.98	1.03	1.03	9.68	9.75
BSG		5.49	770.55	5.42	8.50	5.75
BJP	Zat Menguap	24.21	2.31	2.32	2.28	2.22
BCS		21.65	2.16	2.16	2.16	216.52
BSP		18.75	1.90	193.84	191.35	2.02
BBT		20.43	2.04	2.04	2.04	2.04
BCK		24.21	2.41	2.40	2.42	2.37
BKC		26.97	2.72	2.75	2.71	2.76
BSG		23.08	23.53	2.30	2.38	2.33
BJP	Karbon Terikat	8.42	1.25	9.64	126.28	8.78
BCS		9.28	9.15	9.30	9.23	9.27
BSP		6.25	4.97	5.45	5.03	5.98
BBT		13.98	1.40	1.39	1.39	1.39
BCK		17.89	1.79	1.81	1.77	1.79
BKC		17.98	1.68	1.72	1.74	1.78
BSG		17.58	1.58	1.76	1.52	1.75
BJP	pH	10.21	9.74	9.89	975.29	9.83
BCS		9.39	9.40	9.38	9.39	9.39
BSP		9.67	9.81	9.87	9.80	9.94
BBT		9.90	9.89	9.89	9.89	9.91
BCK		10.2	1.01	1.01	1.02	1.01
BKC		9.77	9.89	9.95	9.82	9.89
BSG		9.44	9.63	9.43	9.68	9.48

KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil prediksi *Near Infrared Spectroscopy* menunjukkan bahwa data prediksi berkorelasi positif dengan data aktual. Hal ini ditunjukkan dengan semua sampel biochar mempunyai nilai RPD 1,5 -2 yang dikategorikan sebagai *sufficient performance*. Perlu dilakukan penambahan sampel uji yang variatif sehingga dapat memperluas kemampuan NIRS dalam mengestimasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Budai, A, AR Zimmerman, AL Cowie, JBW Webber, BP. Singh, B Glaser, CA. Masiello, D Andersson, F Shield, J Lehmann, M Camp-Ambestain, M Wiliam, S Sohi & S Joseph. 2013. Biochar Carbon Stability Test Methods: an Assessment of Methods to Determine Biochar Carbon Stability. Internasional Biochar Initiative. http://www.biocharinternational.org/sites/default/files/IBI_Report_Biochar_Stability_Test_Method_Final.pdf. Diakses tanggal: 26 Februari 2020.
- Darusman, Zulfahrizal & AA Munawar. 2018. Aplikasi Teknologi Infrared Sebagai Metode untuk Prediksi Secara Cepat Karbon terikat Organik dan Penentuan Beberapa Sifat Fisik Tanah. Laporan Akhir Hibah Penelitian Professor tahun 2018, LP2M Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh.
- Darusman, IR Juwita, AA Munawar, Z Zainabun, Z Zulfahrizal. 2021. Rapid Determination of Mixed Soil and Biochar Properties Using a Shortwave Near Infrared Spectroscopy Approach. The 2nd International Conference on Agriculture and Bio-industry. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 667 (2021) 012003.
- Florez K, MT Sanchez, DP Marin, JE Guerro & AG Varo. 2009. Feasibility in NIRS Instrument for Predicting Internal Quality in Intact Tomato. Jurnal Food Engineering. 91: 311-318.
- Jha SN, ARP Kinsly & S Chopra. 2006. Non Destruktif Determination of Firmness and Yellowness of Mango During Growth and Storage Using Visual Spectroscopy. Biosystem Engineering. 93: 397-402.
- Nicolai BM, K Beullens, E Bobelyn, A Peirs, W Saeys, KI Theron & J Lamertyn. 2007. Non Destructive Measurement of Fruit and Vegetable Quality by Means of NIR Spectroscopy. Postharvest Biology and Technology. 46: 99-118.
- Singh B, MC Arbestain & J. Lehmann. 2017. Biochar a Guide to Analytical Methods. CSIRO Publishing, Australia.
- Wahyunto, W & A. Dariah. 2014. Degradasi Lahan di Indonesia: Kondisi Existing, Karakteristik, dan Penyeragaman Definisi Mendukung Gerakan Menuju Satu Peta. Sumberdaya Lahan. 8: 10-12.
- Zulfahrizal. 2014. Pengembangan Metode Pengukuran Nondestruktif Untuk Menentukan Mutu dan Fermentasi Biji Kakao Utuh Menggunakan Nir Spectroscopy (Disertasi). Institut Pertanian Bogor. Bogor .