

## ANALISIS KANDUNGAN HARA MAKRO DI DALAM TANAH DENGAN METODE NEAR INFRA RED (NIR)

### ANALYSIS OF MACRONUTRIENS CONTENTS IN SOIL WITH NEAR INFRA RED (NIR) SPECTROSCOPY

Eka Nuryanto dan Ellen<sup>1</sup>

**Abstrak** Biaya pemupukan merupakan komponen biaya produksi terbesar pada perkebunan kelapa sawit. Untuk memperoleh data tepat dosis dan jenis pupuk yang digunakan, maka perlu dilakukan analisis kandungan hara makro dan mikro di dalam tanah di perkebunan kelapa sawit. Analisis kandungan hara makro dan mikro menggunakan cara konvensional biayanya mahal dan tidak ramah lingkungan. Analisis dengan metode spektroskopi *Near Infra Red* (NIR) mempunyai beberapa kelebihan seperti cepat, tidak memerlukan bahan kimia, dan ramah lingkungan. Sampel tanah yang digunakan di dalam penelitian ini sebanyak 419 sampel yang berasal dari kebun PT. Perkebunan Nusantara di Sumatera Utara. Kandungan hara makro tanah ini ditentukan dengan metode konvensional dan digunakan untuk kalibrasi dan validasi NIR Master dari Buchi. Hasil analisis hara tanah di perkebunan kelapa sawit dengan metode NIR memperlihatkan bahwa nilai  $r^2$  untuk N, P, K, Mg dan Ca berturut-turut adalah 0,08; 0,7; 0,5; 0,3; dan 0,8. Sedangkan selisih nilai analisis menggunakan metode konvensional dan NIR untuk parameter N, P, K, Mg dan Ca berturut-turut adalah 0,012%, 8,317 ppm, 0,045 meq/100g, 0,173 meq/100g, dan 0,936 meq/100g. Walaupun nilai  $r^2$  relatif rendah namun perbedaan hasil analisis menggunakan metode konvensional dan NIR juga rendah. Dengan demikian

analisis kandungan hara makro di dalam tanah di perkebunan kelapa sawit sangat memungkinkan untuk dilakukan dengan metode spektroskopi NIR.

**Kata Kunci** : tanah, hara makro, spektroskopi NIR

**Abstract** Fertilizer costs are the largest component of production costs in oil palm plantations. To obtain precise data dosage and type of fertilizer used, it is necessary to analyze the contents of macro and micronutrients in soil in oil palm plantation. Analysis of nutrients content using the conventional method is expensive and not environmentally friendly. Analysis by *Near Infra Red* (NIR) spectroscopy method has several advantages such as rapid, does not require chemicals, and environmentally friendly. Soil samples used in this study were 419 samples originating from the farm of PT. Perkebunan Nusantara in North Sumatra. Nutrients contents of the soil was determined by conventional methods and is used for calibration and validation of NIR Master of Buchi. Results of soil nutrients analysis with NIR method showed that the value of  $r^2$  for N, P, K, Mg, and Ca respectively is 0,08; 0,7; 0,5; 0,3; and 0,8. While the difference of value of analysis using conventional method and NIR for parameter N, P, K, Mg and Ca respectively is 0.012%, 8,317 ppm, 0.045 meq/100g, 0.173 meq/100g, and 0.936 meq/100g. Although the value of  $r^2$  is relatively low but the difference in the analysis results using conventional and NIR methods is also low. Thus the analysis of macro nutrient content in the soil in oil palm plantations is very possible can be done with NIR spectroscopy method.

**Keywords** : Oil palm leaves, macronutrients, Near Infra Red spectroscopy

*Penulis yang tidak disertai dengan catatan kaki instansi adalah peneliti pada Pusat Penelitian Kelapa Sawit*

Eka Nuryanto (✉)  
Pusat Penelitian Kelapa Sawit  
Jl. Brigjen Katamso No. 51 Medan, Indonesia  
email: eka\_nuryanto\_ppks@yahoo.com

<sup>1</sup>Ellen, PT. Buchi Indonesia, Jakarta

## PENDAHULUAN

Analisis kandungan hara di dalam tanah merupakan salah satu kegiatan yang rutin dilakukan di kebun kelapa sawit dan sangat berguna untuk menentukan dosis pemupukan. Pemupukan merupakan komponen produksi perkebunan yang sangat banyak mengeluarkan biaya. Untuk memperoleh data tepat dosis dan tepat jenis maka perlu dilakukan analisis kandungan hara di dalam tanah dan daun kelapa sawit, baik hara makro (N, P, K, Ca, dan Mg) maupun hara mikro (Mn, Zn, Cu, dan Fe) (Alamdari and Mobasser, 2014).

Analisis kandungan hara makro di dalam tanah umumnya menggunakan metode Spektroskopi Ultra Violet/Visibel, Spektroskopi Serapan Atom, Kjeldhal untuk nitrogen, dan metode titrimetri. Semua metode ini memerlukan waktu yang relatif lama untuk analisisnya dan menggunakan bahan-bahan kimia yang relatif mahal harganya dan bersifat toksik. Dengan demikian metode-metode ini dapat dikatakan tidak ramah lingkungan. Sehingga perlu dikembangkan metode analisis yang tidak memerlukan biaya tinggi (hemat), tidak memerlukan waktu yang lama untuk analisisnya (cepat), dan tidak mencemari lingkungan (ramah lingkungan).

Saat ini analisis metode spektroskopi *Near Infra Red* (NIR) sangat luas digunakan untuk analisis kandungan bahan-bahan kimia di beberapa bidang industri seperti industri farmasi, pangan, tambang, dan lain-lain. *Near Infra Red* (NIR) adalah metode analisis yang berdasarkan penyerapan cahaya di wilayah panjang gelombang 400 sampai 2500 nm. Analisis dengan metode NIR ini mempunyai beberapa kelebihan seperti cepat, tidak destruktif, tidak memerlukan preparasi sampel, untuk jangka panjang lebih murah dari pada metode konvensional, dan ramah lingkungan. Gugus fungsi yang dapat dianalisis pada daerah NIR adalah vibrasi dari C-H, O-H, C-C, dan N-H (Yarce and Rojas, 2012).

Pemanfaatan metode NIR untuk analisis makro dan *trace* mineral didasarkan kepada asosiasi ikatan antara makro dan *trace* mineral dengan matriks organiknya (Petisco, dkk., 2008 dan Cozzolino, dkk., 2011). Beberapa peneliti telah mencoba memanfaatkan metode NIR ini untuk memprediksi kandungan makro dan *trace* mineral, seperti yang dilakukan oleh Debaene, dkk., 2010, yang menentukan konsentrasi magnesium,

kalium, bahan organik, dan lempung di dalam tanah, Bellon-Maurel and Mc Bratney, 2011, menentukan stok karbon di dalam tanah, dan Niederberger, *et.al.*, 2015, yang menentukan fraksi fosfat di dalam tanah hutan menggunakan NIR.

Pada penelitian ini dilakukan pemanfaatan metode NIR untuk menganalisis kandungan hara makro yang terdapat di dalam tanah di perkebunan kelapa sawit.

## BAHAN DAN METODE

Sampel tanah yang digunakan di dalam penelitian ini berasal dari kebun kelapa sawit di Sumatera Utara. Setiap sampel tanah dikering-anginkan (terlindung dari sinar matahari) atau disimpan di dalam oven pada suhu 40°C. Sampel tanah yang telah dibersihkan dari akar-akar atau sisa jaringan tanaman, kerikil dan kotoran lain ditumbuk di lumpang porslen atau mesin tumbuk dan disaring dengan ukuran lubang 2 mm. Untuk menentukan kandungan hara makro di dalam tanah dengan metode primer (Eviati dan Sulaeman, 2012). Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini seperti asam nitrat teknis, asam klorida teknis, hidrogen peroksida teknis, asam borat p.a., natrium hidroksida teknis yang kesemuanya berasal dari E. Merck. Sementara itu peralatan yang digunakan adalah Spektrofotometer Serapan Atom, UV/Vis, Kjeldahl, dan NIR Master dari PT. Buchi Indonesia.

Jumlah sampel tanah yang dipakai di dalam penelitian ini sebanyak 419 sampel yang digunakan untuk membuat kurva kalibrasi, verifikasi metode, dan validasi metode. Sampel tanah ini dianalisis menggunakan alat NIR Master dari PT. Buchi Indonesia. *Software* yang digunakan untuk operasi NIR, pengumpulan sampel, dan pengembangan kurva kalibrasi berturut-turut adalah *NIR Ware Management Console*, *NIR Ware Operator*, dan *NIR Cal*.

Seluruh nilai data hasil analisis dengan metode primer dimasukkan ke dalam program NIR untuk membuat spektrum NIR. Untuk pengembangan dan pembuatan persamaan kalibrasinya adalah dengan menggunakan *Multiple Linier Regression* (MLR) dan *Partial Least Squares Regression* (PLSR). Validasi terhadap kurva kalibrasi yang diperoleh adalah menggunakan regresi sederhana antara nilai prediksi NIR dan nilai yang diperoleh dari analisis dengan metode primer.

Untuk melihat keakuratan proses ini adalah dengan validasi eksternal menggunakan data *Coefficient of Determination* ( $r^2$ ), *Standard Error of Prediction* (SEP), dan BIAS (perbedaan antara nilai prediksi NIR dan nilai hasil analisis dengan metode primer). Nilai SEP adalah nilai mutlak hasil pengukurun persamaan sampel yang tidak diketahui dan nilai statistik dari perbandingan persamaan regresi. Parameter statistik yang lain yang digunakan untuk mengevaluasi kalibrasi ini adalah *Relative Percent Difference* (RPD) dan *Range Error Ratio* (RER). Nilai RPD adalah rasio dari standar deviasi nilai hasil analisis metode primer dengan nilai prediksi di dalam SEP. Sedangkan RER adalah rasio dari interval nilai hasil analisis metode primer dengan nilai prediksi di dalam SEP. Di dalam aplikasi pertanian atau perkebunan, jika RPD > 3 maka masih dapat diterima dan jika RPD >5, maka hasilnya sangat bagus. Sementara itu nilai RER harus >10 agar hasilnya masih dapat diterima, sedangkan jika nilai RER > 15 maka hasilnya sangat bagus (Yarce dan Rojas, 2012).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

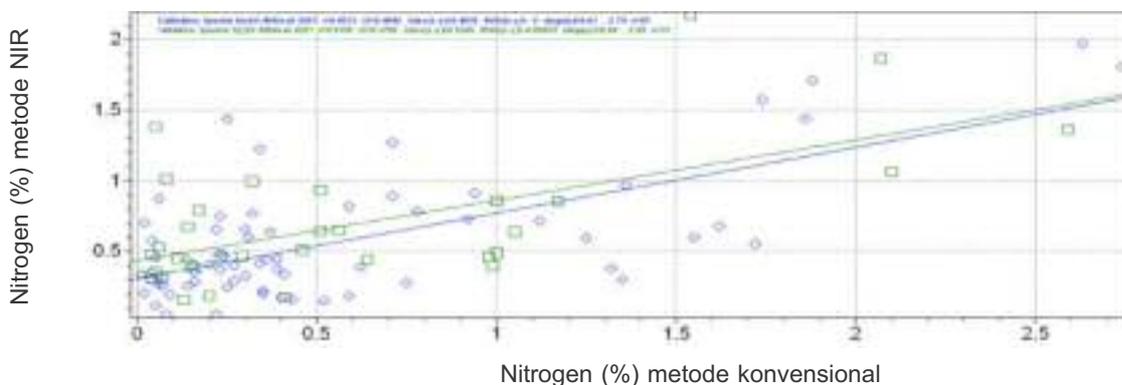
Sampel tanah sebanyak 419 sampel yang akan dijadikan untuk kalibrasi *Near Infra Red* (NIR) dianalisa dengan metode standar (Eviati dan Sulaeman, 2012). Hasil karakteristik sampel tanah disajikan pada Tabel 1.

### Nitrogen (N)

Sumber utama nitrogen di dalam tanah berasal dari bahan organik. Nitrogen dalam tanah terdapat dalam berbagai bentuk yaitu: protein (bahan organik), senyawa-senyawa amino, amonium ( $N_4H^+$ ) dan nitrat ( $NO_3^-$ ). Hilangnya nitrogen dari tanah disebabkan oleh: digunakan oleh tanaman atau mikroorganisme, nitrogen dalam bentuk  $N_4H^+$  dapat diikat oleh mineral liat sehingga tidak dapat digunakan oleh tanaman, dan nitrogen dalam bentuk  $NO_3^-$  rendah karena mudah dicuci oleh air hujan (*leaching*) (Shunfeng *et.al.*, 2013).

**Tabel 1.** Karakteristik sampel tanah  
**Tabel 1.** *Characteristic of soil sample*

No.	Parameter	Hasil Analisis
1	Nitrogen (%)	0,03 – 0,89
2	Fosfat (ppm)	2,00 – 755,00
3	Kalium (meq/100g)	0,01 – 2,74
4	Magnesium (meq/100g)	0,02 – 8,03
5	Kalsium (meq/100g)	0,03 – 34,7



**Gambar 1.** Kurva kalibrasi dan validasi analisis N dengan metode konvensional dan NIR  
**Figure 1.** *Calibration and validation curve analysis of N with conventional and NIR methods*

**Tabel 2.** Analisis N dengan metode NIR dan konvensional (laboratorium)  
**Table 2.** Analysis of N with NIR and conventional (laboratorium) methods

No. Sampel	Nitrogen (%)			
	NIR	Lab	$\Delta$	$\Delta^2$
463	0,200	0,28	-0,08	0,0064
465	0,210	0,24	-0,03	0,0009
467	0,212	0,25	-0,04	0,0014
468	0,196	0,27	-0,07	0,0055
472	0,177	0,23	-0,05	0,0028
479	0,174	0,21	-0,04	0,0013
480	0,172	0,23	-0,06	0,0034
481	0,171	0,22	-0,05	0,0024
482	0,177	0,22	-0,04	0,0018
484	0,189	0,23	-0,04	0,0017
<b>Rerata</b>	<b>0,188</b>	<b>0,20</b>		

Jumlah sampel tanah yang digunakan untuk kalibrasi, validasi, dan verifikasi metode NIR untuk parameter kandungan hara nitrogen (N) adalah 70 sampel. Interval kandungan N di dalam sampel tanah yang digunakan adalah 0,03 – 0,89%. Kurva hasil analisis hara N dengan metode standar (Eviati dan Sulaeman, 2012) dibandingkan dengan metode NIR disajikan pada Gambar 1.

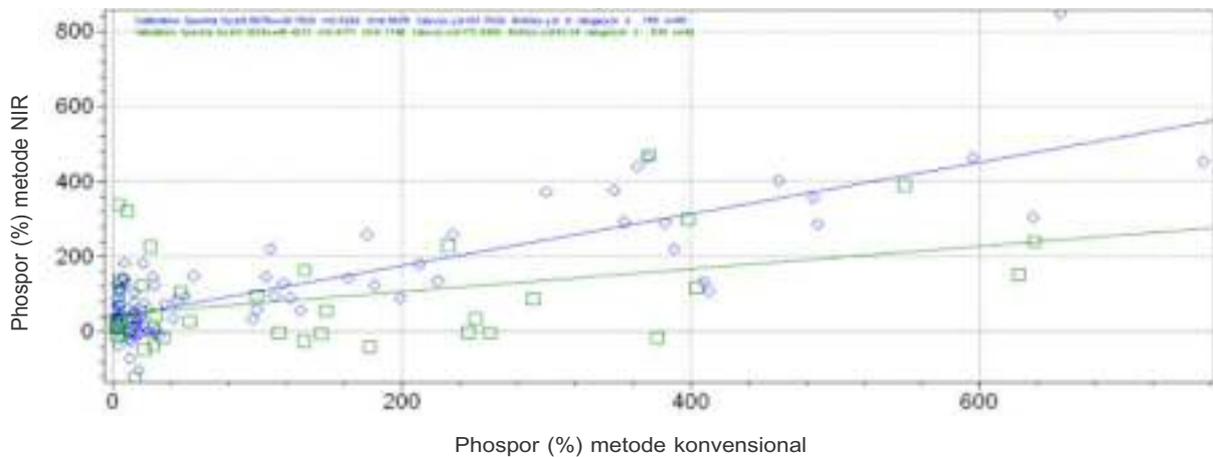
Dari Gambar 1 diperoleh hasil untuk kurva kalibrasi nitrogen dengan persamaan  $f(x) = 0,0749x + 0,1693$ , Sdev. (SEC) = 0,1311 dan BIAS = 0. Sedangkan untuk kurva validasi diperoleh persamaan  $f(x) = 0,0176x + 0,1816$ , Sdev. (SEP) = 0,1319 dan BIAS = 0,006. Menurut Williams and Norris, 2001, suatu metode dengan nilai  $r^2$  di bawah 0,20 menunjukkan bahwa metode tersebut mempunyai korelasi yang sangat rendah. Sehingga jika akan digunakan untuk aplikasi harus mempunyai alasan yang kuat. Namun demikian masih dapat digunakan untuk skrining awal. Sementara itu, pada Tabel 2 disajikan hasil validasi terhadap metode NIR untuk analisis N di dalam tanah.

Pada Tabel 2 terlihat bahwa rerata hasil analisis N dengan metode Kjeldahl adalah 0,20%, sedangkan hasil metode NIR adalah 0,188%. Dengan demikian perbedaan ke dua metode untuk analisis N dalam tanah adalah 0,012%. Sementara itu, kriteria kandungan N di dalam tanah adalah <0,1% (sangat rendah), 0,1-0,2% (rendah), 0,21-0,50% (sedang), 0,51-0,75% (tinggi), dan >0,75% (sangat tinggi) (Srinivasan & Poongothai, 2013).

#### Fosfat (P)

Unsur Fosfor (P) dalam tanah berasal dari bahan organik, pupuk buatan dan mineral-mineral di dalam tanah. Fosfor paling mudah diserap oleh tanaman pada pH sekitar 6-7. Dalam siklus P terlihat bahwa kadar P-Larutan merupakan hasil keseimbangan antara suplai dari pelapukan mineral-mineral P, pelarutan (solubilitas) P-terfiksasi dan mineralisasi P-organik dan kehilangan P berupa immobilisasi oleh tanaman fiksasi dan pelindian. Bentuk fosfor organik biasanya terdapat banyak di lapisan atas yang lebih kaya akan bahan organik (Achat *et.al.*, 2013). Jumlah sampel tanah yang digunakan untuk kalibrasi, validasi, dan verifikasi metode NIR untuk parameter kandungan hara fosfat (P) adalah 85 sampel. Interval kandungan P di dalam sampel tanah yang digunakan adalah 2-755 ppm. Kurva hasil analisis hara P dengan metode standar (Eviati dan Sulaeman, 2012) dibandingkan dengan metode NIR disajikan pada Gambar 2.

Dari Gambar 2 diperoleh hasil untuk kurva kalibrasi nitrogen dengan persamaan  $f(x) = 0,6876x + 38,7528$ , Sdev. (SEC) = 101,7030 dan BIAS = 0. Sedangkan untuk kurva validasi diperoleh persamaan  $f(x) = 0,3026x + 45,4213$ , Sdev. (SEP) = 172,5450 dan BIAS = 53,84. Menurut Williams and Norris, 2001, nilai  $r^2$  antara 0,63-0,90 dari suatu metode, menunjukkan bahwa metode tersebut dapat digunakan untuk sebagian besar aplikasi termasuk untuk pengujian dan penelitian. Sementara itu pada Tabel 3 disajikan hasil



**Gambar 2.** Kurva kalibrasi dan validasi analisis P dengan metode konvensional dan NIR  
**Figure 2.** Callibration and vallidation curve analysis of P with conventional and NIR methods

validasi terhadap metode NIR untuk analisis N di dalam tanah.

Pada Tabel 3 di atas terlihat bahwa rerata perbedaan metode konvensional dan NIR untuk analisis P dalam tanah adalah 8,317 ppm. Hasil ini merupakan selisih dari rerata hasil analisis P dengan metode konvensional adalah 86,4 ppm dan hasil metode NIR adalah 94,717 ppm. Sementara itu, kriteria kandungan P-Olsen di dalam tanah adalah < 10 ppm (sangat rendah), 10-25 ppm (rendah), 26-45

ppm (sedang), 46-60 ppm (tinggi), dan > 60 ppm (sangat tinggi) (Srinivasan and Poongothai, 2013).

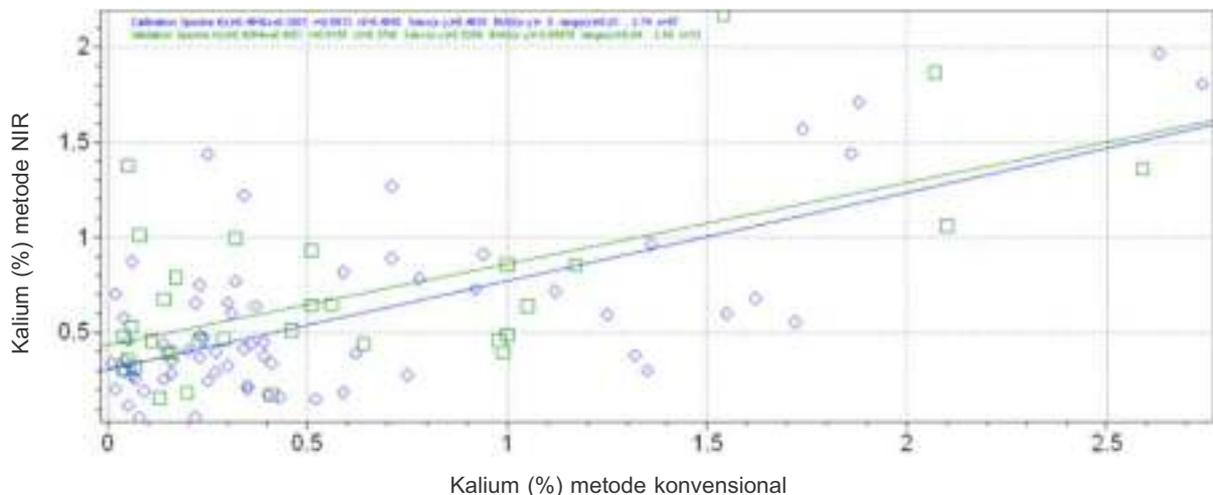
### Kalium (K)

Ada tiga bentuk kalium dalam tanah yaitu: a. kalium dalam bentuk mineral primer (bentuk relatif tidak tersedia), b. kalium yang terfiksasi oleh mineral sekunder (bentuk kalium lambat tersedia), dan c. kalium dapat dipertukarkan (kalium di dalam larutan tanah). Sumber kalium yang terdapat dalam tanah

**Tabel 3.** Analisis P dengan metode NIR dan konvensional (laboratorium)

**Table 3.** Analysis of P with NIR and conventional (laboratorium) methods

No. Sampel	Fosfat (ppm)			
	NIR	Lab	$\Delta$	$\Delta^2$
463	73,828	80	-6,17	38,0936
464	66,514	66	0,51	0,2642
466	79,992	112	-32,01	1024,5121
469	55,521	10	45,52	2072,1614
474	74,530	28	46,53	2165,0409
475	58,028	27	31,03	962,7368
476	77,646	62	15,65	244,7973
477	129,031	134	-4,97	24,6910
480	170,324	177	-6,68	44,5690
482	161,760	168	-6,24	38,9376
<b>Rerata</b>	<b>94,717</b>	<b>86,4</b>		



**Gambar 3.** Kurva kalibrasi dan validasi analisis K dengan metode konvensional dan NIR  
**Figure 3.** Callibration and vallidation curve analysis of N with conventional and NIR methods

berasal dari pelapukan mineral dengan cara melepaskan K ke larutan tanah atau terjerap tanah dalam bentuk tertukar.

Kehilangan kalium dalam tanah dapat terjadi dengan beberapa cara seperti terangkut tanaman bersama pemanenan, tercuci, tererosi, dan terfiksasi. Kehilangan kalium akibat tercuci merupakan kehilangan yang paling besar. Besarnya kalium akibat tercuci tergantung pada faktor tanah seperti tekstur tanah, kapasitas tukar kation, pH tanah, dan jenis tanah (Samuel and Ebenezer, 2014). Jumlah sampel tanah yang digunakan untuk kalibrasi, validasi, dan verifikasi metode NIR untuk parameter kandungan hara kalium (K) adalah 104 sampel. Interval kandungan K di dalam sampel tanah yang digunakan adalah 0,01-2,74 meq/100g. Kurva hasil analisis hara K dengan metode standar (Eviati dan Sulaeman, 2012) dibandingkan dengan metode NIR disajikan pada Gambar 3.

Dari Gambar 3 diperoleh hasil untuk kurva kalibrasi kalium dengan persamaan  $f(x) = 0,4642 x + 0,3081$ , Sdev. (SEC) = 0,4635 dan BIAS = 0. Sedangkan untuk kurva validasi diperoleh persamaan  $f(x) = 0,4264 x + 0,4351$ , Sdev. (SEP) = 0,5289 dan BIAS = 0,08978. Menurut Williams and Norris, 2001, suatu metode dengan nilai  $r$  0,51-0,7 atau nilai  $r^2$  0,26-0,49 menunjukkan bahwa metode tersebut mempunyai korelasi yang rendah. Sehingga jika akan digunakan untuk aplikasi harus mempunyai alasan yang kuat. Namun demikian masih dapat digunakan untuk

skrining awal. Sementara itu, pada Tabel 4 disajikan hasil validasi terhadap metode NIR untuk analisis K di dalam tanah.

Pada Tabel 4 terlihat bahwa rerata perbedaan metode konvensional dan NIR untuk analisis K dalam tanah adalah 0,045 meq/100g. Hasil ini merupakan selisih dari rerata hasil analisis K dengan metode konvensional adalah 0,5 meq/100g dan hasil metode NIR adalah 0,545 meq/100g. Sementara itu, kriteria kandungan K di dalam tanah adalah < 0,01 meq/100g (sangat rendah), 0,1-0,2 meq/100g (rendah), 0,3-0,5 meq/100g (sedang), 0,6-1,0 meq/100g (tinggi), dan > 1,0 meq/100g (sangat tinggi) (Srinivasan and Poongothai, 2013).

### Magnesium (Mg)

Sumber magnesium (Mg) di dalam tanah berasal dari pelapukan mineral yang mengandung Mg seperti biotit, klororit, dolomit, serpentin, dan olivine. Magnesium yang dilepas ini kemudian akan tercuci oleh air, diserap mikrobia tanah, dijerap oleh lempung, dan diendapkan dalam bentuk yang tidak larut. Magnesium diserap dalam bentuk  $Mg^{++}$ , merupakan bagian dari klorofil. Mg ini termasuk unsur yang tidak mobil dalam tanah. Kadar Mg di dalam bagian-bagian vegetatif dapat dikatakan rendah daripada kadar Ca, akan tetapi di dalam bagian-bagian generatif malah sebaliknya. Ada beberapa faktor seperti temperatur, kelembapan, pH, dan beberapa faktor lainnya dapat

**Tabel 4.** Analisis K dengan metode NIR dan konvensional (laboratorium)

**Table 4.** Analysis of K with NIR and conventional (laboratorium) methods

No. Sampel	Kalium (meq/100 gr)			
	NIR	Lab	$\Delta$	$\Delta^2$
463	0,43	0,18	0,25	0,0625
464	0,359	0,18	0,18	0,0320
466	0,416	0,04	0,38	0,1414
467	0,319	0,30	0,02	0,0004
469	0,445	0,18	0,27	0,0702
470	0,961	1,10	-0,14	0,0193
471	0,636	0,55	0,09	0,0074
474	0,802	0,96	-0,16	0,0250
475	0,685	0,87	-0,19	0,0342
476	0,392	0,25	0,14	0,0202
<b>Rerata</b>	<b>0,545</b>	<b>0,5</b>		

mempengaruhi tersedianya Magnesium di dalam tanah (Fernández-Sanjurjo *et al.*, 2014). Jumlah sampel tanah yang digunakan untuk kalibrasi, validasi, dan verifikasi metode NIR untuk parameter kandungan hara magnesium (Mg) adalah 104 sampel. Interval kandungan Mg di dalam sampel tanah yang digunakan adalah 0,02-8,03 meq/100g. Kurva hasil analisis hara Mg dengan metode standar (Eviati dan Sulaeman, 2012) dibandingkan dengan metode NIR disajikan pada Gambar 4.

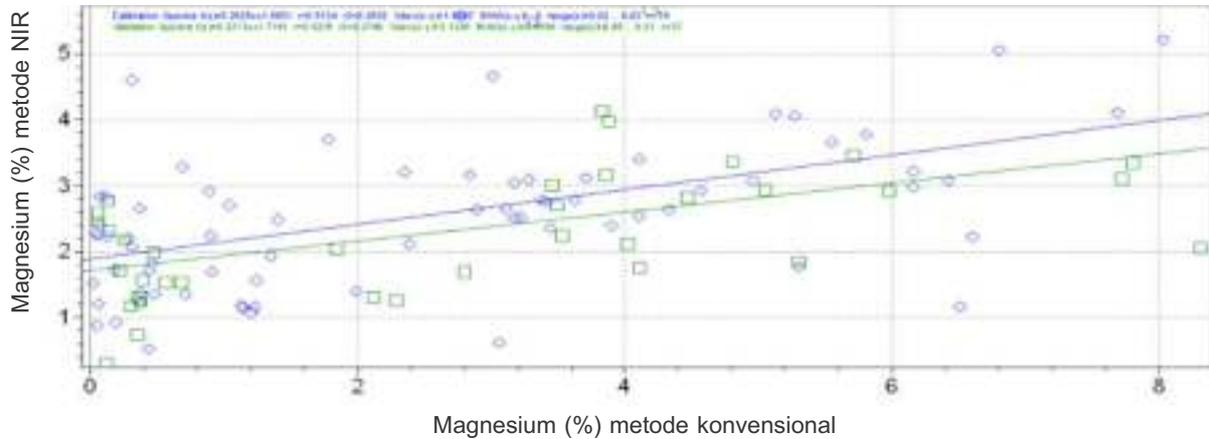
Dari Gambar 4 diperoleh hasil untuk kurva kalibrasi kalium dengan persamaan  $f(x) = 0,2625x + 1,8851$ , Sdev. (SEC) = 1,9097 dan BIAS = 0. Sedangkan untuk kurva validasi diperoleh persamaan  $f(x) = 0,2211x + 1,7141$ , Sdev. (SEP) = 2,1326 dan BIAS = 0,4544. Menurut Williams and Norris, 2001, suatu metode dengan nilai  $r$  0,51-0,7 atau nilai  $r^2$  0,26-0,49 menunjukkan bahwa metode tersebut mempunyai korelasi yang rendah. Sehingga jika akan digunakan untuk aplikasi harus mempunyai alasan yang kuat. Namun demikian masih dapat digunakan untuk skrining awal. Sementara itu, pada Tabel 5 disajikan hasil validasi terhadap metode NIR untuk analisis Mg di dalam tanah.

Pada Tabel 5 terlihat bahwa hasil analisis Mg dengan metode konvensional adalah 1,0 meq/100g, sedangkan hasil metode NIR adalah 1,173 meq/100g. Dengan demikian perbedaan metode konvensional dan NIR untuk analisis Mg dalam tanah adalah 0,173 meq/100g.

Sementara itu, kriteria kandungan Mg di dalam tanah adalah <0,01 meq/100g (sangat rendah), 0,1-0,2 meq/100g (rendah), 0,3-0,5 meq/100g (sedang), 0,6-1,0 meq/100g (tinggi), dan >1,0 meq/100g (sangat tinggi) (Srinivasan and Poongothai, 2013).

#### Kalsium (Ca)

Di dalam tanah, kalsium (Ca) selain berasal dari bahan kapur dan pupuk yang ditambahkan juga berasal dari batuan dan mineral pembentuk tanah. Mineral yang mengandung kalsium antara lain : Amfibal, Apatit ( $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{ClF})$ ), Dolomit ( $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ) dan Kalsit ( $\text{CaCO}_3$ ). Mineral-mineral yang mengandung Ca pada umumnya sedikit lebih cepat lapuk dari pada mineral-mineral yang lainnya, sehingga ada kecenderungan Ca di dalam tanah akan menurun dengan meningkatnya pelapukan dan pencucian. Melalui proses pelapukan mineral-mineral tersebut membebaskan kalsium ke dalam air disekitarnya. Kalsium diserap dalam bentuk  $\text{Ca}^{++}$ , sebagian besar terdapat dalam daun berbentuk kalsium pektat yaitu bagian lamella pada dinding sel (Yamani, 2010). Jumlah sampel tanah yang digunakan untuk kalibrasi, validasi, dan verifikasi metode NIR untuk parameter kandungan hara kalsium (Ca) adalah 77 sampel. Interval kandungan Ca di dalam sampel tanah yang digunakan adalah 0,03-34,7 meq/100g. Kurva hasil analisis hara Ca dengan metode standar (Eviati dan Sulaeman, 2012) dibandingkan dengan metode NIR disajikan pada Gambar 5.



**Gambar 4.** Kurva kalibrasi dan validasi analisis Mg dengan metode konvensional dan NIR  
**Figure 4.** Calibration and validation curve analysis of Mg with conventional and NIR methods

Dari Gambar 5 diperoleh hasil untuk kurva kalibrasi kalsium dengan persamaan  $f(x) = 0,8146 x + 1,1995$ , Sdev. (SEC) = 2,7387 dan BIAS = 0. Sedangkan untuk kurva validasi diperoleh persamaan  $f(x) = 0,3574 x + 4,8415$ , Sdev. (SEP) = 5,4975 dan BIAS = 0,6894. Sementara itu, pada Tabel 6 disajikan hasil validasi terhadap metode NIR untuk analisis Ca di dalam tanah.

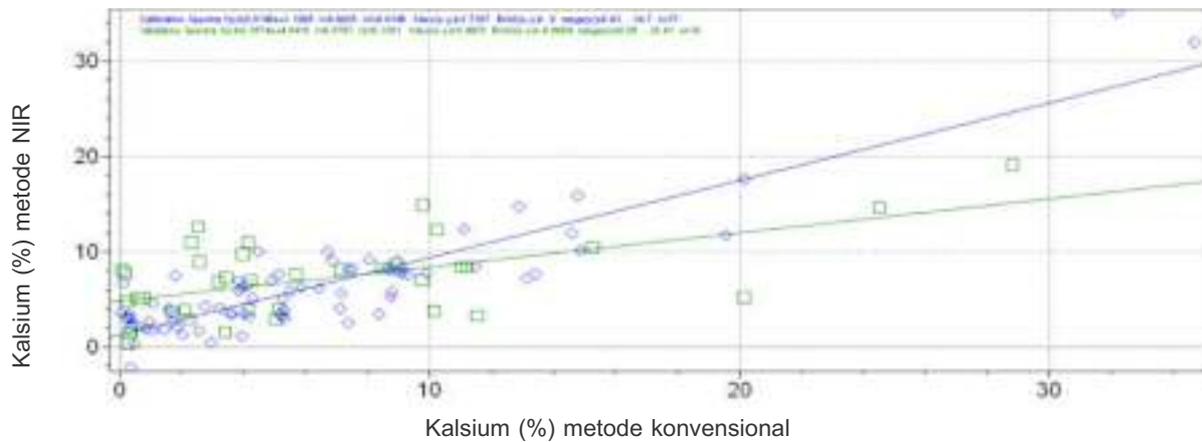
Pada Tabel 6 terlihat bahwa hasil analisis Ca dengan metode konvensional adalah 2,2 meq/100g, sedangkan hasil metode NIR adalah 3,136 meq/100g. Dengan demikian perbedaan metode konvensional dan NIR untuk analisis Ca dalam tanah adalah 0,936 meq/100g. Sementara itu, kriteria kandungan Ca di dalam tanah adalah < 2 meq/100g (sangat rendah), 2-

5 meq/100g (rendah), 6-10 meq/100g (sedang), 11-20 meq/100g (tinggi), dan > 20 meq/100g (sangat tinggi) (Srinivasan and Poongothai, 2013).

Nilai  $r^2$  untuk analisis dengan metode NIR untuk N, P, K, Mg dan Ca berturut-turut adalah 0,08; 0,7; 0,5; 0,3; dan 0,8. Nilai  $r^2$  relatif rendah terutama untuk parameter N, K, dan Mg, namun tentunya nilai  $r^2$  ini bukan satu-satunya parameter untuk menilai keakuratan metode NIR. Parameter lain untuk melihat keakuratan suatu metode NIR adalah selisih nilai SEC dan SEP. Semakin kecil selisih nilai keduanya menunjukkan bahwa metode NIR tersebut dapat digunakan (Yarce and Rojas, 2012). Selisih nilai SEC dan SEP untuk analisis N, P, K, Mg, dan Ca yang terdapat di dalam sampel tanah di perkebunan

**Tabel 5.** Analisis Mg dengan metode NIR dan konvensional (laboratorium)  
**Table 5.** Analysis of Mg with NIR and conventional (laboratorium) methods

No. Sampel	Magnesium (meq/100 gr)			
	NIR	Lab	$\Delta$	$\Delta^2$
463	0,732	0,84	-0,11	0,0117
464	1,921	2,07	-0,15	0,0222
466	1,348	1,38	-0,03	0,0010
467	0,132	0,79	-0,66	0,4330
468	0,558	0,39	0,17	0,0282
469	1,172	1,63	-0,46	0,2098
470	1,006	0,02	0,99	0,9722
471	1,211	0,85	0,36	0,1303
474	1,85	1,29	0,56	0,3136
475	1,804	1,14	0,66	0,4409
<b>Rerata</b>	<b>1,173</b>	<b>1,0</b>		



**Gambar 5.** Kurva kalibrasi dan validasi analisis Ca dengan metode konvensional dan NIR  
**Figure 5.** Calibration and validation curve analysis of Ca with conventional and NIR methods

kelapa sawit berturut-turut adalah 0,0008; 60,8420; 0,0654; 0,2229; dan 2,7588. Selain selisih nilai SEC dan SEP, juga perlu dipertimbangkan nilai perbedaan antara nilai analisis konvensional dengan metode NIR. Perbedaan nilai analisis menggunakan metode konvensional dan NIR untuk parameter N, P, K, Mg dan Ca berturut-turut adalah 0,012%, 8,317 ppm, 0,045 meq/100g, 0,173 meq/100g, dan 0,936 meq/100g. Melihat data-data di atas seperti nilai  $r^2$ , selisih nilai SEC dan SEP, dan perbedaan antara nilai analisis konvensional dengan metode NIR, maka metode spektroskopi NIR memungkinkan digunakan untuk analisis kandungan hara makro yang terdapat di dalam tanah di perkebunan kelapa sawit. Penggunaan metode

NIR ini sangat menghemat biaya karena tidak memerlukan bahan-bahan kimia untuk analisisnya dan waktu pengerjaannya yang sangat cepat (Yarce and Rojas, 2012).

### KESIMPULAN

Hasil analisis hara tanah di perkebunan kelapa sawit dengan metode NIR memperlihatkan bahwa nilai  $r^2$  untuk N, P, K, Mg dan Ca berturut-turut adalah 0,08; 0,7; 0,5; 0,3; dan 0,8. Selisih nilai SEC dan SEP untuk analisis N, P, K, Mg, dan Ca yang terdapat di dalam sampel tanah di perkebunan kelapa sawit berturut-

**Tabel 6.** Analisis Ca dengan metode NIR dan konvensional (laboratorium)  
**Table 6.** Analysis of Ca with NIR and conventional (laboratorium) methods

No. Sampel	Kalsium (meq/100g)			
	NIR	Lab	$\Delta$	$\Delta^2$
463	3,519	2,41	1,11	1,2299
464	3,998	3,17	0,83	0,6856
465	4,489	2,47	2,02	4,0764
466	3,643	2,81	0,83	0,6939
468	4,239	1,43	2,81	7,8905
469	2,654	4,53	-1,88	3,5194
470	1,947	1,47	0,48	0,2275
471	2,577	0,64	1,94	3,7520
472	2,534	1,71	0,82	0,6790
475	1,759	1,81	-0,05	0,0026
<b>Rerata</b>	<b>3,136</b>	<b>2,2</b>		

turut adalah 0,0008; 60,8420; 0,0654; 0,2229; dan 2,7588. Sedangkan selisih nilai analisis menggunakan metode konvensional dan NIR untuk parameter N, P, K, Mg dan Ca berturut-turut adalah 0,012%, 8,317 ppm, 0,045 meq/100g, 0,173 meq/100g, dan 0,936 meq/100g. Dengan demikian analisis kandungan hara makro di dalam tanah di perkebunan kelapa sawit sangat memungkinkan untuk dilakukan dengan metode spektroskopi NIR. Penggunaan metode spektroskopi NIR ini dapat mempercepat analisis dan menghemat biaya analisis serta ramah lingkungan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Achat, D.L., M. R. Bakker, L. Augusto, D. Derrien, N. Gallegos, N. Lashchinskiy, S. Milin, P. Nikitich, T. Raudina, O. Rusalimova, B. Zeller, and P. Barsukov. 2013. Phosphorus status of soils from contrasting forested ecosystems in southwestern Siberia: effects of microbiological and physicochemical properties. *Biogeosciences*, 10, 733–752.
- Alamdari, M.Q. and H.R. Mobasser. 2014. The Effect of Macro and Micro-nutrient Fertilizers on Yield and Yield Attributes of Rice in a Calcareous Soil. *American Journal of Experimental Agriculture* 4(12): 1604-1615.
- Bellon-Maurel, V. and A. McBratney. 2011. Near-infrared (NIR) and mid-infrared (MIR) spectroscopic techniques for assessing the amount of carbon stock in soils: a Critical review and research perspectives. *Soil Biology & Biochemistry*. 43, 1398-1410.
- Cozzolino, D., W. Cynkar, N. Shah, and P. Smith. 2011. Quantitative analysis of minerals and electric conductivity of red grape homogenates by near infrared reflectance spectroscopy. *Computers and Electronics in Agriculture* 77, 81–85.
- Debaene, G., J. Niedzwiecki, and A. Pecio. 2010. Visible and near-infrared spectrophotometer for soil analysis: preliminary Results. *Polish Journal of Agronomy*, 3, 3–9.
- Eviati dan Sulaeman. 2012. Analisis kimia tanah, tanaman, air, dan pupuk. Petunjuk Teknis, Edisi 2. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Kementrian Pertanian, Indonesia.
- Fernández-Sanjurjo, M.J., E. Alvarez-Rodríguez, A. Núñez-Delgado, M.L. Fernández-Marcos, and A. Romar-Gasalla. 2014. Nitrogen, phosphorus, potassium, calcium and magnesium release from two compressed fertilizers: column experiments. *Solid Earth*, 5, 1351–1360.
- Niederberger, J., B. Todt, A. Boca, R. Nitschke, and M. Kohler. 2015. Use of near-infrared spectroscopy to assess phosphorus fractions of different plant availability in forest soils. *Biogeosciences*, 12, 3415–3428.
- Petisco, C., B. García-Criado, B.R.V. de Aldana, A.G. Ciudad, and S. Mediavilla. 2008. Ash and mineral contents in leaves of woody species: Analysis by near infrared reflectance spectroscopy. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 39, 905–925.
- Samuel, A.L. and A. O. Ebenezer. 2014. Mineralization Rates of Soil Forms of Nitrogen, Phosphorus, and Potassium as Affected by Organomineral Fertilizer in Sandy Loam. *Advances in Agriculture Volume 2014*, Article ID 149209, 5 pages.
- Shunfeng, G., H. Xu, M. Ji, and Y. Jiang. 2013. Characteristics of Soil Organic Carbon, Total Nitrogen, and C/N Ratio in Chinese Apple Orchards. *Open Journal of Soil Science*, 3, 213-217.
- Srinivasan, K. and S. Poongothai. 2013. Macronutrients and Micronutrients Relation to Soil Characteristics of Wellington Reservoir, Tamilnadu, India. *J. Chem. & Cheml. Sci.* Vol.3(3), 107-116.
- Williams, P.C. and K. Norris. 2001. Method development and implementation of near-infrared spectroscopy in industrial manufacturing processes. In *Near-Infrared Technology in the Agricultural and Food Industries*, 2nd Ed., St. Paul, Minn.: American Association of Cereal Chemists.
- Yamani, Y. 2010. Analisis Kadar Hara Makro Dalam Tanah Pada Tanaman Agroforestri Di Desa Tambun Raya Kalimantan Tengah. *Jurnal Hutan Tropis Volume 11 No. 30*.
- Yarce, C.J. and G. Rojas. 2012. Near infrared spectroscopy for the analysis of macro and micro nutrients in sugarcane leaves. *Sugar Industry*. 11(137), 707–710.