

## TEKNOLOGI PENGOLAHAN GULA COKLAT CAIR NIRA SIWALAN (*Borassus flabellifer* L.)

[Brown Sugar Syrup Processing from Siwalan Palm Saps (*Borassus flabellifer* L.)]

Nurud Diniyah<sup>1)\*</sup>, Simon Bambang Wijanarko<sup>2)</sup>, dan Hari Purnomo<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember, Jember

<sup>2)</sup> Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya Malang, Malang

<sup>3)</sup> Fakultas Peternakan, Universitas Brawijaya Malang, Malang

Diterima 15 Februari 2010 / Disetujui 11 April 2012

### ABSTRACT

The aims of this research were to find out the effect of different levels of Brix degree in vacuum method to the sugar products and to compare the vacuum evaporation with traditional method (open pan) to the quality of Siwalan sugar products. Randomized Completed Design was used in the first phase of experiment with different levels of Brix content (i.e. 60, 65, 70 and 75°Brix), as single factor and each treatment was replicated 6 times. In the second phase of experiment, t-test was used to compare the different methods of cooking techniques, vacuum evaporation and traditional method and each treatment was replicated 10 times. The results showed that in the first phase, 75°Brix was observed as the optimum product and characterised by 34.55 of brightness ( $L^*$ ), 8.83 of redness ( $a^*$ ), 22.35 of yellowness ( $b^*$ ), 6.63 of pH,  $6.99 \times 10^3$  cP of viscosity, 7.73% of reducing sugar, and organoleptic scoring were 107 for viscosity, 108 for colour, 110 for taste, 98 for aroma. At the second stage, it can be concluded that Siwalan sugar product produced using vacuum method gave a better quality compound to the traditional one (open pan).

**Key words:** *borassus flabellifer*, sugar, vacuum, open pan

### PENDAHULUAN

Penelitian tentang gula bersum berbahan baku nira siwalan belum banyak dilakukan dan yang telah dilakukan hanya sebatas pemanfaatan nira siwalan untuk produk minuman (legen) (Nuraini dan Rosidi, 1989) dan pola sukses imikroflora alami fermentasi nira siwalan (Ristiarini *et al.*, 2001). Penelitian gula cair yang telah dilakukan yaitu pembuatan gula merah cair dari nira kelapa dengan pengaturan waktu pemasakan vakum (Sudarmawan, 2002).

Gula merah hasil pengolahan secara konvensional berbentuk padat dan cukup keras yang mengharuskan pengguna untuk mengiris dan melarutkannya terlebih dahulu sebelum digunakan. Budaya industri rakyat gula Aren, Kelapa, Siwalan dan Tebu, yang selalu dikemas dalam bentuk cetakan menjadi gula batok, gula kotak, dan gula batu menjadi tidak efisien, sebab pada saat gula sudah sampai di dapur, akan diiris-iris lagi kemudian dicairkan kembali dan baru disajikan bersama olahan panganan lainnya. Hal ini dinilai sebagai budaya yang hanya buang-buang energi dan tidak efisien bagi konsumen sekaligus bagi perajin gula tradisional. Bentuk cair dengan kekentalan tertentu bagi para perajin atau produsen akan dapat mengurangi biaya bahan bakar dan mengurangi tenaga untuk mencetak menjadi tidak ada lagi. Pengolahan untuk menjadi cair tentu memerlukan waktu memasak yang lebih pendek, dengan demikian nira tidak terlalu lama di ekspose dalam kondisi panas dibandingkan bila nira akan dicetak menjadi gula padat atau gula semut. Pembuatan gula cair siwalan menggunakan metode vakum akan mempersingkat proses

pemasakan gula secara tradisional yang memerlukan waktu cukup lama.

Permasalahan di atas dijadikan alasan sebagai upaya peningkatan kualitas gula coklat cair (GCC) sehingga perlu dilakukan penelitian pengaturan derajat Brix GCC dengan metode vakum dan untuk mempersingkat waktu pemasakan perlu dilakukan penelitian perbandingan metode pemasakan GCC vakum dengan metode pemasakan tradisional.

### METODOLOGI

#### Bahan dan alat

Nira siwalan diperoleh dari desa Ngelom, Kecamatan Bancar, Kabupaten Tuban dengan ditambahkan 0,02% Nabenzoat sebagai bahan pengawet saat penyadapan sore hari. Penyadapan nira dari petani, ditampung dalam botol plastik (1,5 L yang didalamnya sudah ditambahkan bahan pengawet Nabenzoat 0,02%), disaring, dimasak sampai mendidih selama 5 menit, didinginkan, dimasukkan dalam jerigen 5 L, dibawa dari petani ke laboratorium dan dilanjutkan pemasakan sesuai perlakuan. Bahan kimia yang digunakan untuk analisa kategori Pro Analysis (PA) dengan merk dagang Merck (Jerman). Penelitian terdiri atas dua tahap yaitu mengatur derajat Brix (60, 65, 70 dan 75°Brix) dengan metode vakum dan membandingkan metode pemasakan vakum dengan pemasakan secara tradisional.

Peralatan untuk analisa terdiri atas *hand refractometer* (portable Refractometer Toto PR-F), pH meter (Lutron YK-2001, Jerman), *color reader* (Minolta CR 1 Jepang), *spectrofotometer* UV-2100, *autoclave* (tipe HL 36 AE), termometer, oven (WTB

\*Korespondensi Penulis :

Email : mamorusan\_82@yahoo.com; Hp: 085259362305

Binder), timbangan digital (XP-1500, Jerman) dan HPLC model System Gold (Beckman).

**Metode**

Rancangan penelitian untuk menentukan perlakuan terbaik dengan metode vakum adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktor tunggal yaitu pengaturan derajat Brix gula (60°, 65°, 70° dan 75°Brix), dilakukan 6 kali ulangan sedangkan analisa yang dilakukan berturut-turut meliputi intensitas warna, pH dan viskositas (Yuwono dan Susanto, 1998), gula pereduksi (Sudarmadji et al., 1997), serta uji inderawi (warna, rasa, aroma dan kekentalan) menggunakan uji raking untuk membedakan sampel dengan karakteristik yang telah ditetapkan dan dilakukan oleh panelis (Lawless dan Barbara, 1991).

Pada penelitian tahap ini, nira siwalan dimasak dengan derajat Brix yang diatur dan dengan alat pemasakan vakum pada suhu 65°C, tekanan 150 mBar dan sirup GCC dianalisa. Data hasil analisa diuji secara statistik dengan metode ANOVA dan uji lanjut BNT (Beda Nyata Terkecil) selang kepercayaan 5%. Penentuan perlakuan terbaik menggunakan metode indeks efektifitas (De Garmo et al., 1984) dengan prinsip penentuan parameter pengamatan sesuai prioritas yang kemudian ditentukan bobotnya, menentukan nilai terjelek (Ntj), nilai terbaik (Ntb), dan nilai perlakuan (Np) sehingga dapat dihitung nilai efektifitasnya dengan persamaan  $NE = (Np - Ntj) / (Ntb - Ntj)$ .

Pada penelitian selanjutnya, pemasakan nira dengan tahap metode vakum menggunakan alat pemasakan vakum pada suhu 65°C, tekanan 150 mBar sampai mencapai derajat Brix terbaik (75°Brix) dibandingkan dengan pembuatan GCC dengan pemasakan secara tradisional dan diulang 10 kali.

Pembuatan GCC dengan pemasakan tradisional dilakukan pada suhu 100-110°C selama ±3,5 jam, dan selama pemasakan dilakukan pengadukan, buih dan kotoran selama nira mendidih dihilangkan dengan menggunakan serok, pemasakan dilanjutkan sampai nira menjadi kental (75°Brix) dan berwarna coklat kemerahan. Sirup GCC yang diperoleh dari dua metode pemasakan yang berbeda dianalisa pH, intensitas warna dan viskositasnya (Yuwono dan Susanto, 1998) serta gula pereduksi (Sudarmadji et al., 1997). Data hasil analisa diuji statistik yaitu penentuan uji t. Uji t digunakan untuk melakukan pengujian hipotesis terhadap 2 sampel. Hasil terbaik pada tahap II dilakukan uji komponen gula dengan HPLC (Suhardi, 1993) dan analisa deskriptif.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Intensitas warna gula coklat cair (GCC) siwalan**

Hasil yang didapatkan pada tahap I untuk pengukuran intensitas warna yang meliputi rerata derajat kecerahan (L\*), kemerahan (a\*) dan kekuningan (b\*) (Tabel 1) GCC siwalan berturut-turut 34,55-35,23; 7,12-8,83 dan 18,63-22,35. Warna GCC siwalan cenderung ke arah kuning kecoklatan dan coklat disebabkan oleh proses pemanasan yang merupakan faktor terbentuknya reaksi pencoklatan *non enzymatic* yaitu reaksi *maillard* dan karamelisasi. Bozkurt et al. (1999) menyatakan bahwa karamelisasi terjadi karena perubahan komposisi gula

pada suhu tinggi, sedangkan reaksi *maillard* terjadi antara asam amino dan gula pereduksi.

Tabel 1. Intensitas warna nira GCC siwalan pada perlakuan pengaturan °Brix

Derajat Brix	Intensitas Warna Nira GCC Siwalan		
	Derajat Kecerahan (L*)	Derajat Kemerahan (a*)	Derajat Kekuningan (b*)
60	35,23 <sup>b</sup>	7,12 <sup>a</sup>	18,63 <sup>a</sup>
65	34,93 <sup>b</sup>	7,52 <sup>b</sup>	20,79 <sup>b</sup>
70	34,57 <sup>a</sup>	8,05 <sup>c</sup>	21,22 <sup>c</sup>
75	34,55 <sup>a</sup>	8,83 <sup>d</sup>	22,35 <sup>d</sup>

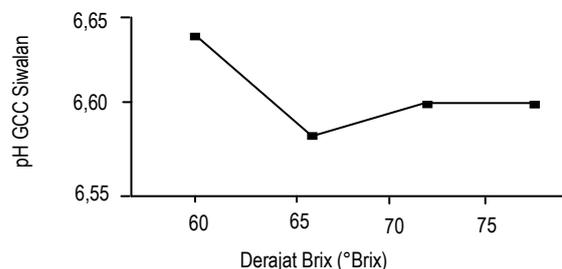
Keterangan: angka rerata yang diikuti dengan huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada  $p \leq 0,05$

Peningkatan °Brix GCC siwalan menunjukkan kecerahan semakin turun sebaliknya, dengan semakin meningkatnya °Brix GCC siwalan maka semakin meningkatkan kemerahan demikian pula kekuningannya. GCC siwalan pada 75°Brix menunjukkan tingkat kemerahan dan kekuningan yang tinggi dibandingkan dengan GCC siwalan pada °Brix lainnya.

Peningkatan °Brix GCC dari 60 hingga 75 dibutuhkan waktu yang lebih lama. Semakin lama waktu pemanasan GCC siwalan akan mempengaruhi warna dari GCC siwalan. Warna coklat GCC siwalan cenderung meningkat seiring meningkatnya °Brix dan peningkatan warna ke arah coklat ini dikehendaki. Bozkurt et al. (1999) menyatakan bahwa karamelisasi terjadi melalui perubahan komposisi gula dalam suhu tinggi, sedangkan reaksi *maillard* terjadi antara asam amino dan gula pereduksi. Kedua reaksi ini mengakibatkan perubahan warna, *odour*, *flavour* dan diikuti dengan terbentuknya produk pertengahan, 5-hidroksi metil furfural (HMF) dan produk akhir terbentuk pigmen coklat/*Brown pigment formation* (BPF).

**pH**

Rerata pH GCC siwalan berkisar 6,58-6,63 (Gambar 1). Perlakuan pengaturan °Brix tidak memberikan pengaruh nyata terhadap pH GCC siwalan. pH GCC siwalan lebih bersifat netral yaitu 6,63. Perlakuan pengaturan °Brix diduga tidak memberikan sumbangan ion H<sup>+</sup> atau pengaruh reaksi kimia karena pengaturan °Brix hanya bersifat fisik yaitu pemekatan atau penguapan air dari larutan gula saja.

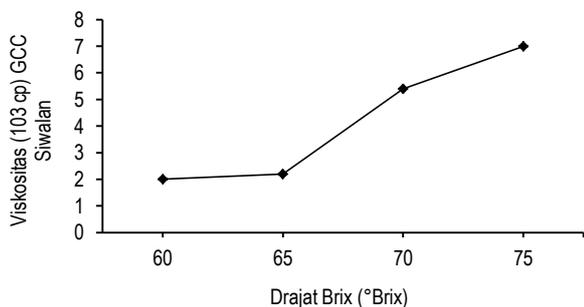


Gambar 1. pH GCC siwalan hasil perlakuan pengaturan °Brix

**Viskositas**

Rerata viskositas GCC siwalan berkisar 1,94-6,99 x 10<sup>3</sup> centipoise (Gambar 2). Perlakuan 75°Brix dari GCC siwalan mempunyai viskositas tertinggi dengan nilai 6,99 x 10<sup>3</sup> centipoise sedangkan pada perlakuan 60°Brix mempunyai viskositas terendah yaitu 1,94 x 10<sup>3</sup> CP. Makin lama waktu

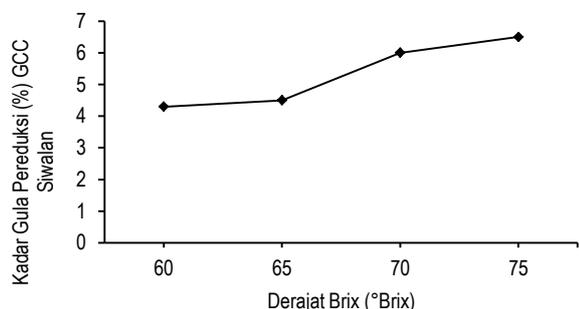
penguapan menyebabkan peningkatan viskositas. Hal ini disebabkan karena air yang menguap semakin banyak dan total padatan semakin meningkat sehingga viskositas GCC siwalan juga semakin meningkat.



Gambar 2. Viskositas GCC siwalan hasil perlakuan pengaturan °Brix

### Kadar gula pereduksi

Rerata kadar gula pereduksi GCC siwalan berkisar antara 4,33-7,73 (%) (Gambar 3). Kadar gula pereduksi GCC siwalan tertinggi didapatkan dari perlakuan pengaturan 75°Brix dengan nilai 7,73%, sedangkan kadar gula pereduksi terendah didapatkan dari perlakuan pengaturan 60°Brix dengan nilai terendahnya 4,33%. Makin tinggi °Brix maka kadar gula pereduksi GCC siwalan makin naik. Kadar gula pereduksi GCC siwalan menandakan bahwa telah terjadi hidrolisa sukrosa dalam GCC siwalan menjadi gula-gula pereduksi. Goutara dan Wijandi (1975) menyatakan bahwa pemanasan menyebabkan hidrolisis sukrosa menjadi gula invert.



Gambar 3. Gula pereduksi GCC Siwalan hasil perlakuan pengaturan °Brix

### Nilai inderawi

Hasil uji inderawi menunjukkan bahwa total ranking kesukaan panelis terhadap warna, rasa, aroma dan kekentalan GCC siwalan akibat perlakuan pengaturan °Brix berturut-turut 83-105; 97-110; 91-98 dan 69-107 (Tabel 2).

Total ranking kesukaan panelis terhadap warna, rasa dan kekentalan GCC siwalan meningkat seiring dengan semakin meningkatnya °Brix. Aroma GCC siwalan tidak menunjukkan adanya perbedaan nyata secara statistik. Rasa GCC siwalan meningkat dengan meningkatnya °Brix. Hal ini disebabkan karena dengan semakin meningkatnya °Brix maka air sebagai pelarut berkurang, sehingga kandungan gula lebih pekat. Makin naiknya °Brix maka kekentalan GCC siwalan makin meningkat, karena air sebagai pelarut mengalami penguapan sehingga dengan makin naik °Brix maka total padatan meningkat dan

kekentalan GCC siwalan meningkat pula. Aroma GCC dihasilkan oleh keberadaan komponen volatil. Hal ini didukung oleh penelitian Ho *et al.* (2006) menyatakan bahwa komponen volatil utama gula nira adalah 5-methyl-6,7-dihydro-5H-cyclopenta pyrazine dan 4-hydroxy-2,5-dimethyl-3(2H) furanone, dan sekaligus bertanggung jawab terhadap aroma panggang dan manisnya karamel.

Tabel 2. Total ranking kesukaan panelis terhadap GCC siwalan hasil perlakuan pengaturan °Brix

Derajat Brix	Total Ranking			
	Warna	Rasa	Kekentalan	Aroma
60	83 <sup>a</sup>	97 <sup>a</sup>	69 <sup>a</sup>	97 <sup>a</sup>
65	92 <sup>b</sup>	97 <sup>a</sup>	69 <sup>a</sup>	91 <sup>a</sup>
70	101 <sup>c</sup>	108 <sup>b</sup>	88 <sup>b</sup>	96 <sup>a</sup>
75	105 <sup>c</sup>	110 <sup>b</sup>	107 <sup>c</sup>	98 <sup>a</sup>

Keterangan: Data merupakan rerata 20 panelis dengan uji Friedman (Ri-Rj) 8,7654; Nilai yang didampingi dengan notasi huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata

### Perlakuan terbaik dengan metode vakum

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa perlakuan terbaik pada tahap I (perlakuan terbaik dengan metode vakum) untuk parameter fisikokimia dan inderawi adalah GCC siwalan perlakuan 75°Brix (Tabel 3) dengan karakteristik sebagai berikut: intensitas kecerahan (L\*), kemerahan (a\*) dan kekuningan (b\*) adalah 34,55; 8,83; dan 22,35; pH 6,63; viskositas 6,99 x 10<sup>3</sup> cp; gula reduksi 7,73%; total rangking warna, rasa, aroma dan kekentalan berturut-turut 105; 110; 98 dan 107.

Tabel 3. Penilaian terbaik terhadap parameter fisik-kimia dan inderawi GCC Siwalan

Derajat Brix	Nilai Produk	
	Fisik dan Kimia	Inderawi
60	0,53	0,16
65	0,30	0,09
70	0,46	0,73
75	0,55*	1,00*

Keterangan : \* = Perlakuan terbaik

Pemilihan perlakuan terbaik GCC siwalan dilakukan menggunakan metode indeks efektifitas dengan melihat parameter fisik, kimia dan inderawi. Perlakuan terbaik dipilih dari nilai produk yang tertinggi sehingga pada tabel 3 terlihat bahwa perlakuan pengaturan 75°Brix memiliki nilai produk tertinggi dibandingkan dengan perlakuan yang lainnya.

### Sifat fisiko kimia GCC siwalan dengan pengolahan vakum dan tradisional

Uji perbandingan pemasakan GCC siwalan menggunakan metode vakum dan tradisional. Perlakuan terbaik tahap I (perlakuan terbaik dengan metode vakum) didapatkan dari GCC siwalan dengan penguapan metode vakum (75°Brix) yang selanjutnya dibandingkan dengan GCC siwalan penguapan metode tradisional (75°Brix). Hasil perbandingan GCC siwalan 75°Brix metode vakum dengan tradisional ditunjukkan pada Tabel 4.

GCC siwalan yang dimasak dalam kondisi vakum memiliki pH yang lebih tinggi karena kerusakan gula oleh pemasakan dapat dikurangi. Kerusakan gula akibat pemanasan suhu tinggi akan dihasilkan gula-gula invert yang dihitung sebagai gula pereduksi (gula asam) sehingga pada pemasakan secara tradisional pH-nya lebih rendah dibandingkan pada pemasakan vakum. Suhu dan tekanan yang digunakan pada pemasakan vakum adalah lebih rendah (65°C, 150 mBar) jika dibandingkan dengan metode pemasakan tradisional (110°C, 1 atm) sehingga kerusakan gula akibat oksidasi dapat ditekan seminimal mungkin.

Tabel 4. Perbandingan rerata parameter fisikokimia GCC siwalan metode vakum dan tradisional

Parameter	Nilai		Notasi
	Metode Vakum	Metode Tradisional	
pH	6,63	6,22	*
Intensitas Kecerahan (L*)	34,55	23,52	*
Intensitas Kemerahan (a*)	8,83	4,59	*
Intensitas Kekuningan (b*)	22,35	10,49	*
Viskositas x 10 <sup>3</sup> CP	6,99	7,07	tn
Gula pereduksi (%)	7,73	8,31	*
Total padatan terlarut (°Brix)	76,7	77,4	tn

Keterangan : \* = berbeda nyata (p ≤ 0,05); tn = tidak berbeda nyata

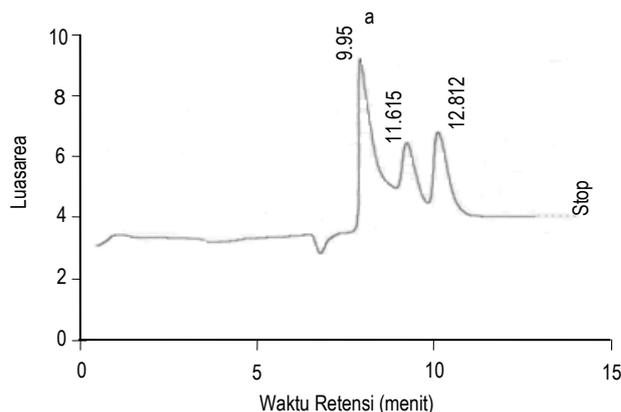
Intensitas kecerahan (L\*), kemerahan (a\*) dan kekuningan (b\*) GCC siwalan metode vakum berbeda nyata (p ≤ 0,05) dengan GCC siwalan metode tradisional. GCC siwalan metode vakum lebih cerah daripada GCC siwalan metode tradisional. Ini disebabkan karena terjadi reaksi pencoklatan non enzimatis (Bozkurt *et al.*, 1999) yang menghasilkan pigmen berwarna coklat akibat pengaruh suhu yang lebih tinggi pada pemasakan tradisional.

Gula pereduksi dari GCC siwalan metode vakum lebih rendah daripada metode tradisional. Ini disebabkan karena suhu dan tekanan yang digunakan dalam pemasakan metode vakum lebih rendah yaitu pada suhu 65°C dan tekanan 150 mBar dibandingkan dengan metode tradisional pada suhu 110°C dan tekanan 1 atm. Makin rendah suhu pemasakan maka diyakini dapat mengurangi inversi gula. De Man (1997) melaporkan bahwa kecepatan inversi dapat dipengaruhi oleh suhu, sedangkan Goutara dan Wijandi (1975) menyatakan bahwa inversi sukrosa akan meningkat dengan meningkatnya suhu.

Viskositas GCC siwalan hasil pemasakan metode vakum dan tradisional tidak berbeda. Hal ini disebabkan karena °Brix antara kedua GCC siwalan dari metode pemasakan yang berbeda juga tidak berbeda nyata yaitu 76,7°Brix (GCC siwalan metode vakum) dan 77,4°Brix (GCC siwalan metode tradisional). Waktu yang dibutuhkan untuk memasak GCC siwalan metode tradisional (77,4°Brix) lebih lama yaitu 3,5 jam daripada waktu yang dibutuhkan untuk memasak dengan metode vakum yaitu 1 jam pada °Brix yang hampir sama dengan GCC siwalan metode vakum (76,7°Brix).

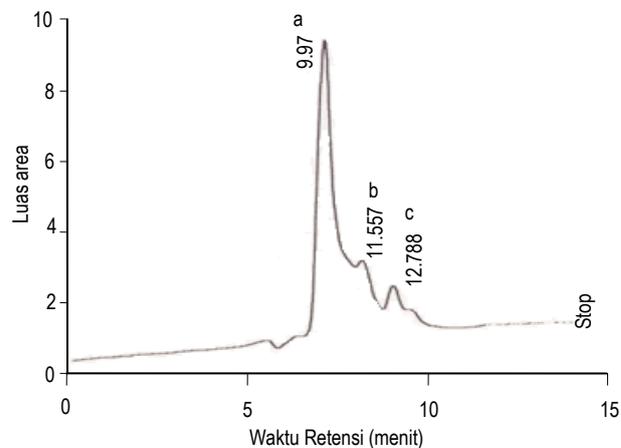
### Komponen gula GCC siwalan

Hasil pemisahan komponen gula pada GCC siwalan dari perlakuan terbaik yaitu sampel dengan derajat Brix 75 dan dimasak dengan metode vakum pada suhu 65°C dan tekanan 150 mBar dilakukan dengan HPLC. Penentuan waktu retensi sukrosa, glukosa dan fruktosa dengan cara menginjeksikan 20 µL sukrosa, glukosa dan fruktosa standar ke dalam HPLC. Kromatogram yang terbentuk seperti disajikan pada Gambar 4.



Keterangan: a. Sukrosa (9,95 menit); b. Glukosa (11,62 menit); c. Fruktosa (12,81 menit)

Gambar 4. Kromatogram standar komponen gula (sukrosa, glukosa dan fruktosa)



Keterangan: a. Sukrosa 53,24% (9,97 menit); b. Glukosa 5,41% (11,56 menit); c. Fruktosa 2,65% (12,79 menit)

Gambar 5. Kromatogram komponen gula dalam GCC siwalan perlakuan pengaturan 75°Brix dengan metode vakum (sukrosa, glukosa dan fruktosa)

Hasil kromatogram standar menunjukkan bahwa waktu retensi berturut-turut untuk sukrosa 9,95 menit, glukosa 11,62 menit dan fruktosa 12,81 menit. Waktu retensi standar ini selanjutnya dijadikan dasar dalam penentuan kromatogram sampel GCC siwalan terbaik yaitu sampel dengan °Brix 75 dan dimasak dengan metode vakum pada suhu 65°C dan tekanan

150 mBar. Analisa komponen gula dari GCC siwalan dengan HPLC (Gambar 5) diperoleh hasil bahwa komponen gula dalam GCC siwalan berturut-turut sukrosa dengan waktu retensi 9,97 menit, glukosa 11,56 menit dan fruktosa 12,79 menit.

Kandungan gula pada GCC siwalan dari perlakuan terbaik yaitu dari pengaturan 75°Brix dilakukan dengan metode vakum didapatkan sukrosa 53,24; glukosa 5,41 dan fruktosa 2,65%. Purnomo dan Suryoseputro (2001) melaporkan bahwa terdapat 50% sukrosa sebagai komponen utama dan gula pereduksi (glukosa dan fruktosa) berkisar 0,22-11,91% untuk nira kelapa.

## KESIMPULAN DAN SARAN

Perlakuan metode pemasakan vakum dihasilkan GCC siwalan yang lebih baik daripada GCC siwalan dari metode *open pan*. Gula perlakuan 75°Brix dengan pemasakan vakum pada suhu 65°C dan tekanan 150 mBar merupakan hasil terbaik dan menghasilkan gula yang memiliki karakteristik sebagai berikut, intensitas kecerahan ( $L^*$ ) 34,55; intensitas kemerahan ( $a^*$ ) 8,83; intensitas kekuningan ( $b^*$ ) 22,35; pH 6,60; viskositas  $6,99 \times 10^3$  cP; dan kadar gula pereduksi 7,23%. Sebagai saran perlu dilakukan penelitian pengaruh metode pemasakan terhadap komponen volatil nira dan GCC siwalan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bozkurt, Gogus HF, Eren S. 1999. Non-enzymatic brown ingreaction in boiled grape juice and its models during storage. *J Food Chem* 64:89-93.
- De Garmo EP, Sullivan WG, Canada CR. 1984. *Engineering Economy*. 7<sup>th</sup> Ed Mc Millan Pub. New York.
- de Man JH. 1997. *Kimia Pangan*. Penerbit ITB. Bandung.
- Goutara, Wijandi S. 1975. *Dasar Pengolahan Gula*. Departemen Teknologi Hasil Pertanian. Fatemata. IPB. Bogor.
- Ho CW, Wan Aida WM, Maskat MY, Osman H. 2006. Changes in volatile compounds of palm sap (*Arenga pinnata*) during the heating process for production of palm sugar. *JFood Chem* 102: 1156-1162.
- Lawless HT, Barbara PK. 1991. *Sensory Science Theory and Applications in Foods*. Marcel Dekker. New York.
- Nuraini D, Rosidi B. 1989. *Pemanfaatan Nira Lontar untuk Bahan Baku Minuman*. Balai Penelitian dan Pengembangan Industri Hasil Pertanian. Bogor.
- Purnomo H, Suryoseputro S. 2001. Traditional coconut sugar production in Indonesia. A comparative study on the technology and physico-chemical properties of coconut cugar from four villages in east Java and Bali. The 11<sup>th</sup> Biennial International Congress of Asian Regional Association for Home Economics (ARAHE). Taipei July 17-20:1-6.
- Ristiarini SK, Indah MIL, Adikaryo, Wahyuni M. 2001. Pola sukses imicroflora alami pada fermentasi nira siwalan dan pemanfaatannya dalam minuman fermentasi. *Biota* 1: 1-8.
- Sudarmadji S, Haryono B, Suhardi. 1997. *Prosedur Analisa untuk Bahan Makanan dan Pertanian*. Penerbit Liberty. Yogyakarta.
- Sudarmawan L. 2002. *Optimalisasi Proses Pembuatan Gula Merah Cair dari Nira Kelapa*. [Skripsi]. S1. IPB. Bogor.
- Suhardi. 1993. *Petunjuk Laboratorium Pengolahan dan Analisa Karbohidrat*. Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi. UGM. Yogyakarta.
- Yuwono SS, Susanto T. 1998. *Pengujian Fisik Pangan*. Fakultas Teknologi Pertanian. Universitas Brawijaya. Malang.