

## **Prediksi Kualitas Gula dan Tetes Menggunakan *Near Infrared Spectroscopy***

### *Prediction on Quality of Plantation White Sugar and Molasses Using Near Near Infrared Spectroscopy*

Risvan Kuswurdanto<sup>1\*</sup>, Simping Yuliatun<sup>2)</sup>, Opal Priya Wening<sup>1)</sup>, Retno Widowati<sup>2)</sup>, Nyani<sup>2)</sup>, Gilar S Pembayun<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Pusat Penelitian Perkebunan Gula Indonesia, Kota Pasuruan, Jawa Timur, Indonesia

<sup>2)</sup> PT Sinergi Gula Nusantara, Kota Surabaya, Jawa Timur, Indonesia

Alamat korespondensi, Email: risvanp3gi@gmail.com\*

### **ABSTRAK**

Near Infrared Spectroscopy (NIR) merupakan metode sekunder untuk menggantikan metode konvensional. Pada penelitian ini NIR digunakan untuk menganalisis kualitas gula dan tetes. Sampel penelitian diperoleh dari Laboratorium Pusat Penelitian Perkebunan Gula Indonesia. Peralatan yang digunakan adalah NIR FOSS DS2500. Sebelum digunakan NIR dikalibrasi menggunakan *software* WINSI IV. Kalibrasi menggunakan metode *partial least square (PLS)* selanjutnya model kalibrasi digunakan untuk validasi sampel *independent*. Evaluasi kalibrasi dan validasi berdasarkan nilai koefisien korelasi ( $R^2$ ), *Standar error calibration (SEC)*, *standar error cross validation (SECV)* dan *ratio of prediction to deviation (RPD)*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa untuk sampel gula, parameter pol, warna, berat jenis butir dan kadar sulfit memiliki nilai  $R^2 > 0,9$ . Sementara itu untuk sampel tetes, parameter brix, pol, sukrosa dan *optical density* memiliki nilai  $R^2 > 0,9$ . Hasil ini menunjukkan bahwa NIR memungkinkan digunakan sebagai substitusi metode konvensional untuk beberapa parameter analisis kualitas gula dan tetes.

**Kata kunci:** NIR, gula kristal putih, tetes, kualitas gula, kualitas tetes

### **ABSTRACT**

*Near infrared (NIR) spectroscopy appears as a promises method for faster analysis method in replacement of conventional analysis method. In this work, NIR was used as a replacement for conventional analysis method in plantation white sugar and molasses quality. The samples for this study were taken from Indonesian Sugar Research Institute Laboratory. NIR spectroscopy equipment used was FOSS DS 2500. The partial least square regression (PLS) was used to develop a calibration model. The NIR results were evaluated from correlation coefficient ( $r^2$ ), low standard error of calibration (SEC) and high ratio of prediction to deviation (RPD). The experimental results show that for sugar samples, the pol, color, crystal size and sulfit content have the  $R^2 > 0.9$ . The molasses samples set for brix, pol, sucrose and optical density show the  $R^2 > 0.9$ . The prediction of NIR analysis appears to be excellent, comparable to the laboratory method. It is suggested that NIR can be used to substitute the laboratory method for some analysis parameters of sugar and molasses quality*

**Keywords :** NIR, plantation white sugar, molasses, sugar quality

## PENDAHULUAN

Poduk utama pabrik gula adalah gula kristal putih dengan hasil samping tetes atau *molasses*. Kualitas gula ditentukan oleh beberapa parameter yang telah diatur di Standar Nasional Indonesia (SNI) GKP 2020. Apabila gula produksi tidak memenuhi standar maka diperlukan pemrosesan kembali sehingga menambah biaya produksi. Sementara itu tetes juga memiliki beberapa parameter seperti brix, pol dan total sugar yang mempengaruhi harga jualnya.

Saat ini penentuan kualitas gula dan tetes di pabrik gula masih menggunakan metode konvensional.

Analisis menggunakan metode konvensional di pabrik gula membutuhkan waktu relatif lama dan juga memerlukan bahan kimia penjernih, (Mehrotra dan Siesler, 2003; Schoonees, 2003). Alternatif lain yang dapat dilakukan adalah analisis secara cepat menggunakan NIR sehingga hasil analisis dapat diketahui dalam waktu kurang lebih 1 menit. Penggunaan NIR juga dapat menjamin konsistensi hasil analisis walaupun menggunakan operator yang berbeda. Akan tetapi untuk menjamin keberhasilan analisis NIR memerlukan persyaratan tertentu yaitu pada saat pembangunan kalibrasi, analisis konvensional dilakukan secara benar dan akurat.

Teknologi NIR telah banyak digunakan di beberapa negara. Di Louisiana, USA (Clark dkk, 1995; Edey dan Clark, 1996; Madsen dkk, 2003, teknologi ini digunakan untuk analisis kualitas tebu dan sistem bagi hasil tebu ke petani. Di Australia NIR digunakan untuk memprediksi kualitas tebu berbasis pada *scanning* batang tebu (Nawi dkk, 2012) sehingga dapat digunakan untuk memprediksi rendemen tebu. Selain itu NIR juga digunakan untuk analisis secara *in line* di pabrik

gula (Brotherton dan Berding, 1998; Fiedler dkk, 2001). Johnson (2000) melakukan analisis nira tebu menggunakan NIR di Florida, dimana kalibrasi untuk brix nira menghasilkan angka koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 0,966 sedangkan untuk pol sebesar 0,958. Meskipun penelitian tentang NIR sudah banyak dilakukan, *updating* dan koleksi data untuk NIR masih terus dilakukan.

Industri gula di Australia telah mulai menerapkan teknologi NIRS sejak tahun 1990 an. *Database* analisis bahan alur proses di PG dikumpulkan dalam jangka waktu 20 tahun. Menurut Berding dan Marston (2010) penggunaan NIRS dapat menurunkan biaya analisis hingga 14 %. *Sugar Research Australia* (SRA) telah mengembangkan *Bagasse Analysis System* (BAS) dan *Sugar Analysis System* (SAS) menggunakan NIR secara *on-line*. Sistem yang terintegrasi dengan *software* dapat digunakan untuk melakukan kontrol baik di gilingan maupun proses pengolahan (O'Shea *et al.*, 2010). NIRS juga digunakan untuk mendeteksi *phytochemical* pada LogiCane™ yang memproduksi *low glicemic sugar* sejak tahun 2009.

Berdasarkan pengalaman penggunaan teknologi NIR di Industri Gula tersebut, maka tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengumpulkan database NIR untuk analisis kualitas gula dan tetes.

## METODE

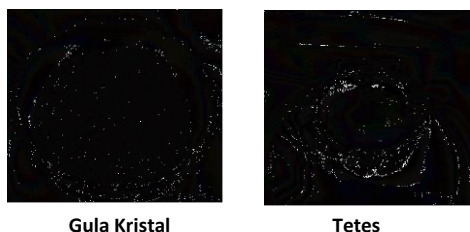
Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampel gula Kristal putih dan tetes dari Laboratorium Pusat Penelitian Perkebunan Gula Indonesia (P3GI). Sampel tersebut merupakan kumpulan sampel dari pabrik gula di Indonesia. Alat-alat yang digunakan adalah NIR FOS DS2500 yang

dilengkapi dengan aksesoris untuk wadah sampel.

Parameter analisis untuk contoh gula Kristal adalah pol. warna larutan, kadar air, kadar abu, kadar sulfat dan berat jenis butir. Sementara itu untuk contoh tetes parameter analisis adalah brix, pol, sukrosa, gula reduksi dan *optical density*.

### Tahap Penelitian

Gula Kristal Putih dan Tetes dimasukkan ke dalam wadah sesuai dengan jenis sampel, yaitu padatan dan cairan, Gambar 1. Selanjutnya dilakukan proses pengumpulan data spectrum masing-masing bahan.



Gambar 1. Sampel Gula Kristal Putih dan Tetes

*Figure 1. Plantation White Sugar and Molasses Sample*

Sampel tersebut telah dianalisis di Laboratorium P3GI yang telah memiliki akreditasi KAN. Untuk proses kalibrasi dan validasi, sampel cairan dimasukkan dalam *cup* kecil, sedangkan untuk sampel padat dimasukkan dalam *cup* besar. Selanjutnya sampel di *scan* menggunakan NIR DS 2500 pada panjang gelombang 1100 – 2498 nm dengan interval 2 nm. Spektrum dari setiap sampel tersimpan dalam komputer untuk diolah lebih lanjut. Sampel yang terkumpul diolah menggunakan *software* WINISI IV untuk proses

kalibrasi dan validasi. Model kalibrasi diuji menggunakan sampel *independent* yang telah diketahui hasil analisis metode standard nya.

Langkah selanjutnya adalah *pre-processing* data untuk proses *smoothing* dan identifikasi data *outlier*. Pemisahan data *outlier* berdasarkan *Global Mahalanobis Distance* (GH). Data yang digunakan untuk kalibrasi dan data *outlier* dipisahkan secara otomatis. Teknik *pre-processing* menggunakan Savitzky-Golay (Sexton *et al.*, 2018a, 2018b) dan *wavelet transformation* (Donald *et al.*, 2006). Model kalibrasi menggunakan kelompok data kalibrasi menggunakan metode *Modified Partial Least Square* (MPLS). Metode PLS untuk pembuatan model kalibrasi telah banyak diadopsi pada analisis NIR di industri gula (Shenk and Westerhouse, 1993)

Model kalibrasi yang diperoleh kemudian diuji menggunakan kelompok data validasi (data independen) untuk mengetahui keakuratan hasil dari kalibrasi. Evaluasi secara statistik menggunakan parameter koefisien korelasi ( $R^2$ ), *Standar Error Calibration* (SEC), *Standar Error Cross Validation* (SECV). Untuk validasi menggunakan koefisien korelasi prediksi ( $r^2$ ), *Standar Error Prediction* (SEP) dan *Ratio of Prediction to Deviation* (RPD).

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Sampel gula yang di analisis menggunakan NIR merupakan kumpulan sampel dari seluruh pabrik gula di Indonesia. Hasil kalibrasi dan validasi untuk sampel gula disajikan

Tabel 1. Kalibrasi dan Validasi Sampel Gula Kristal Putih

Table 1. Calibration and Validation of Plantation White Sugar Sampel

Parameter <i>Parameter</i>	Kalibrasi <i>Calibration</i>					Validasi <i>Validation</i>			
	N	<i>Outlier</i>	R <sup>2</sup>	SEC	SECV	N	r <sup>2</sup>	SEP	RPD
pol	142	13	0,925	0,047	0,049	30	0,906	0,035	2,286
warna	142	15	0,95	12,995	14,512	30	0,941	13,55	4,325
Kadar Air	142	12	0,891	2,455	2,67	30	0,882	1,05	1,061
Kadar Abu	142	10	0,829	0,005	0,006	30	0,811	0,01	1,300
Berat Jenis Butir	142	12	0,965	0,009	0,012	30	0,901	0,05	4,000
Kadar SO <sub>2</sub>	142	18	0,908	0,371	0,432	30	0,895	2,24	1,362

Jumlah sampel gula yang diperoleh 142 set. Secara otomatis program kalibrasi akan menghilangkan sampel yang tidak memenuhi kriteria spectrum datanya (*outlier*). Jumlah sampel *outlier* berbeda-beda untuk setiap parameter. Apabila jumlah sampel *outlier* dibawah 10 % dapat dikatakan bahwa model kalibrasi yang dibuat bagus.

Untuk parameter pol, warna, berat jenis butir dan kadar SO<sub>2</sub> nilai koefisien regresi (R<sup>2</sup>) > 0,9. Sementara itu untuk parameter kadar air dan kadar abu nilai R<sup>2</sup> < 0,9. Nilai koefisien regresi dipengaruhi oleh bias pada saat analisis metode konvensional. Rentang nilai kadar air dan kadar abu sangat sempit antara 0,01 – 0,10 sehingga nilai *error* tinggi.

Hasil kalibrasi diuji menggunakan sampel *independent* yang tidak masuk dalam proses kalibrasi. Validasi terhadap 30 sampel gula menunjukkan hasil yang konsisten, dimana untuk parameter pol, warna dan berat jenis butir memiliki nilai r<sup>2</sup> > 0,9. Nilai RPD untuk ketiga parameter > 2 menunjukkan bahwa model kalibrasi yang diperoleh bagus. Sementara itu untuk parameter SO<sub>2</sub> nilai RPD < 2 dengan nilai r<sup>2</sup> < 0,9.

Beberapa penelitian menunjukkan hasil yang identik. Nadasen dan Naicker (2013) melakukan kalibrasi NIR untuk contoh gula Kristal dimana nilai R<sup>2</sup> untuk pol dan warna 0,89 sementara kadar air 0,53. Sementara itu penelitian O’Shea et al (2011) untuk bahan gula dengan parameter pol, kadar abu dan warna menunjukkan nilai R<sup>2</sup> > 0,9.

Tetes merupakan produk hasil samping utama pabrik gula. Analisis kualitas tetes secara cepat diperlukan supaya mengurangi kehilangan gula dan meningkatkan rendemen. Hasil kalibrasi dan validasinya disajikan pada Tabel 2. Sampel tetes yang digunakan untuk proses kalibrasi 119 set. Masing-masing parameter memiliki jumlah sampel *outlier* yang berbeda. Untuk parameter brix, pol, sukrosa dan *optical density* nilai R<sup>2</sup> > 0,9. Sementara itu untuk parameter gula reduksi nilai R<sup>2</sup> < 0,9. Analisis metode konvensional untuk gula reduksi menggunakan metode titrasi, sehingga nilai *error* dan bias lebih kompleks.

Hasil penelitian yang dilakukan oleh Simpson dan Oxley (2008) di Afrika Selatan juga menunjukkan bahwa untuk parameter brix, pol dan sukrosa nilai R<sup>2</sup> > 0,9 sementara itu untuk parameter fruktosa dan glukosa nilai R<sup>2</sup> 0,86

Tabel 2. Kalibrasi dan Validasi Sampel Tetes  
 Table 2. Calibration and Validation of Molasses Sample

Parameter <i>Parameter</i>	Kalibrasi <i>Calibration</i>					Validasi <i>Validation</i>			
	N	<i>Outlier</i>	R <sup>2</sup>	SEC	SECV	N	r <sup>2</sup>	SEP	RPD
Brix	119	8	0,935	0,167	0,178	25	0,948	0,103	2,049
Pol	119	6	0,922	0,189	0,211	25	0,914	0,463	2,397
Sukrosa	119	11	0,954	0,176	0,21	25	0,925	0,189	1,164
Gula Reduksi	119	12	0,872	0,294	0,323	25	0,855	0,45	2,776
<i>Optical Density</i>	119	9	0,912	0,321	0,342	25	0,909	11,62	1,738

### KESIMPULAN

Kalibrasi dan Validasi NIR untuk sampel gula parameter pol, warna, berat jenis butir memiliki nilai R<sup>2</sup> untuk kalibrasi dan validasi > 0,9. Sementara itu untuk sampel tetes, parameter brix, pol, sukrosa dan *optical density* memiliki nilai kalibrasi dan validasi > 0,9. Beberapa parameter seperti kadar air dan kadar abu gula serta gula reduksi tetes nilai kalibrasi nya masih < 0,9. Hasil ini menunjukkan NIR berpotensi sebagai substitusi metode konvensional untuk beberapa parameter analisis dalam penentuan kualitas gula dan tetes.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada PT Sinergi Gula Nusantara yang telah mendanai penelitian ini melalui pendanaan riset tahun 2023.

### DAFTAR PUSTAKA

Berding, N. and D.H. Marston. (2010). Operational validation of the efficacy of Spectracane™, a high-speed analytical system for sugarcane quality components. Proc. Aust. Soc. Sugar Cane Technol. 32 :445-459.

Brotherton, G. A., and N. Berding. (1998). At-line analysis of milled prepared cane using near infra-

red spectroscopy. Proc. Aust. Soc. Sugar Cane Technol., 20, 34

Edye, LA dan M.A. Clarke. (1996). Sugar Cane Quality Analyses By Near Infrared spectroscopy. Proc. South Africa Sugar Tech. Ass.: 127-130

Fiedler, F. M., L.A. Edye., and L. J. Watson. (2001). The Application of Discriminant Analysis to On-Line Near Infrared Spectroscopy of Prepared Sugar Cane. Proc. Aust. Soc. Sugar Cane Technol., 23: 317-321

Johnson, T. P. (2000). Cane Juice Anaylisis by Near Infrared (NIR) to Determine Grower Payment. SPRI Annual Meeting: 9-12

Madsen, L. R., B. E. White., and P.W. Rein. (2003). Evaluation of A Near Infrared Spectrometer For The Direct Analysis of Sugar Cane. J. of Amer. Soc. of Sugar Cane Technol., 23: 80 -92.

Nawi, N. M., T. Jensen., and G. Chen. (2012). The Application of Spectroscopic Methods to Predict Sugarcane Quality Based in Stalk Cross-Sectional Scanning. J. Amer. Soc. of Sugar Cane Technol., 32: 16 – 27

O’Shea, M. G., S. P. Staunton., D. Donald and J. Simpson. (2011).

- Developing laboratory Near Infra-Red (NIRS) instruments for the analysis of sugar factory products. *Proc. Aust. Sugar Cane Technol.* 33:1 – 8.
- Sexton, J., Everingham, Y., and Donald, D. (2018a). A feasibility test for detection of atypical cane samples using near infrared spectroscopy In: *Proc. Aust. Soc. Sugar Cane Technol.*, Mackay, Queensland, Australia, pp. 382–390.
- Sexton, J., Everingham, Y., Donald, D., Staunton, S., and White, R., (2018b). A comparison of non-linear regression methods for improved on-line near infrared spectroscopic analysis of a sugarcane quality measure. *J. Near Infrared Spec.* 26, 297–310.
- Simpson, R. and Y. Naidoo. (2010). Using Near Infra Red Spectroscopy for rapid quantification of intermediate sugar factory products *Proc. S. Afr. Sugar. Technol. Ass.* 83: 382 – 391.
- Sompson, R. and J. Oxley. (2008). Routine Analysis of Molasses and Mixed Juice By NIR Spectroscopy. *Proc. S. Afr. Sugar Technol. Ass.* 81: 245 – 265
- Shenk J. S. and Westerhaus M. O. (1993). Analysis of agriculture and food products by near infrared reflectance spectroscopy *Infrasoft International ISI.*