

## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Kandungan Nutrisi Tepung Ikan Berdasarkan Hasil Analisis Proksimat

Tepung ikan merupakan salah satu pakan sumber protein hewani yang biasa digunakan dalam ransum ternak monogastrik. Kebutuhan ternak akan pakan sumber protein hewani sangat penting, karena memiliki kandungan protein relatif tinggi yang disusun oleh asam - asam amino esensial kompleks yang dapat mempengaruhi pertumbuhan sel-sel jaringan tubuh ternak (Purnamasari *et al.*, 2006). Tepung ikan merupakan tepung yang diperoleh dari penggilingan ikan dan termasuk bahan esensial yang sangat diperlukan untuk campuran pakan ternak sebagai sumber protein untuk mempercepat penambahan berat badan (*fattening*) (Sugiantoro *et. al.*, 2013).

Pada penelitian ini sampel yang digunakan sebanyak 64 sampel dengan lokasi yang berbeda dan menghasilkan data yang bervariasi. Mutu tepung ikan dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain jenis dan kesegaran ikan dan teknik atau cara pengolahannya. Mutu tepung ikan dapat dinilai secara fisik, kimia, mikrobiologi. Secara fisik, kriteria yang dinilai adalah bentuk dan keseragaman ukuran partikel tepung. Penilaian secara kimiawi dilakukan dengan mengukur kandungan protein, lemak, air dan abu. Secara mikrobiologi, tepung ikan harus terbebas dari bakteri patogen seperti Salmonella dan kapang. Tepung ikan yang bermutu baik harus mempunyai sifat-sifat sebagai berikut: mempunyai butiran yang seragam, bebas dari sisa-sisa tulang dan benda-benda asing lainnya (Rusfiyanto *et. al.*, 2010).

**Tabel 1.** Data Kandungan Analisis Proksimat

<b>kandungan</b>	<b>Rataan (%)</b>	<b>Maximum (%)</b>	<b>Minimum (%)</b>	<b>standar deviasi (%)</b>
Protein Kasar	52.50	68.42	37.89	7.63

Lemak Kasar	5.42	10.14	2.42	1.98
Serat Kasar	1.01	3.96	0.32	0.81

Sumber: Data diolah (2024)

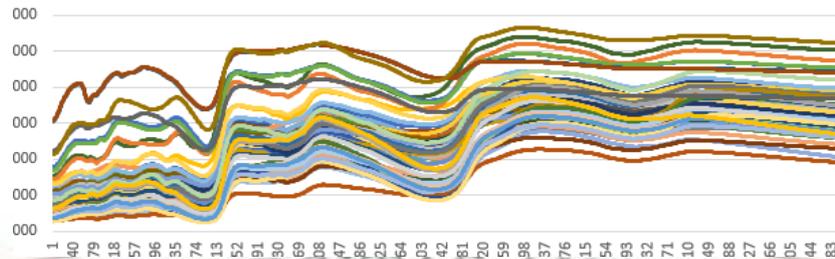
Berdasarkan data hasil analisis proksimat didapatkan data aktual pada uji protein kasar didapatkan rata-ran yaitu 52.50 dan standar deviasi 7.63. Sedangkan pada lemak kasar didapatkan nilai rata-ran yaitu 5.42 dengan standar deviasi 1.98. Pada serat kasar didapatkan hasil nilai rata-ran, yaitu 1.01 dengan nilai standar deviasi 0.81.

Menurut SNI (2013), menyatakan kandungan protein kasar minimum tepung ikan minimal 65% untuk mutu I, 55% untuk mutu II dan 45% untuk mutu III. Pada kandungan lemak kasar maksimal 8 % untuk mutu I, 10 % untuk mutu II, 12 % untuk mutu III dan kandungan serat kasar maksimal 1.5 % untuk mutu I, 2.5 % untuk mutu II, 3.0 % untuk mutu III. Kandungan protein tepung ikan memang relatif tinggi. Protein tersebut disusun oleh asam amino esensial yang kompleks (Wahyu & Assadad. 2016). Menurut Orlan (2019), bahwa kadar lemak yang tinggi dapat mengakibatkan tepung cepat tengik atau mudah mengalami oksidasi lemak.

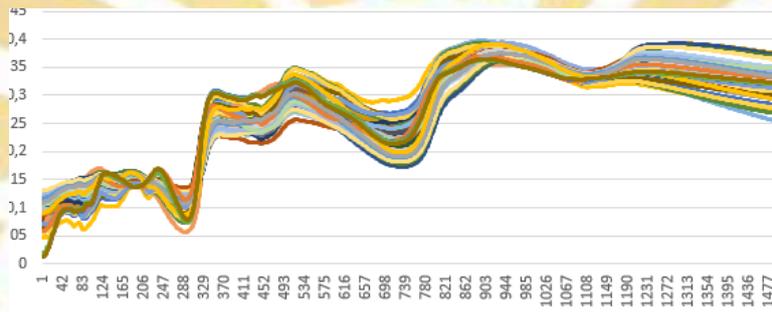
Kandungan serat kasar yang tinggi menyebabkan kesulitan ternak dalam mencerna pakan, terutama pada nonruminansia. Serat kasar berfungsi untuk merangsang gerak peristaltik saluran pencernaan. sebagai media mikroba pada usus buntu yang akan menghasilkan vitamin K dan B12. serta untuk memberikan rasa kenyang (Sihite. 2013).

## 4.2 Kandungan Analisis NIRS Tepung Ikan

### 4.2.1 Data Reflectan NIRS Tepung Ikan



Gambar 1. Hasil Spektrum NIRS



Gambar 2. Grafik spektrum dengan Pretreatment MSC

Karakteristik spektra protein kasar memiliki serapan yang lebih kompleks dan berada di berbagai panjang gelombang dimana rata-rata kandungan protein kasar dalam tepung ikan adalah sekitar 60.1%. Lemak kasar biasanya memiliki serapan pada panjang gelombang tertentu yang terkait dengan vibrasi ikatan kimia dalam lemak. Contohnya, serapan pada sekitar 2300 nm dapat terkait dengan gugus fungsi CH<sub>3</sub> yang umum dalam lemak dimana rata-rata kandungan lemak kasar dalam tepung ikan adalah sekitar 6.5%. Dan serat kasar dapat menunjukkan serapan yang lebih lemah dan tidak spesifik dibandingkan dengan lemak dan protein dimana rata-rata kandungan serat kasar dalam tepung ikan adalah sekitar 2.89% (Manik *et al.*, 2021).

Pada penelitian ini data *reflectan* NIRS yang didapatkan dari setiap sampel tepung ikan berbeda. hal ini terlihat dari uncak uncak gelombang spektrum *reflectan* ada gambar 1. Puncak-puncak gelombang spektrum *reflectan* NIRS menunjukkan beberapa celah yang jauh, yang menunjukkan tingginya noise dan pencilaan data. Maka dari itu data dilakukan *pretreatment* terlebih dahulu dengan metode MSC (*Multiple Scatter Correction*) ada *software Uncrumbler*

X 10.3 dapat dilihat ada gambar 2.

Hal ini sejalan dengan pendapat Blanco (2002) bahwa komponen kimia yang terkandung dalam bahan yang akan diuji dapat mempengaruhi keberadaan puncak dan lembah spektrum. Puncak dan lembah dari spektrum juga dapat dipengaruhi oleh sifat fisik dari bahan yang akan dianalisis.

#### 4.2.2 Pengolahan Data Reflektan NIRS

Pengolahan data reflektan untuk kandungan PK, LK, dan SK menggunakan *software The Unscrambler X 10.3* dengan metode PLS (*Partial Least Squares*) dengan *nonpretreatment* maupun menggunakan *pretreatment Multiple Scatter Correction (MSC)*. PLS digunakan untuk kalibrasi pada sejumlah sampel dengan penggabungan data kimia yang diuji secara destruktif di laboratorium dan data NIRS (Williams dan Norris, 1990). Model kalibrasi merupakan hubungan antara data reflektan NIRS dan data kimia jagung. Selanjutnya, validasi dilakukan validasi internal dan validasi eksternal, dengan menggunakan model *cross validation* dan *leverage correction* untuk menguji ketepatan persamaan model kalibrasi yang dibangun. Model kalibrasi yang baik ditentukan oleh beberapa parameter seperti SEC, SEP,  $R^2$  perbedaan nilai SEC dengan SEP, koefisien korelasi antara nilai aktual dan prediksi, jumlah faktor atau variabel laten dan sebagainya.

#### 4.2.3 Hasil Data Validasi Internal dengan Metode *Cross Validation* dan *Leverage Correction*

Validasi internal adalah proses pengujian dan evaluasi model yang dilakukan menggunakan data yang sama dengan data yang digunakan untuk melatih model. Metode *cross validation* dan *leverage correction* pada *Near-Infrared Spectroscopy (NIRS)* merupakan pendekatan yang kuat untuk memastikan keakuratan dan keandalan model analisis spektral.

*Cross validation* digunakan untuk mengevaluasi kinerja model dengan membagi data menjadi subset pelatihan dan pengujian secara berulang, sehingga memungkinkan untuk mengukur sejauh mana model mampu menggeneralisasi informasi dari data yang tidak terlihat sebelumnya. Sementara itu, *leverage correction* membantu mengidentifikasi dan menangani pengaruh data yang berleverage tinggi terhadap model, sehingga mengurangi potensi bias dan kesalahan prediksi. Dengan menggunakan kedua metode ini, analisis NIRS dapat ditingkatkan keandalannya. memastikan bahwa model yang dihasilkan mampu memberikan hasil yang konsisten dan dapat diandalkan. Berikut ditampilkan hasil kalibrasi dan validasi.

**Tabel 2.** Hasil kalibrasi dan validasi NIRS dengan *Cross Validation*

Parameter	Metode <i>Pretreatment</i>	Kalibrasi		Validasi		CV (%)	RPD	PC
		SEC	R <sup>2</sup>	SECV	R <sup>2</sup>			
Protein Kasar	MSC	0.56	0.85	0.57	0.75	6.3	1.2	11
	<i>Non Pretreatment</i>	0.43	0.81	0.58	0.72	5.4	1.3	
Lemak Kasar	MSC	0.89	0.56	0.67	0.33	16.2	1.2	2
	<i>Non Pretreatment</i>	0.99	0.45	0.66	0.37	16.9	1.2	
Serat Kasar	MSC	0.36	0.01	0.37	NA	20.2	0.9	4
	<i>Non Pretreatment</i>	0.36	0	0.38	NA	20.2	0.9	

Keterangan:

SEC = *Standard error of calibration*

SEP = *Standard error of prediction*

CV = *Coefficient of Variability*

R<sup>2</sup> = Koefisien Determinasi

RPD = *Ratio of Performance to Deviation*

PC = *Principal Component* (faktor)

MSC = *Multiplicative Scatter Correction*

NA = *Not Available*

*Non Pretreatment*: Tidak menggunakan *pretreatment*

Hasil data NIRS menunjukkan nilai statistika protein kasar, lemak kasar, dan serat kasar pada dengan menggunakan metode *cross validation*. Berdasarkan tabel 3 pada tahap kalibrasi

nilai koefisien determinasi  $R^2$  dari parameter protein kasar *pretreatment* maupun dengan *nonpretreatment*, di nilai sudah baik dalam membuat pemodelan kalibrasi. Akan tetapi pada parameter lemak kasar dan serat kasar baik dengan *pretreatment* maupun *nonpretreatment* belum layak digunakan dalam membuat pemodelan kalibrasi. Menurut Mouazen *et al.*, (2005) nilai  $R^2$  yang berada pada selang 0.66-0.81 dikatakan mendekati prediksi kuantitatif. Pada tahap validasi internal dengan menggunakan metode *cross validation* belum menghasilkan model yang akurat dan layak digunakan, dilihat dari nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) yang dihasilkan masih rendah dari standar.

*Standard error* adalah selisih antara nilai hasil dugaan NIRS dan nilai sebenarnya. *Standard error* pada metode validasi internal *cross validation* tahap kalibrasi protein kasar, lemak kasar, dan serat kasar menunjukkan lebih kecil dibandingkan *standard error* tahap validasi. Hal ini terjadi karena data sampel terlalu sedikit dan *cross validation* tidak efektif dalam menangani data outlier atau data yang memiliki pengaruh berlebih terhadap model yang di buat. Berikut ini ditampilkan hasil data NIRS validasi internal dengan metode *leverage correction*.

**Tabel 3.** Hasil kalibrasi dan validasi NIRS dengan *Leverage Correction*

Parameter	Metode	Kalibrasi		Validasi		CV (%)	RPD	PC
		SEC	$R^2$	SEE	$R^2$			
Protein Kasar	MSC	0.21	0.89	0.27	0.78	4.7	3.1	15
	<i>Non Pretreatment</i>	0.20	0.88	0.30	0.72	5.5	2.9	
Lemak Kasar	MSC	0.67	0.77	0.64	0.76	14.6	2.7	15
	<i>Non Pretreatment</i>	0.54	0.87	0.81	0.62	18.5	2.6	
Serat Kasar	MSC	0.35	0.73	0.26	0.50	16.2	1.8	15
	<i>Non Pretreatment</i>	0.33	0.69	0.29	0.36	18.1	1.6	

Keterangan:

SEC = *Standard error of calibration*

SEP = *Standard error of prediction*

CV = *Coefficient of Variability*

R<sup>2</sup> = Koefisien Determinasi

RPD = *Ratio of Performance to Deviation*

PC = *Principal Component* (faktor)

MSC = *Multiplicative Scatter Correction*

*Non Preatreatment*: Tidak menggunakan *pretreatment*

Pada tabel 3 menunjukkan nilai statistik protein kasar, lemak kasar, dan serat kasar dengan menggunakan metode *leverage correction*. Berdasarkan hasil statistik kalibrasi metode *leverage correction* terdapat perbedaan dengan metode *cross validation* yang dapat dilihat pada tabel 2 dan tabel 3. Nilai koefisien determinasi (R<sup>2</sup>) metode *leverage correction* lebih tinggi dibandingkan dengan metode *cross validation*

Nilai *standard error* pada metode *leverage correction* lebih rendah dibandingkan dengan metode *cross validation*. Hal itu terjadi karena metode *leverage correction* lebih efektif dalam menangani data *outlier* atau data yang memiliki pengaruh berlebih terhadap model. Dengan mengidentifikasi dan mengoreksi data berleverage tinggi, metode ini dapat membantu mengurangi efek negatif data pengaruh yang tinggi terhadap model analisis. Menurut pendapat Guggenbitchler *et. al.*, (2006) yang menyatakan bahwa nilai SEC diharapkan sekecil mungkin, sedangkan SEP idealnya mendekati nol (Williams dan Norris, 1990). Begitu juga dengan nilai koefisien determinasi R<sup>2</sup> pada *leverage correction* lebih tinggi dibandingkan dengan metode *cross validation* pada validasi internal. Hal ini dikarenakan dengan menggunakan metode *leverage correction* dapat mengurangi efek *d* yang mungkin terjadi pada model regresi. Dengan mengurangi pengaruh *leverage*, model dapat menjadi lebih umum dan lebih mampu menggeneralisasi data baru, yang dapat meningkatkan nilai R<sup>2</sup> pada data uji.

#### 4.2.4 Hasil Data Validasi Eksternal dengan Metode *Cross Validation* dan *Leverage Correction*

Validasi Eksternal dilakukan dengan menggunakan sampel uji yang tidak termasuk dalam set kalibrasi, sehingga model diuji pada data yang benar-benar baru. Tujuan utama validasi eksternal adalah untuk mengevaluasi performa model di luar data yang digunakan untuk pembangunannya, memastikan bahwa model tidak mengalami *overfitting* dan dapat diandalkan untuk memprediksi komposisi kimia dari sampel yang berbeda. Berikut ini di tampilkan hasil data validasi eksternal metode *cross validation*.

**Tabel 4.** Hasil kalibrasi dan validasi NIRS dengan *cross validation*

Parameter	Metode Pretreatment	Kalibrasi		Validasi		CV (%)	RPD	PC
		SEC	R <sup>2</sup>	SEP	R <sup>2</sup>			
Protein Kasar	MSC	0.30	0.85	0.30	0.84	3.8	2.9	12
	Non Pretreatment	0.35	0.81	0.32	0.82	4	2.8	
Lemak Kasar	MSC	0.67	0.43	0.68	0.50	20.4	1.9	6
	Non Pretreatment	0.67	0.44	0.67	0.48	20.2	1.9	
Serat Kasar	MSC	0.44	0.01	0.48	NA	30	1.4	3
	Non Pretreatment	0.45	0	0.48	NA	30	1.4	

Keterangan:

SEC = *Standard error of calibration*

SEP = *Standard error of prediction*

CV = *Coefficient of Variability*

R<sup>2</sup> = Koefisien Determinasi

RPD = *Ratio of Performance to Deviation*

PC = *Principal Component* (faktor)

MSC = *Multiplicative Scatter Correction*

NA = *Not Available*

*Non Preatreatment*: Tidak menggunakan *pretreatment*

Pada tabel 4 hasil data NIRS kandungan Protein Kasar, Lemak Kasar, dan Serat Kasar dengan menggunakan validasi eksternal (*cross validation*), terdapat perbedaan dari nilai koefisien determinasi  $R^2$  dari validasi internal. Nilai koefisien determinasi  $R^2$  protein kasar dan lemak kasar baik dengan *pretreatment* maupun *nonpretreatment* pada validasi eksternal lebih tinggi dibandingkan dengan validasi internal, namun pada parameter serat kasar nilai  $R^2$  didapatkan NA (*not available*), hal itu terjadi karena variasi dalam nilai serat kasar sangat kecil atau hampir seragam sehingga model akan kesulitan mendeteksi pola dalam data.

*Standard error* pada validasi eksternal lebih rendah di bandingkan validasi internal. Validasi eksternal melibatkan pengujian model pada data yang tidak digunakan dalam pelatihan model. Validasi internal cenderung memperkirakan kinerja model pada data pelatihan yang sama digunakan untuk mengembangkan model. Hal ini bisa menyebabkan *overfitting* di mana model terlalu cocok dengan data pelatihan tetapi tidak dapat menggeneralisasi dengan baik pada data uji.

**Tabel 5.** Hasil kalibrasi dan validasi NIRS dengan *leverage correction*

Parameter	Metode <i>Preatreatment</i>	Kalibrasi		Validasi		CV (%)	RPD	PC
		SEC	$R^2$	SEP	$R^2$			
Protein Kasar	MSC	0.18	0.93	0.22	0.89	3.8	3.2	15
	<i>Non Preatreatment</i>	0.30	0.87	0.33	0.80	3.9	2.6	
Lemak Kasar	MSC	0.31	0.89	0.33	0.87	8.3	2.9	15
	<i>Non Preatreatment</i>	0.46	0.79	0.48	0.79	8.6	2.2	
Serat Kasar	MSC	0.22	0.83	0.21	0.79	13.1	1.7	15
	<i>Non</i>							

Keterangan:

SEC = *Standard error of calibration*

SEP = *Standard error of prediction*

CV = *Coefficient of Variability*

R<sup>2</sup> = Koefisien Determinasi

RPD = *Ratio of Performance to Deviation*

PC = *Principal Component* (faktor)

MSC = *Multiplicative Scatter Correction*

*Non Pretreatment*: Tidak menggunakan *pretreatment*

Pada tabel 5 hasil data nirs validasi eksternal dengan metode *leverage correction*, menunjukkan hasil yang lebih baik jika dibandingkan dari metode *cross validation* dan dari tahap validasi internal maupun validasi eksternal. Nilai koefisien determinasi R<sup>2</sup> tahap kalibrasi protein kasar, lemak kasar, dan serat kasar pada metode *leverage correction* terdapat perbedaan dengan metode *cross validation*. Nilai koefisien determinasi R<sup>2</sup> metode *leverage correction* lebih tinggi dibandingkan dengan metode *cross validation* dan nilai statistik koefisien determinasi R<sup>2</sup> tahap validasi eksternal dengan metode *leverage correction* menunjukkan nilai tertinggi dibandingkan dengan validasi internal, hal itu terjadi karena metode *leverage correction* lebih efektif dalam menangani data *outlier* atau data yang memiliki pengaruh berlebih terhadap model. Validasi eksternal melibatkan pemisahan data pelatihan dan pengujian secara eksternal. Validasi eksternal memungkinkan model untuk diuji pada data yang benar-benar independen. Hal ini dapat membantu mengukur seberapa baik model akan berperforma pada data baru yang belum pernah dilihat sebelumnya, sehingga memberikan gambaran yang lebih baik tentang generalisasi model.

Pada tabel diatas nilai SEC dan SEP yang didapatkan rendah dari nilai standar devisiasi. Menurut William dan Norris (1990) menyatakan nilai SEC untuk menentukan data aktual untuk dianggap sudah baik sebaiknya lebih kecil dari standar deviasi. Hal ini menunjukkan bahwa model kalibrasi memiliki ketidakpastian yang rendah dan dapat memprediksi dengan

akurasi tinggi. Menurut Rosita *et al.*, (2016) menyebutkan model yang baik memiliki nilai  $R^2$  tinggi, dengan nilai SEC dan SEP yang lebih rendah dari standar deviasi (SD).

Hal ini menunjukkan model tersebut memiliki ketidakpastian yang rendah dan dapat memprediksi dengan akurasi tinggi. Berdasarkan tabel diatas dapat disimpulkan bahwa model prediksi dapat memperkirakan nilai kuantitatif. Hal ini disebabkan oleh hasil  $R^2$  yang berkisar antara 60-66%. Hal ini sejalan dengan penelitian Karoui (2006). yang menyatakan bahwa nilai  $R^2$  yang berkisar antara 60-80% menunjukkan bahwa model prediksi dapat memperkirakan nilai kuantitatif dengan baik. Semakin besar nilai  $R^2$ . maka model semakin efektif dalam menduga kandungan suatu bahan.

#### **4.2.5 Hasil Akurat Perbandingan Validasi Internal dan Validasi Eksternal dengan Metode *Cross Validation* dan *Leverage Correction***

##### **Protein Kasar**

Kandungan protein kasar dari validasi eksternal dengan metode *leverage correction* adalah metode yang akurat di bandingkan dengan metode lainnya. Berdasarkan tabel 5 dimana kandungan protein kasar dengan *pretreatment* MSC didapatkan nilai SEC 0.18 dan  $R^2$  0.93 lebih baik di bandingkan tanpa menggunakan *pretreatment*. Berdasarkan Buchi (2013) nilai SEC dan SEP harus kecil mendekati 0. Pada tahap validasi nilai statistik SEP 0.22 dan koefisien determinasi ( $R^2$ ) 0.89 lebih baik menggunakan *pretreatment* MSC. Koefisien determinasi ( $R^2$ ) menunjukkan hubungan antara nilai referensi dengan nilai yang diprediksi. Semakin besar nilai  $R^2$ , maka semakin baik model dalam menduga kandungan suatu bahan. Kisaran nilai  $R^2$  mulai dari 0% sampai 100%. Hal itu sesuai dengan pendapat Mattjik dkk., (2006) bahwa nilai maksimumnya adalah 1 yang menunjukkan prediksi yang sempurna. Menurut Cen dan He (2007), prinsip kerja MSC memutarai setiap spektrum sehingga mendapatkan kecocokan semirip mungkin dengan spektrum standar.

CV (*Coefficient of variability*), berdasarkan tabel 5 Nilai CV yang didapatkan dari

kedua model baik dengan *pretreatment* maupun dengan *nonpretreatment* relatif kecil dan dapat dikatakan bahwa model sangat baik karena nilainya sudah dibawah batas ideal yaitu  $\leq 5\%$ , hal tersebut sesuai dengan pendapat Mattjik dkk., (2006) bahwa nilai koefisien keragaman yang ideal CV adalah  $\leq 5\%$ .

RPD (*Ratio of Performance to Deviation*) Nilai RPD pada tabel 5 dengan *pretreatment* maupun dengan *nonpretreatment* didapatkan nilai yang tertinggi yaitu dengan menggunakan *pretreatment* MSC yaitu 3.2. Menurut Karoui (2006) 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*).

PC (*Principal Component*) ini membantu merangkum informasi yang terkandung dalam data NIRS dengan cara yang lebih efisien. Pada tabel 5 nilai pc nya yaitu 15. Dalam analisis data NIRS yang dilakukan, telah dilakukan ekstraksi 15 komponen utama (PC) dari dataset. Hasil analisis menunjukkan bahwa penggunaan 15 PC mampu menggambarkan variasi data dengan baik, memungkinkan identifikasi pola dan informasi penting yang terkandung dalam data spektrum NIRS.

### **Lemak Kasar**

Kandungan lemak kasar dari validasi eksternal dengan metode *leverage correction* adalah metode yang akurat di bandingkan dengan metode lainnya. Hasil kalibrasi lemak kasar *pretreatment* pada tabel 5 didapatkan nilai SEC 0.31 dan  $R^2$  0.89 sedangkan, hasil kalibrasi dengan menggunakan *nonpretreatment* MSC pada tabel 6 didapatkan SEC 0.46 dan  $R^2$  0.79. Tahap validasi menggunakan *pretreatment* didapatkan nilai SEP 0.33 dan  $R^2$  0.87, sedangkan dengan *nonpretreatment* nilai SEP 0.48 dan  $R^2$  0.79.

Pada penelitian ini nilai SEC maupun nilai SEP yang didapatkan dengan *pretreatment* lebih rendah di bandingkan dengan *nonpretreatment*. Hal tersebut sesuai dengan pendapat Maleki, M.R dkk., (2005) menyatakan bahwa MSC secara signifikan meningkatkan akurasi prediksi dalam berbagai aplikasi NIRS, *pretreatment* MSC membantu mengurangi kesalahan prediksi dengan memperbaiki data spektral yang telah dikoreksi dari gangguan *scattering*. Guggenbitchler *et al.*, (2006) yang menyatakan bahwa nilai SEC diharapkan sekecil mungkin, sedangkan SEP idealnya mendekati nol (Williams dan Norris, 1990).

Nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) yang didapatkan dari model *pretreatment* (MSC) relatif besar dibandingkan dengan menggunakan *nonpretreatment*, yaitu pada tahap kalibrasi nilai  $R^2$  0.85 dan pada tahap validasi  $R^2$  0.87. Menurut Mouazen *et al.*, (2005) nilai  $R^2$  yang berada pada selang 0.66-0.81 dikatakan mendekati prediksi kuantitatif. Semakin besar nilai  $R^2$ , maka semakin baik model dalam menduga kandungan suatu bahan.

RPD (*Ratio of Performance to Deviation*) Nilai RPD pada tabel 6 dengan *pretreatment* maupun dengan *nonpretreatment* di dapatkan nilai yang tertinggi yaitu dengan menggunakan *pretreatment* MSC yaitu 2.9. Menurut Karoui (2006) 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*). Pada penelitian ini nilai CV yang terdapat pada tabel 5 dari kedua model baik dengan *pretreatment* maupun dengan *nonpretreatment* didapatkan nilai terendah yaitu dengan *pretreatment* MSC yaitu 10.5%. Namun nilai CV dengan *nonpretreatment* juga dapat diterima untuk tujuan analitis, hal ini menurut pendapat Cozzolino *et al.* (2008), nilai CV yang lebih kecil dari 20% masih dapat diterima untuk tujuan analitis.

## Serat Kasar

Kandungan serat kasar dari validasi eksternal dengan metode *leverage correction* adalah metode yang akurat di bandingkan dengan metode lainnya. Hasil kalibrasi serat kasar *pretreatment* pada tabel 6 didapatkan nilai sebagai berikut, SEC 0.22 dan  $R^2$  0.83, sedangkan dengan *nonpretreatment* nilai SEC 0.34 dan  $R^2$  0.59. Tahap validasi *pretreatment* didapatkan nilai SEP 0.21 dan  $R^2$  0.79, sedangkan dengan *nonpretreatment* didapatkan nilai SEP 0.31 dan  $R^2$  0.64. Pada parameter serat kasar nilai SEC maupun SEP yang didapatkan dari model *pretreatment* lebih kecil dibandingkan dengan model menggunakan *nonpretreatment*. Tinggi rendahnya nilai SEC dan SEP dipengaruhi oleh data aktual. Menurut Cen dan He (2007) metode MSC adalah salah satu *pretreatment* yang digunakan untuk pendekatan dalam meminimalisir *amplification (multiplicative, scattering)* dan *offset (additive, chemical)* efek pada NIRS spektrum. Nilai  $R^2$  dengan *pretreatment* MSC lebih tinggi di bandingkan dengan *nonpretreatment* yaitu 0.73. Menurut Mouazen *et al.* (2005) nilai  $R^2$  yang berada pada selang 0.66-0.81 dikatakan mendekati prediksi kuantitatif, sehingga nilai  $R^2$  dari *pretreatment* dapat dikatakan bahwa prediksi sangat baik, nilai CV berdasarkan tabel 5 yang didapatkan dari model *pretreatment* MSC relatif kecil dibandingkan dengan menggunakan *nonpretreatment* yaitu, 13.1. CV yang rendah menunjukkan bahwa data spektrum cenderung homogen dan stabil, sementara CV yang tinggi menunjukkan variasi yang lebih besar antara titik data.

RPD (*Ratio of Performance to Deviation*) Nilai RPD pada tabel 5 dengan *pretreatment* maupun dengan *nonpretreatment* didapatkan nilai yang tertinggi yaitu dengan menggunakan *pretreatment* MSC yaitu 1.7. Nilai RPD pada serat kasar baik dengan *pretreatment* maupun dengan *nonpretreatment* lebih rendah di bandingkan dengan parameter protein kasar dan lemak kasar. Menurut Karoui (2006) 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*). Kualitas data untuk serat kasar lebih rendah dibandingkan dengan parameter lainnya, seperti adanya *outlier*, kehilangan data, atau *noise* yang signifikan. Data yang tidak berkualitas baik dapat mengurangi kemampuan model untuk membuat prediksi yang akurat.

