

## **Analisis Rendemen Individu Menggunakan *Near Infrared Spectroscopy* (Nirs) Untuk Mendukung Peningkatan Produksi Gula**

### ***Individual Cane Yield Analysis Using Near Infrared Spectroscopy (Nirs) To Support The Increase Of Sugar Production***

**Risvan Kuswujanto dan Triantarti**

*Pusat Penelitian Perkebunan Gula Indonesia  
Jl.Pahlawan 25 Pasuruan 67126, Telp : 0343 421086; Fax : 0343 421178  
email : risvanp3gi@gmail.com; website : www.p3gi.co.id*

#### **ABSTRACT**

*The Indonesian government planned to achieve the sugar self-sufficiency programs in 2014. The program can't be achieved and Indonesia is now still a sugar importer. The effort to increase sugar productivity is by increasing the average of sugar yield. The low sugar yield is partly due to the poor of cane quality. Fair and accurate measurement of sugar content will encourage the farmers to deliver higher cane quality, and then will impact in increasing sugar yield. The use of Near Infrared Spectroscopy (NIRS) in cane quality analysis will shorten analysis time, and also NIRS can be operated automatically without sample treatment. The research was conducted at the sugar factory in East Java. The used material and instrument are the first expressed juice (FEJ) and FOSS NIR RLA equipped with VISION software, respectively. The brix and pol content of the FEJ samples were analysed by using conventional and NIRS method. The brix and pol from conventional method input into the software, and then processed by statistical treatment using partial least squares. The result from 974 FEJ samples shows that the coefficient of determination ( $R^2$ ) of brix and pol were 0.9454 and 0.9569 respectively, with the SEC, SEP and SECV 2SEL. The model was then applied for 80 FEJ samples, the average value of brix and pol content using NIRS method (17.77 % and 14.07 %) were not significantly different from the conventional method (17.70 % and 14.08 %). When the data was applied to calculate individual sugar yield, the average value of NIRS method (8.56%) was not significantly different from the conventional method (8.59%).*

*Keyword : NIRS, brix, pol, cane yield, individual cane yield analysis*

Diterima: 10 April 2015, disetujui 24 April 2015

## **PENDAHULUAN**

Gula dikategorikan sebagai kebutuhan pokok bagi masyarakat Indonesia. Upaya untuk menjamin ketersediaan gula adalah dengan program swasembada yang telah ditetapkan oleh pemerintah. Program swasembada belum bisa tercapai, jumlah produksi gula nasional baru mencapai sebesar 2,756 juta ton pada tahun 2014 sehingga belum mampu memenuhi total konsumsi (langsung dan industri) yang mencapai 5,396 juta ton. Kondisi ini tidak menguntungkan apabila dilihat dari segi ketahanan pangan nasional. Dalam jangka panjang upaya untuk meningkatkan produksi gula dilakukan dengan pengembangan lahan tebu,

khususnya di luar Jawa. Upaya jangka pendek yang dapat dilakukan adalah dengan meningkatkan rendemen rata-rata nasional.

Rendemen merupakan banyaknya kristal gula yang dihasilkan dibanding dengan tebu giling. Faktor yang mempengaruhi rendemen adalah kualitas bahan baku dan efisiensi pabrik. Karena sebagian besar bahan baku tebu pabrik gula (PG) di suplai oleh petani, maka pengukuran rendemen individu yang adil dan akurat diperlukan untuk mendapatkan bahan baku tebu yang berkualitas. Ketidakpercayaan petani tebu terhadap PG, khususnya di Jawa membuat petani kurang serius dalam mensuplai bahan baku tebu berkualitas. Penggunaan teknologi yang dapat mengukur rendemen individu dengan adil dan mengurangi campur tangan manusia dapat mengembalikan kepercayaan petani kepada PG. Apabila petani bergairah dalam mengirimkan tebu yang berkualitas, maka secara langsung akan menaikkan rendemen PG.

Perhitungan rendemen menggunakan rumus = nilai nira perahan pertama (NNPP) x faktor rendemen (FR). NNPP menggambarkan kualitas tebu giling sedangkan FR merupakan efisiensi pabrik. Komponen untuk menghitung NNPP adalah %brix dan %pol yang diperoleh dengan melakukan analisa NPP. Analisa menggunakan metode konvensional membutuhkan waktu relatif lama dan juga memerlukan bahan kimia untuk penjernih. Alternatif lain adalah analisa secara cepat menggunakan teknologi NIRS. Penggunaan NIRS dapat mengurangi pemakaian bahan kimia dan tidak merusak contoh (Pasquini, 2003; Blanco and Villaroya, 2002) sehingga NPP dapat dikembalikan ke proses di pabrik.

Teknologi NIRS telah banyak digunakan di Louisiana, USA (Clarke, *et al.* 1995; Edye, *et al.* 1996; Madsen, *et al.* 2003) untuk analisa kualitas tebu dan sistem bagi hasil tebu ke petani. Di Australia NIRS digunakan untuk memprediksi kualitas tebu berbasis pada *scanning* batang tebu (Nawi, *et al.* 2012) sehingga dapat digunakan untuk memprediksi rendemen tebu. Selain itu NIRS juga digunakan untuk analisa secara *in line* tebu cacah di pabrik (Brotherton and Berding, 1998; Fiedler, *et al.* 2001) dan berbagai produk gula (O'Shea, *et al.* 2011). Walaupun begitu *updating* dan koleksi data untuk NIR masih terus dilakukan. Di Afrika Selatan, NIRS mulai dikembangkan sebagai kontrol proses di PG untuk menganalisa nira, tebu cacah dan tetes (Schaffler and De Gaye, 1997) serta untuk analisa secara on-line pada tebu cacah (Schaffler and Meyer, 1996; Schaffler, *et al.* 2003).

Penggunaan NIRS untuk analisa nira dan tebu di Indonesia masih dalam tahap uji coba dan pengembangan. Koleksi data untuk memperkaya bank data NIR sangat diperlukan sehingga bank data NIR meliputi seluruh kondisi tebu individu yang digiling di pabrik gula. Hasil dari koleksi data, kalibrasi dan validasi NIR dapat digunakan untuk analisa pol dan brix nira secara cepat dan akurat sehingga analisa ARI dapat dilakukan dengan cepat.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melakukan pengembangan kalibrasi NIRS yang dapat digunakan untuk analisa %brix dan %pol nira perahan pertama dalam analisa rendemen individu yang cepat dan akurat.

## BAHAN DAN METODE

Bahan yang digunakan dalam penelitian antara lain : nira perahan pertama (NPP) dari gilingan pabrik gula, bahan penjernih FORM A dan FORM B dan kertas saring untuk analisa pol nira. NPP diperoleh dari sistem analisa rendemen individu (ARI) yang merepresentasikan tebu individu dalam satu truk. Alat yang digunakan dalam percobaan ini adalah FOSS – XDS NIR yang dilengkapi software VISION untuk mengolah data, saccharomat, *refractometer*, *beaker glass*, corong gelas, erlenmeyer dan pipet ukur. Penelitian dilaksanakan di PG daerah Kediri, Jawa Timur

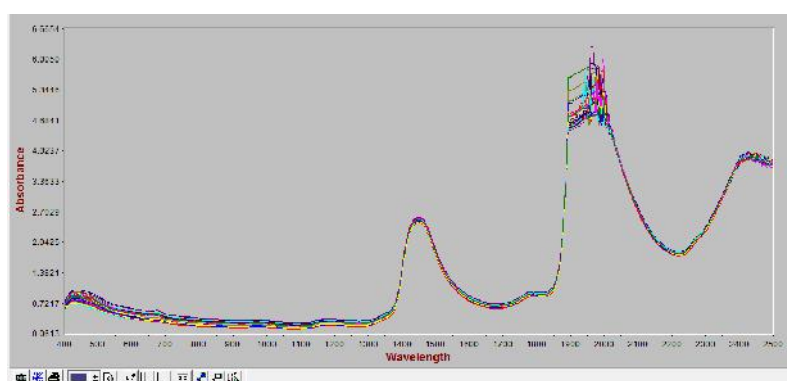
NPP yang diperoleh di analisa %brix dan %pol nya secara konvensional menggunakan alat refraktometer dan sacharomat. Kadar brix diukur menggunakan metode refraktometer dengan cara

meneteskan NPP ke refraktometer lalu terbaca nilai % brix yang kemudian di koreksi dengan suhu dari NPP sehingga diketahui nilai % brix nya. Analisa pol NPP diukur menggunakan saccharimeter, dimana contoh NPP dimasukkan ke dalam labu takar sebanyak 100 ml kemudian ditambahkan bahan penjernih sebanyak 10 ml. Campuran tersebut dikocok-kocok kemudian disaring menggunakan kertas saring merang. Filtrat hasil penyaringan diukur nilai pol baca nya menggunakan sacharomat atau polarimeter. Kadar pol NPP kemudian dihitung menggunakan rumus (pol baca x 0,286) : (berat jenis nira). Berat jenis nira diperoleh dari tabel hubungan brix dengan berat jenis.

Contoh NPP yang sama di analisa menggunakan NIR, dimana pada proses ini tidak menggunakan bahan kimia. NPP yang telah disaring menggunakan saringan kasar dimasukkan ke dalam *kuvet* kemudian di *scan* menggunakan NIRS. Setelah muncul spektrum hasil *scanning*, hasil analisa konvensional di masukkan ke dalam program yang telah terintegrasi dengan peralatan NIRS. Data yang terkumpul diolah menggunakan software VISION yang terinstall di PC. Data tersebut diolah secara statistik menggunakan software dengan memakai persamaan *partial least square* (PLS). Hasil pengolahan data secara otomatis akan menghasilkan angka koefisien determinasi ( $R^2$ ), *standard error calibration* (SEC), *standard error cross validation* (SECV) dan *standard error prediction* (SEP). Selain itu juga dihitung *standard error laboratory* (SEL) dari teknisi yang mengerjakan analisa konvensional. Pengembangan kalibrasi NIRS dapat diterima dengan syarat  $R^2 > 0,95$ ; SEC, SECV, SEP  $\leq 2$  SEL.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

NPP yang diperoleh dari gilingan pertama PG dianalisis % brix dan % pol-nya menggunakan NIR dan metode konvensional. Contoh NPP yang diperoleh di *scan* menggunakan NIR sehingga diperoleh spektrum reflektansi NIR. Spektrum yang diperoleh diolah menggunakan software “vision”, selanjutnya diperoleh spektrum absorbansi (Gambar 1). Contoh NPP yang sama dianalisis menggunakan metode konvensional, selanjutnya hasil analisa % brix dan % pol secara konvensional di *input* kan ke software. Seluruh data yang terakumulasi dilakukan perlakuan statistik, selanjutnya diolah menggunakan metode *partial least square* (PLS).



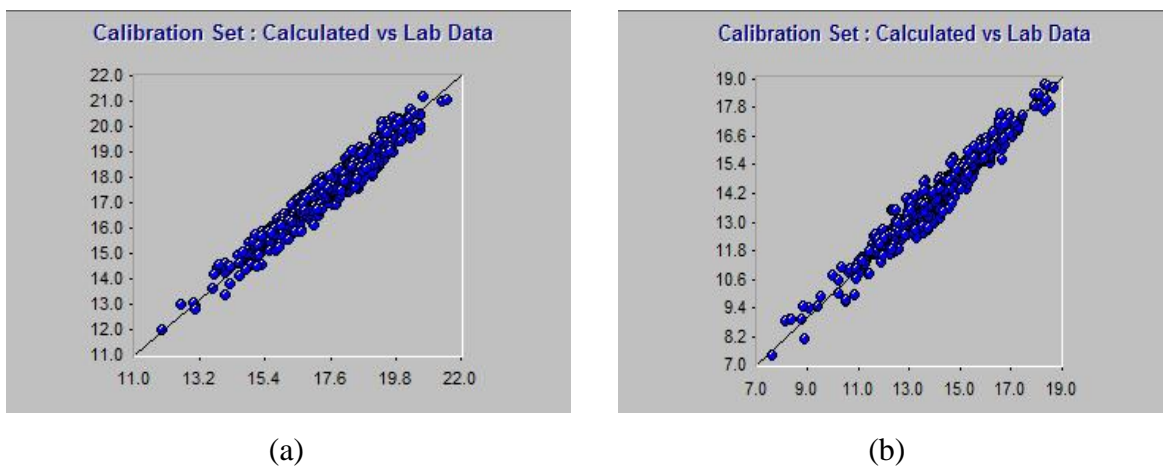
Gambar 1. Spektrum Absorbansi dan Panjang Gelombang contoh NPP

Hasil analisa dari 974 contoh NPP disajikan pada Tabel 1 dan Gambar 2. Dari Tabel 1, nampak bahwa kalibrasi NIR dari 974 contoh menghasilkan koefisien determinasi ( $R^2$ ) untuk % brix dan % pol berturut-turut sebesar 0,9454 dan 0,9569 dengan SEC, SECV, SEP  $\leq 2$  SEL. Apabila digambarkan dalam grafik hubungan antara hasil analisa NIR (y) dengan LAB (x) berhimpitan, gambar 2. Contoh nira yang dianalisa di pabrik beragam mengikuti kualitas tebu

giling. Dengan adanya keragaman kualitas tebu, daerah tanam dan jenis varietas maka data kalibrasi yang diperoleh lebih kaya dan variatif. Dari gambar 2 nampak bahwa hasil analisa % brix dan % pol untuk nilai yang rendah relatif sedikit. Untuk itu masih terdapat potensi untuk pengembangan model kalibrasi dengan menambah data pada kondisi % brix dibawah 13 dan % pol dibawah 11.

Tabel 1. Hasil Kalibrasi NIR untuk analisa % brix dan % pol contoh NPP

Uraian	% brix	% pol
Jumlah contoh	974	974
Jumlah Data Untuk Kalibrasi		
- Jumlah data outlier	17	12
- Jumlah data regresi	863	868
Jumlah data untuk prediksi	94	94
Koefisien Determinasi ( $R^2$ )	<b>0,9454</b>	<b>0,9569</b>
Standar Error Calibration (SEC)	0,3324	0,3314
Standar Error Calibration Validadtion (SECV)	0,3420	0,3518
Standar Error Prediction (SEP)	0,3455	0,4232
Standar Error Laboratorium (SEP)	0,33	0,52



Gambar 2. Grafik kalibrasi data NIR (y) dengan LAB (x) untuk (a) % brix dan (b) % pol untuk contoh NPP

Kalibrasi NIR dari 974 contoh menunjukkan hasil yang bagus. Untuk memperkaya data ke depan diperlukan jumlah contoh yang mencakup area lebih luas dan varietas yang lebih beragam. Semakin banyak data yang dikumpulkan akan membantu dalam membangun model kalibrasi yang valid. Di Australia pengembangan kalibrasi menggunakan NIRS masih terus dilakukan dan di *update* tiap tahunnya.

Teknologi NIRS telah digunakan di Kolombia dan Brazil (Valderrama, *et al.* 2007) untuk analisa kualitas tebu. Analisa brix dan pol menghasilkan data yang berkolerasi hingga 0,99 dengan analisa konvensional. Johnson (2000) melakukan analisa nira tebu menggunakan NIRS, dimana kalibrasi untuk brix nira menghasilkan angka koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 0,966 sedangkan untuk pol sebesar 0,958. Penggunaan NIR untuk analisa dapat menekan biaya terutama pengurangan tenaga kerja, selain itu hasilnya tidak berbeda nyata dengan analisa konvensional (Westmoreland, *et al.*2005). Di Indonesia teknologi NIRS

telah banyak digunakan untuk industri fermentasi, farmasi dan pakan ternak. Untuk industri gula sendiri pada awal tahun 2010, NIRS mulai diperkenalkan dan mempunyai prospek untuk diaplikasikan.

Kalibrasi NIRS yang diperoleh di ujikan pada contoh NPP *independen* untuk mengetahui keakuratannya. Kemudian hasil analisa %brix dan %pol contoh *independen* antara metode NIRS dan konvensional dibandingkan. Hasil pengujian kalibrasi NIRS terhadap 80 buah contoh NPP disajikan pada Tabel 2 dan Gambar 3.

Hasil pengujian kalibrasi NIRS terhadap 80 buah contoh NPP signifikan menghasilkan rerata %brix dan %pol metode NIR (17,77 dan 14,07 %), sedangkan metode konvensional (17,70 dan 14,08 %). Dari analisa %brix dan %pol dapat dihitung rendemen dengan menggunakan FR 0,68, maka rerata nilai rendemen untuk metode NIR (8,56%) dan metode konvensional (8,59%).

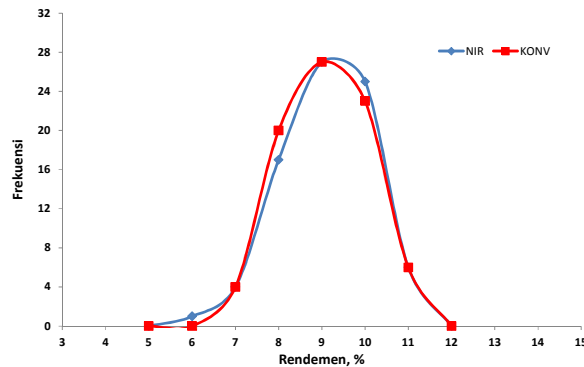
Apabila digambarkan dalam frekuensi kemunculan nilai rendemen tiap metode, gambar 3, maka frekuensi kemunculan rendemen antara metode NIRS dan metode konvensional relatif sama, dimana kurva nya berimpit. Hasil ini menunjukkan bahwa metode NIRS berpotensi untuk diterapkan dalam perhitungan rendemen tebu individu. NIRS dapat diaplikasikan untuk substitusi analisa %brix dan %pol NPP, kemudian dari analisa tersebut dapat dihitung nilai  $NNPP_{individu}$  dan  $Rendemen_{individu}$ . Untuk mempercepat proses perhitungan, NIRS dapat di integrasikan dengan pemrograman komputer sehingga nilai  $Rendemen_{individu}$  dapat dihitung secara otomatis.

Tabel 3. Nilai Signifikansi perhitungan rendemen menggunakan metode NIR dan konvensional

Uraian	Kualitas Tebu			Rendemen
	%brix	%pol	%NNPP	%
n *)	80	80	80	80
<b>Metode NIR</b>				
Rerata, %	17,77	14,07	12,59	<b>8,56</b>
Minimal, %	15,19	10,40	8,30	5,64
Maksimal, %	20,89	17,10	15,58	10,06
Std Deviasi, %	1,27	1,40	1,53	1,04
<b>Metode Konvensional</b>				
Rerata, %	17,70	14,08	12,63	<b>8,59</b>
Minimal, %	15,24	10,79	9,02	6,13
Maksimal, %	20,83	17,05	15,55	10,57
Std Deviasi, %	1,35	1,32	1,42	0,96

Catatan : \*) n = banyaknya data untuk nomer contoh individu berpasangan (NIR dan LAB)  
 NNPP = %pol - 0,4 (%brix - %pol)  
 Rendemen = NNNPP x 0,68

Metode NIR yang dikombinasikan dengan pemrograman komputer hanya membutuhkan waktu sekitar 40 sampai 60 detik hingga keluar angka rendemen individu. Dibandingkan dengan metode konvensional yang membutuhkan waktu 4 – 5 menit maka akan diperoleh penghematan waktu analisa yang signifikan. Di Afrika Selatan penggunaan NIR sebagai substitusi analisa konvensional dapat menekan biaya analisa di laboratorium dan mempercepat waktu analisa hingga 80 % (Simpson and Naido, 2010). Dalam masa datang analisa rendemen individu menggunakan NIRS dapat dikombinasikan dengan *core sampler*. Kombinasi antara *sampling* yang akurat, analisa yang cepat dan perhitungan rendemen individu yang sebenarnya diharapkan dapat membangun kepercayaan petani terhadap PG. Selanjutnya petani mengirim tebu berkualitas bagus sehingga meningkatkan rendemen dan produksi gula nasional.



Gambar 3. Frekuensi kemunculan nilai rendemen menggunakan metode NIRS dan konvensional

## KESIMPULAN

Metode NIRS dapat digunakan sebagai substitusi metode konvensional untuk analisa %brix dan %pol NPP. Pengembangan kalibrasi metode NIR dari 974 contoh NPP menghasilkan koefisien determinasi ( $R^2$ ) untuk %brix dan %pol berturut-turut 0,9454 dan 0,9569 dengan syarat SEC, SECV dan SEP 2 SEL terpenuhi. Model regresi yang diperoleh diujikan pada 80 contoh NPP, menghasilkan nilai rerata %brix dan %pol metode NIR (17,77% dan 14,07%) tidak berbeda dengan metode konvensional (17,70% dan 14,08%). Demikian juga perhitungan rendemen dari hasil analisa menggunakan metode NIR (8,56%) tidak berbeda dengan metode konvensional (8,59%). Penggunaan metode NIR di PG mempunyai prospek yang bagus. Keuntungan dari metode NIR untuk analisa adalah berkurangnya penggunaan bahan kimia dan waktu analisa dapat dipersingkat. Untuk keakuratan model kalibrasi, maka diperlukan *update* data dengan keragaman varietas dan daerah budidaya tebu.

## DAFTAR PUSTAKA

- Blanco, M and I. Villaroya. 2002. *NIR spectroscopy: a rapid-response analytical tool*. Trends in Analytical Chemistry Vol 21 No 4 : 240 – 250.
- Brotherton, G.A., dan Berding, N. 1998. *At-line analysis of milled prepared cane using near infra-red spectroscopy*. Proc. Aust Soc Sugar Cane Technol, 20, 34
- Clarke, M.A., Edye, L.A., Patout, S. 1995. *Sugarcane Crop Analysis by NIR*. Sugar Y Azucar, 90, 11 : 33-37
- Edye, LA and Clarke, MA. 1996. *Sugar Cane Quality Analyses By Near Infrared spectroscopy*. Proceeding of South Africa Sugar Technologist Association. : 127-130
- Fiedler, F.M., Edye, L.A., dan Watson, L.J. 2001. *The Application of Discriminant Analysis to On-Line Near Infrared Spectroscopy of Prepared Sugar Cane*. Proceeding Australia Society of Sugar Cane Technologists. Vol 23 : 317-321
- Johnson, T.P. 2000. *Cane Juice Analysis by Near Infrared (NIR) to Determine Grower Payment*. SPRI Annual Meeting : 9-12

Risvan Kuswujanto dan Triantarti: Analisis Rendemen Individu Menggunakan Near Infrared Spectroscopy (Nirs)...

- Madsen, L.R., White, B.E., dan Rein, P.W. 2003. *Evaluation of A Near Infrared Spectrometer For The Direct Analysis of Sugar Cane*. Journal of American Society of Sugar Cane Technologists, Vol 23 : 80-92.
- Nawi, N.M., Jensen, T., dan Chen, G. 2012. *The Application of Spectroscopic Methods to Predict Sugarcane Quality Based in Stalk Cross-Sectional Scanning*. Journal American Society of Sugar Cane Technologists, Vol. 32 : 16 – 27
- O'Shea, M.G., S.P.Staunton, D. Donald and J. Simpson. 2011. *Developing Laboratory Near Infra-Red (NIR) Instruments for The Analysis of Sugar Factory Products*. Proceeding Australia Sugar Cane Technologists Vol 33 :1 – 8
- Pasquini, C. 2003. *Near Infrared Spectroscopy: Fundamentals, Practical Aspects and Analytical Applications*. Journal of Brazilian Chemical Society Vol 14 No 2 :198 – 219.
- Schaffler, K.J. and Meyer, J.H. 1996. *Near Infrared Analysis of Shredded Cane : A Potential Replacement for The Direct Analysis of Cane*. Proc. S Afr Sug Technol Ass, 70 : 131 – 139
- Schaffler, K.J and De Gaye, MTD. 1997. *Rapid Near Infra Red Estimation of Multicomponents in Mixed Juice and Final Molasses : The Possibility of Day to Day Control of Raw Sugar Factories Using NIR*. Proc South Africa Sugar Technologists Association, 71 : 153 – 160
- Schaffler, K.J., Loubser,R.C. and Bamber, T. 2003. *On-Line Analysis of Quality Parameters in Consignments of Shredded Cane By Near Infrared Spectroscopy (NIR)*. Proc. S Afr Sug Technol Ass, 77 : 51-62
- Simpson, R and Y. Naidoo. 2010. *Progress in Improving Laboratory Efficiencies Using Near Infrared Spectroscopy (NIRS)*. Proceeding International Society of Sugar Cane Technologists Vol 27 : 1 – 9.
- Valderrama, P., J.W.B. Braga and R.J. Poppi. 2007. *Validation of Multivariate Calibration Models in the Determination of Sugar Cane Quality Parameters by Near Infrared Spectroscopy*. Journal of Brazilian Chemistry Society, Vol 18, No 2 : 259 – 266.
- Westmoreland, A.H., G.M. Peatey and R.C. Payne. 2005. *Implementation of NIR Based Cane Analysis System at Maryborough Sugar Factory Limited*. Proceeding Australia Society of Sugarcane Technologists Association, Vol 27 : 378-386