

KARAKTERISTIK SIFAT FISIKO KIMIA, STRUKTUR DAN MORFOLOGI GULA AREN CETAK

CHARACTERISTICS OF PHYSICOCHEMICAL, STRUCTURAL AND MORPHOLOGICAL PROPERTIES OF ARENGA PALM SUGAR BLOCKS

Ade Iskandar¹⁾, Indah Yuliasih^{1)*}, Machfud¹⁾, Bambang Haryanto²⁾

¹⁾Departemen Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor
Kampus IPB Darmaga PO Box 220, Bogor 16680, Indonesia
E-mail : indahyuliasih@yahoo.com

²⁾Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi, Jakarta

Makalah: Diterima 5 Juni 2014; Diperbaiki 29 November 2014; Disetujui 6 Desember 2014

ABSTRACT

Physicochemical of arenga palm sugar blocks produced by farmer was vary one to another. Therefore, it is necessary to characterize and standarize the quality of those palm sugar blocks. This study aims to determine the nature of the physicochemical, structural and morphological properties of palm sugar block produced by farmers compared to control as a raw material palm sugar granules. The result of analysis showed 11.0-14.4% of moisture content, 0.4 -0.7%, of insoluble material, 143.4-319.8% of total acid, 2.1-3.7% of ash content, 1.0-4.3% of reducing sugar and 83.7-93.5% of sucrose. Generally, arenga palm sugar blocks produced by farmer (sample A, B, C, D and E) were different with sample F (made by the research) except the reducing sugar content, but all of the characteristics of the palm sugar blocks met the SNI quality standard except ash content. The structure of the palm sugar block produced by farmers have a lower crystallinity (57.12-65.24%) compared with sample F (68.68%). In general, morphology of palm sugar blocks were made up of octahedron crystal particles aggregated by a dough-like binder. The palm sugar block spectrum showed the presence of the aldehyde, aromatic and carboxylic acid functional groups.

Keywords: molded arenga palm sugar, granulated palm sugar, physicochemical, microstructure, morphology

ABSTRAK

Gula aren cetak hasil produksi petani mempunyai sifat fisika-kimia yang bervariasi. Oleh karena itu, perlu dilakukan karakterisasi dan standarisasi mutu. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan sifat-sifat fisiko-kimia, struktur dan morfologi gula aren cetak sebagai bahan baku gula aren granul yang diproduksi oleh petani dibandingkan dengan kontrol. Hasil karakterisasi menunjukkan bahwa gula aren cetak memiliki kadar air 11,0-14,4%, bahan tidak larut 0,4-0,7%, total asam 143,4-319,8%, kadar abu 2,1-3,7%, gula pereduksi 1,0-4,3% dan sukrosa antara 83,7-93,5%. Karakteristik gula aren cetak petani (sampel A, B, C, D dan E) tersebut secara umum berbeda dengan sampel F kecuali kadar gula pereduksi, tetapi semua karakteristik gula aren cetak masih memenuhi standar mutu SNI kecuali kadar abu. Struktur gula aren cetak yang dihasilkan petani mempunyai kristalinitas lebih rendah (57,12-65,24%) dibanding dengan sampel F (68,68%). Secara umum morfologi gula aren cetak terdiri dari partikel-partikel kristal oktahedron dibungkus oleh lapisan pengikat seperti adonan. Gula aren cetak menunjukkan spektrum yang merepresentasikan gugus fungsional aldehid, aromatik dan asam karboksilat.

Kata kunci: gula aren cetak, gula aren granul, fisiko-kimia, kadar air kesetimbangan, struktur mikro, morfologi

PENDAHULUAN

Gula aren cetak (GAC) merupakan gula aren (*Arenga pinnata*, Merr) konvensional berbentuk cetak. GAC bentuk ini sudah dikenal sejak lama oleh masyarakat. Saat ini mulai berkembang gula aren granul (GAG) dan banyak diminati konsumen karena mudah dalam pengangkutan, penanganan, penggunaan, formulasi, pengemasan dan penyimpanan (Rao *et al.*, 2010) serta mengandung nutrisi lebih lengkap dibandingkan dengan gula pasir (Bahr *et al.*, 2008). Pembuatan GAG oleh petani dilakukan dengan cara memanaskan dan menguapkan nira aren (granulasi basah) dalam wajan diatas tungku dengan bahan bakar kayu.

Selama pemanasan nira, dilakukan proses pengadukan secara bertahap. Saat nira menjadi pekat dan suhu mencapai suhu $120 \pm 2^\circ\text{C}$, api pemanas dikecilkan dengan cara mengeluarkan kayu bakar dan pemanasan hanya dengan sisa bara sekitar 5-10 menit. Selanjutnya wajan diangkat dari tungku dan nira pekat didinginkan sambil diaduk agar pengeluaran air lebih cepat hingga membentuk granul. Dengan proses tersebut, kapasitas produksi petani rendah (antara 2,5-10 kg/orang/hari) dengan rata-rata sekitar 6,5 kg/petani/hari. Kendala yang dihadapi petani untuk meningkatkan produksi gula aren granul adalah pengumpulan nira aren segar sulit dilakukan dalam jumlah besar. Pada kenyataannya, petani juga lebih suka membuat GAC dibandingkan

*Penulis untuk korespondensi

dengan membuat gula aren granul, dan minat petani untuk memproduksi GAG juga rendah. Oleh karena itu, perlu dikembangkan alternatif proses granulasi sebagai proses lanjutan dari proses gula aren cetak, yaitu proses granulasi dengan bahan baku gula aren cetak. Kelebihan dari proses ini adalah pengumpulan bahan baku GAC dalam jumlah besar lebih mudah dibandingkan dengan pengumpulan nira aren segar. Peningkatan skala produksi gula aren granul dengan menggunakan gula aren cetak akan mudah dan dapat dilakukan sampai pada skala industri.

Pada awal tahun 2014, di Kabupaten Lebak terdapat kelompok usaha bersama (KUB) petani gula aren yang beranggotakan sekitar 500 petani GAC dengan rata-rata produksi GAC sekitar 100 ton per bulan, tetapi hanya sekitar 50 orang saja yang berminat memproduksi GAG dengan produksi sekitar 10 ton per bulan. Sementara itu, Dinas Perindustrian dan Perdagangan Kabupaten Lebak (2006) menyatakan bahwa kapasitas produksi GAC di Kabupaten Lebak mencapai 2.250 ton per tahun atau sekitar 187 ton GAC per bulan. Berdasarkan kondisi demikian, jika produksi GAG diawali dengan bahan baku GAC diharapkan permasalahan tersebut diatas dapat diatasi.

GAC yang dihasilkan petani umumnya bervariasi karakteristiknya, baik sifat fisika maupun kimia karena belum tersedianya standar bahan baku dan proses produksi GAC. Perbedaan karakteristik gula cetak petani diduga akan berpengaruh dalam keberhasilan produksi GAG dari bahan baku GAC (granulasi kering). Salah satu upaya untuk mengatasi masalah itu, maka perlu dilakukan karakterisasi dan standarisasi mutu GAC. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sifat-sifat fisiko-kimia, struktur dan morfologi dari gula aren cetak (GAC).

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan adalah nira aren dan gula aren cetak (GAC) dari petani Desa Cikuning Kecamatan Sobang Kabupaten Lebak Banten, larutan garam untuk pengkondisian a_w yaitu LiCl_2 , CH_3COOK , MgCl_2 , K_2CO_3 , NaBr , NaNO_2 , NaCl , KCl , dan K_2SO_4 , dan bahan kimia untuk analisis. Peralatan yang digunakan berupa termometer, inkubator, desikator gelas, pengukur a_w , oven, *X-Ray Diffractometer* (Shimadzu XRD-7000), *Fourier Transmission Infra Red* (FT-IR MB3000), *Scanning Electron Microscopy* (SEM Zeis Evo 50).

Tempat

Pembuatan GAC dilakukan di tempat produksi (petani pengrajin) GAC Desa Cikuning, Kecamatan Sobang, Kabupaten Lebak, Banten. Analisis laboratorium secara dilakukan di Laboratorium Pengawasan Mutu, Laboratorium

Bioindustri dan Laboratorium Pengujian Departemen Teknologi Industri Pertanian FATETA IPB. Analisis stuktur (X-Ray) dan morfologi (SEM) dilakukan di Laboratorium Pengujian Hasil Hutan Puslitbang Hasil Hutan Gunungbatu Bogor dan analisis FT-IR dilakukan di Laboratorium Analisis Bahan Departemen Fisika FMIFA IPB.

Metode

Karakteristik GAC

Gula aren cetak berasal dari petani Desa Cikoning, Kecamatan Sobang, Kabupaten Lebak Banten. Sampel GAC terdiri dari 5 petani (sampel A sampai sampel E) dan 1 sampel (sampel F) dibuat oleh peneliti. Pembuatan GAC yang dilakukan peneliti dimulai dengan menuang nira segar dari bumbung bambu ke wajan pemasakan, diukur pH dan kandungan padatnya, kemudian dipanaskan dan diuapkan di atas wajan agar nira menjadi kental. Pemasakan dilakukan di lokasi produksi gula aren cetak petani yang berada di area kebun aren dengan menggunakan bahan bakar kayu. Nira dipanaskan sampai mendidih pada suhu $97-118^\circ\text{C}$ ($\pm 2^\circ\text{C}$) dengan lama waktu pemasakan sekitar 3,5 jam. Selama pemanasan, nira sesekali diaduk menggunakan sodet kayu. Pemanasan nira dihentikan setelah nira kental, kemudian dicetak pada cetakan kayu dan didiamkan selama 5-10 menit sampai nira menjadi padat dan dingin. Selanjutnya GAC dikeluarkan dari cetakan dan dibungkus dengan daun salak. GAC yang dibuat peneliti sebagai sampel F.

Analisis Fisika-Kimia

Analisis fisiko-kimia pada GAC meliputi kadar air, kadar bahan tidak larut (SNI, 1992), kadar abu (AOAC, 1997), total asam (AOAC, 2000), kadar gula pereduksi dan sukrosa menggunakan metoda Luff Schoorl.

Analisis Sorpsi Isotermis

Kurva sorpsi isotermis disusun dengan menggunakan "*Static Vapor System*". Untuk mengkondisikan a_w , disiapkan sembilan desikator yang masing-masing diisi dengan larutan garam jenuh LiCl_2 , CH_3COOK , MgCl_2 , K_2CO_3 , NaBr , NaNO_2 , NaCl , KCl , dan K_2SO_4 , dengan nilai a_w 0,11; 0,22; 0,32; 0,44; 0,56; 0,64; 0,75; 0,84 dan 0,96 sebanyak 500 mL. Sampel ditimbang dan dimasukkan ke dalam desikator kemudian dimasukkan ke dalam ruang penyimpanan (inkubator) pada suhu 30°C . GAC disimpan dan diamati dalam lingkungan a_w rendah (0,11) sampai a_w tinggi (0,97) sampai mencapai kondisi keseimbangan. Setelah tercapai kondisi setimbang, semua contoh diukur kadar airnya (Berteli *et al.*, 2009).

Analisis Struktur

Struktur GAC secara kualitatif dianalisis dengan menggunakan alat XRD-7000 *X-Ray*

Diffractionmeter (Shimadzu XRD-7000) dengan tabung x-ray Cu ($\lambda = 0,154$ nm, tegangan listrik 40 kV dan arus listrik 30 mA). Difraktogram diukur pada selang 2θ antara 5° sampai 60° dengan kecepatan *scan* 2,0 derajat per menit dan *pitch* sampel 0,02 derajat. Kristalinitas sampel dihitung dari luasan difraktogram fase kristal dan fase amorf. Contoh GAC disiapkan dengan memasukkan bahan pada “*sample holder*” kemudian ditekan sampai padat dan diratakan, dengan menggunakan potongan kaca yang rata agar permukaan bahan rata, mulus dan tidak berongga. Selanjutnya difraksikan pada selang 2θ antara 5° sampai 60° (Harnkarnsujarit *et al.*, 2011).

Analisis Morfologi dan Struktur Mikro

Morfologi dan struktur mikro gula aren cetak dianalisis dengan menggunakan SEM Zeis Evo 50, pada percepatan voltage 10 kV. Sampel GAC diletakkan dan ditempelkan pada *stubs* logam dengan menggunakan *tape carbon* berpelekat ganda (*double tape carbon*) dan selanjutnya *di coating* (dilapisi) dengan menggunakan campuran emas, platina dan tungsten. Pemeriksaan mikroskopis dilakukan pada pembesaran 50, 100 dan 250 kali untuk memperoleh gambaran morfologi, bentuk dan ukuran contoh (Harnkarnsujarit *et al.*, 2011).

Analisis Gugus Fungsional

Gugus fungsional GAC dideteksi dengan analisis *Fourier Transform Infrared (FT-IR) Spectroscopic*. Spectrum FT-IR direkam pada panjang gelombang antara $4.000-450\text{ cm}^{-1}$ dengan pendeteksian pada 4 cm^{-1} dan kecepatan 25 *scan* detik. Spektrum yang dihasilkan dicocokkan dengan data spektrum rujukan ((Koay *et al.*, 2011; Ma *et al.*, 2013; UI-Islam *et al.*, 2013; Suvakanta *et al.*, 2014).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sifat Fisiko Kimia GAC

Sebanyak 5 sampel GAC yang diproduksi petani dan 1 GAC yang dibuat peneliti dilakukan dengan urutan proses relatif sama, yaitu pengumpulan nira, pengentalan atau penguapan air dan pencetakan. GAC mempunyai sifat fisiko-kimia

yang bervariasi. Pada Tabel 1 terlihat kadar air GAC petani bervariasi berkisar 11,0-14,4% dengan rata-rata 11,7% db, kadar gula pereduksi 1,0-4,3% db dengan rata-rata 2,9% b, total asam 143,4-319,8 mg/100g dengan rata-rata 218,3 mg/100g, sukrosa 83,7-93,5% db dengan rata-rata 87,8% db, kadar abu 2,1-3,7% dengan rata-rata 2,7% db dan bahan tidak larut 0,4-0,7% db dengan rata-rata 0,6% b. Secara fisiko-kimia, karakteristik GAC berbeda nyata ($P < 0,05$) antara GAC dari masing-masing petani. Namun, secara umum semua sifat mutu GAC memenuhi syarat mutu SNI kecuali untuk kadar abu.

Kadar air GAC petani bervariasi berkisar antara 11,1-14,4%. Kadar air yang bervariasi antara GAC masing-masing petani tersebut karena petani tidak mengukur kadar air pada saat proses berakhir. Petani menentukan titik akhir proses produksi hanya berdasarkan pengalaman dengan melihat kondisi fisik nira kental secara visual dengan mengamati laju alir-jatuh bahan gula cetak sesaat sebelum dicetak atau dengan melihat kekerasan nira panas tersebut jika dimasukkan ke dalam air dingin. Kadar air berpengaruh pada kandungan gula pereduksi, sukrosa dan total asam, tetapi tidak berpengaruh pada bahan tidak larut dan kadar abu. Kadar air berbanding lurus dengan total asam dan gula pereduksi tetapi berbanding terbalik dengan kadar sukrosa pada GAC (Gambar 1). Gula aren cetak sampel F memperlihatkan kandungan gula pereduksi yang lebih rendah (1,0%) dibanding GAC lainnya (2,5-4,3% db). Kadar gula pereduksi GAC sampel lebih rendah dibandingkan standar SNI (12,0-15,5% db) yang menunjukkan kualitas GAC sangat baik dari GAC sesaat setelah produksi. Hal itu karena produksi GAC dilakukan di kebun atau sangat berdekatan dengan sumber nira aren sehingga nira dapat segera diolah sesaat setelah pengambilan dari pohon aren dan inversi sukrosa pada nira dapat diminimalkan dengan memperkecil potensi kontaminasi dengan mikroba. Sementara nilai standar SNI relatif besar merupakan standar GAC yang masih layak dikonsumsi oleh masyarakat. GAC sampel dengan kadar gula pereduksi yang rendah diduga dapat digunakan untuk bahan baku GAG.

Tabel 1. Sifat fisiko-kimia GAC produksi petani Desa Cikoneng Kabupaten Lebak

Sampel GAC	Kadar Air (%bb)	Bahan tidak larut (%bk)	Total asam (mg NaOH/100 g bahan)	Kadar Abu (%bk)	Gula Pereduksi (%bk)	Sukrosa (%bk)
A	11,26 $\pm$ 0,22 ^b	0,64 $\pm$ 0,02 ^a	143,36 $\pm$ 7,04 ^d	2,27 $\pm$ 0,06 ^d	2,45 $\pm$ 1,92 ^a	89,26 $\pm$ 3,88 ^a
B	14,36 $\pm$ 0,26 ^a	0,61 $\pm$ 0,09 ^a	300,09 $\pm$ 1,75 ^b	2,61 $\pm$ 0,02 ^c	3,35 $\pm$ 0,76 ^a	83,74 $\pm$ 5,27 ^{ab}
C	11,18 $\pm$ 0,32 ^b	0,67 $\pm$ 0,09 ^a	142,12 $\pm$ 2,08 ^d	2,06 $\pm$ 0,01 ^c	2,48 $\pm$ 1,25 ^a	86,66 $\pm$ 3,72 ^a
D	11,05 $\pm$ 0,13 ^b	0,64 $\pm$ 0,08 ^a	256,71 $\pm$ 2,23 ^c	3,65 $\pm$ 0,04 ^a	4,27 $\pm$ 0,13 ^a	89,20 $\pm$ 3,76 ^a
E	11,38 $\pm$ 0,09 ^b	0,35 $\pm$ 0,05 ^b	319,84 $\pm$ 0,85 ^a	2,54 $\pm$ 0,04 ^c	3,76 $\pm$ 0,66 ^a	84,68 $\pm$ 3,74 ^{ab}
F	11,16 $\pm$ 0,25 ^b	0,51 $\pm$ 0,04 ^{ab}	147,59 $\pm$ 8,49 ^d	3,29 $\pm$ 0,04 ^b	1,00 $\pm$ 0,08 ^a	93,45 $\pm$ 4,00 ^a
Rataan	11,73 $\pm$ 2,63	0,57 $\pm$ 0,10	218,29 $\pm$ 88,86	2,74 $\pm$ 0,91	2,89 $\pm$ 1,38	87,83 $\pm$ 5,62
SNI*	8,70-11,11	1,09-5,56	-	2,17-2,22	11,96-15,56	70,65-66,67

*BSN (1995)

Total asam pada GAC bervariasi antara petani satu dengan yang lainnya berkisar 143,4-319,8 mg/100g. Total asam mempengaruhi kandungan gula pereduksi. Keberadaan asam organik pada nira aren akan menurunkan pH nira. Total asam yang tinggi diikuti dengan turunnya pH, selanjutnya terjadi inversi sukrosa menjadi gula sederhana. Keberadaan protein pada GAC berinteraksi dengan gula sederhana melalui reaksi Maillard membentuk warna gelap (Naknean *et al.*, 2009) dan aroma khas gula aren (Wai *et al.*, 2005).

Kandungan sukrosa pada sampel GAC bervariasi antara 83,7-93,4%, namun antar semua sampel tidak menunjukkan perbedaan yang nyata ($P < 0,05$). Kadar sukrosa semua sampel memenuhi syarat mutu SNI. Sampel F menunjukkan kadar sukrosa tertinggi (93,4% db) dibandingkan sampel GAC lainnya. Semua GAC sampel dengan kadar sukrosa yang tinggi memperkuat dugaan dapat digunakan untuk bahan baku GAG.

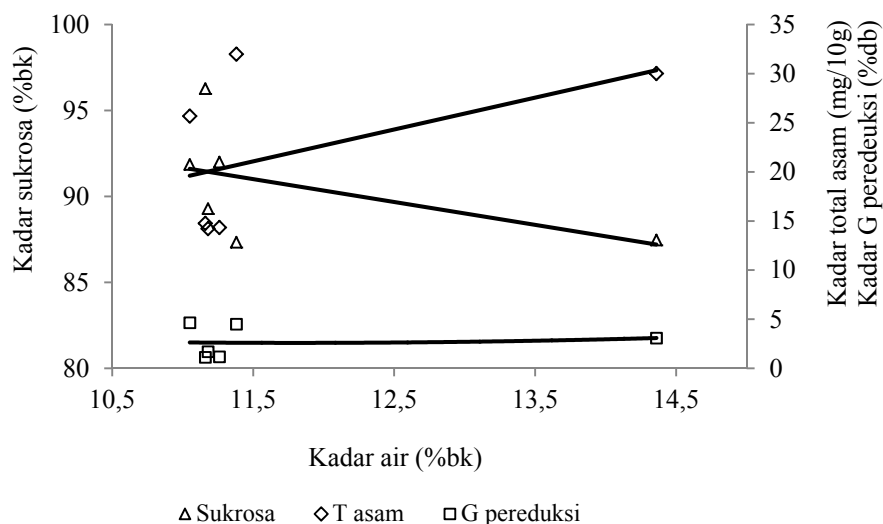
Kandungan gula pereduksi dipengaruhi kadar air dan kandungan sukrosa (Gambar 1). Kadar air yang tinggi mengandung sukrosa yang relatif rendah dengan gula pereduksi yang tinggi. Sukrosa dan gula pereduksi merupakan bahan untuk reaksi karamelisasi selama pemanasan nira menjadi GAC. Panas yang tinggi dapat mempercepat terjadinya karamelisasi yang berwarna gelap kecoklatan (Naknean *et al.*, 2010).

Total abu merupakan salah satu indikator yang menunjukkan kandungan mineral pada GAC. Kandungan mineral pada GAC dari hasil

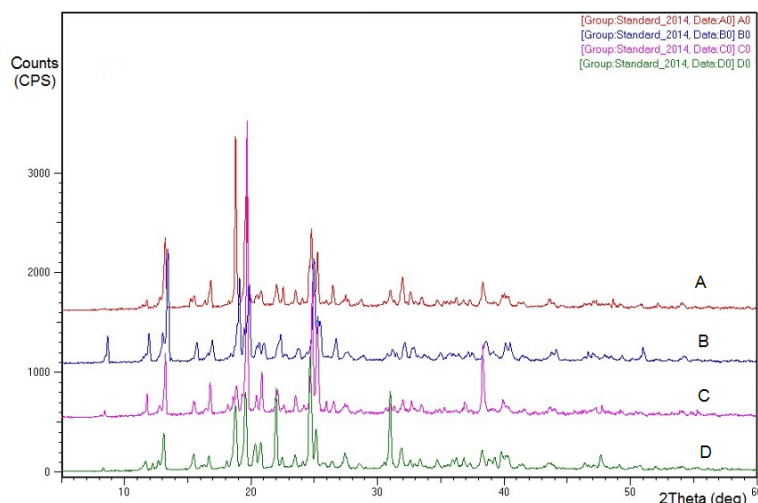
analisis EDX meliputi potasium (2%), sodium (0,05%), magnesium (0,04%), kalsium (0,01%), besi (0,11%), copper (0,75%), Zn (0,46%), mangan (0,08%) dan cromium (0,11). Keberadaan komponen mineral hasil analisis EDX tersebut diperkuat dengan dengan hasil analisis laboratorium yang menunjukkan komponen mineral GAC antara lain potasium (3,07%), fosfor (0,61%), magnesium (0,21%), calsium (0,28%), natrium (0,06%), dan besi, seng, tembaga, crom dan selenium dalam jumlah yang sangat kecil. Keberadaan bahan tidak larut menunjukkan bahwa GAC mengandung bahan lain selain gula. Salah satu yang mungkin adalah serat kasar dan abu. Hasil analisis menunjukkan serat kasar sebesar 0,1%. Kandungan mineral dan serat pada gula aren ini merupakan salah satu keunggulan gula aren dibanding gula pasir (tidak mengandung mineral).

Analisis Struktur

Pola difraksi sinar-X dari bahan murni seperti sidik jari dari bahan tersebut, sehingga sangat sesuai untuk karakterisasi dan identifikasi bahan. Difraktogram gula aren cetak seperti pada Gambar 2 menunjukkan bahwa GAC dari 3 contoh petani (A, B dan C) dan sampel F mempunyai pola difraksi sinar X yang relatif sama strukturnya. Perbedaan dari difraktogramnya lebih pada perbedaan intensitasnya. Kondisi ini menginformasikan bahwa komponen atau senyawa yang sama pada masing-masing contoh hanya berbeda bentuk fasenya.



Gambar 1. Kecenderungan hubungan antara kadar air dengan gula pereduksi, total asam dan sukrosa GAC



Gambar 2. Difraktogram GAC (A) sampel A, (B) sampel B, (C) sampel C dan (D) sampel F

Puncak difraktogram keempat contoh mulai muncul pada sudut 2θ (2-theta) 11° . Kemiripan difraktogram antara keempat contoh tersebut menunjukkan bahwa struktur GAC dibangun oleh komponen atau senyawa yang relatif sama. Namun demikian, masing-masing komponen tersebut bervariasi jika dilihat dari fasenya. Kristalinitas masing-masing contoh mempunyai nilai yang bervariasi. Kristalinitas GAC petani (A, B dan C) sebesar 57,12%, 62,68% dan 65,24% sedangkan GAC sampel F sebesar 68,68%. Keadaan tersebut menunjukkan bahwa struktur masing-masing komponen disusun oleh fase kristal dan fase amorf yang berbeda.

Komponen amorf adalah komponen yang higroskopis, makin rendah kristalinitas atau makin tinggi komponen amorf GAC maka makin mudah menyerap air. Konsekuensinya bahan akan lebih cepat kempal atau melumer jika berhubungan dengan ruangan dengan RH tinggi. Menurut Fenema (1996) grup gula hidroksil lebih berperan pada terjadinya ikatan hidrogen dengan air di sekitarnya. Dengan demikian, kristalisasi gula terjadi karena hilangnya air dalam waktu yang cukup, sehingga molekul atom mempunyai waktu untuk menyusun dirinya selama keluarnya air. Menurut Harnkarnsujarit dan Charoenrein (2011), gula yang membentuk kristal terhidrasi (dihydrates trehalosa dan rafinosa dengan tri, tetra atau penta hidrat) mempertahankan jumlah air yang tinggi, sedangkan gula yang membentuk kristal anhidrat (sukrosa dan laktosa) melepaskan semua air setelah kristalisasi.

Difraktogram GAC dengan 3 intensitas terbesar muncul pada sudut difraksi 2θ mulai $18,8-25,2^\circ$ dan pada kontrol mulai $22,0-31,0^\circ$. Puncak dengan intensitas terbesar dari GAC petani muncul pada sudut 2θ antara $18,8$ atau $19,7^\circ$, sedangkan intensitas terbesar pada sampel F muncul pada sudut 2θ $24,7^\circ$. Penelusuran kandungan komponen senyawa GAC dianalisa dengan membandingkan

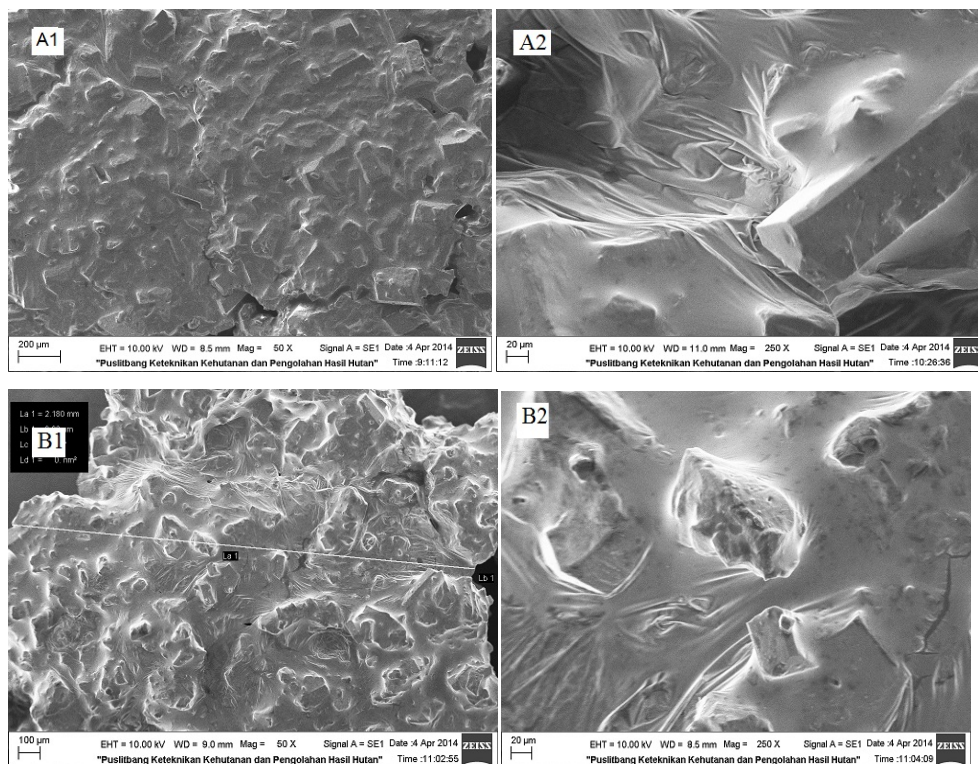
antara struktur difraktogram dengan bank data dari ICDD 2002 dan menunjukkan bahwa komponen senyawa terbesar terdiri dari sukrosa, L-sorbosa dan D-glukosa dan sedikit D-Ribosa. Hal ini menunjukkan bahwa dua senyawa terbesar (sukrosa dan sorbosa) adalah komponen kristal dan komponen ketiga berupa komponen amorf (glukosa). Hasil analisis dengan EDX mendukung dugaan itu yang menunjukkan bahwa komponen terbesar pada GAC adalah atom C dan O, yang atom tersebut merupakan komponen utama sukrosa, sorbosa dan glukosa.

Analisis Morfologi

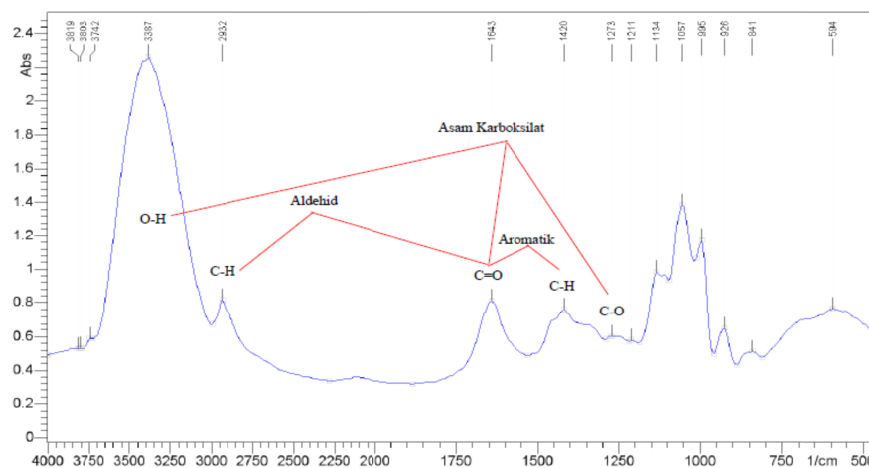
Morfologi GAC pada (Gambar 3) terdiri dari partikel-partikel kristal yang dibungkus oleh lapisan pengikatnya membentuk agregat GAC. Partikel yang terbungkus tampak seperti partikel berbentuk oktahedron yang menunjukkan sebagai kristal. Lapisan pembungkus tersebut diduga merupakan campuran bagian kristal berukuran halus, bagian amorf yang higroskopis, air dan komponen lainnya membentuk *binder* seperti adonan. Persentase fraksi kristal GAC berkisar sekitar 57 sampai 68% dan bagian amorf sekitar 32 sampai 43%. GAC sampel F tampak memiliki kristalinitas lebih tinggi (68%) dibanding GAC petani lainnya (57-63%) dan tampak lebih kering yang ditandai dengan tonjolan kristal yang terlihat keluar dan bagian pengikat yang lebih mengkerut ke dalam.

Analisis Gugus Fungsional

Spektrum FT-IR gula aren cetak mengkonfirmasi struktur dasar sampel GAC (Gambar 4). Ikatan kovalen yang polar dan paling kuat yaitu kelompok karbonil ($C=O$) pada jumlah gelombang (frekuensi) $1700-1600\text{ cm}^{-1}$ (Volland, 1999).



Gambar 3. Morfologi GAC kontrol pembesaran 50x (A1) dan 250X (A2) serta GAC petani pembesaran 50X (B1) dan 250X (B2)



Gambar 4. Spektrum hasil analisis FT-IR GAC

Gugus fungsional O-H (hidroksil) berada pada sebaran ikatan hidrogen 3600-3000 cm^{-1} (Koay *et al.*, 2011; Ma *et al.*, 2013; UI-Islam *et al.*, 2013; Suvakanta *et al.*, 2014) yang pada gula aren cetak terpusat pada frekuensi 3387 cm^{-1} yang mengindikasikan sebagai gugus hidroksil sebagai alkohol dan pada frekuensi 3300-2500 cm^{-1} mengindikasikan hidroksil sebagai asam karboksilat. Spektrum hidroksil sebagai asam karboksilat biasanya tumpang tindih dengan spektrum regangan C-H (Volland, 1999).

Gugus hidroksil dengan ikatan hidrogen, berkontribusi pada struktur gula majemuk

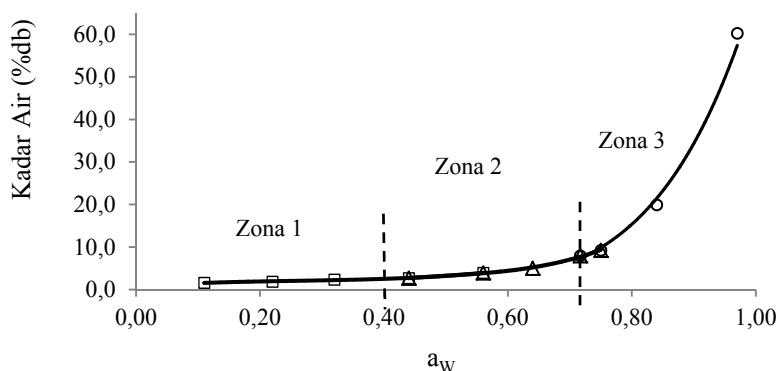
(Suvakanta, 2014) sebagai gula hidroksil. Pada frekuensi antara 1780-1620 cm^{-1} menandakan keberadaan gugus fungsional karboksil (COOH) (Koay, 2011; UI-Islam, 2013; Rockwell, 2014). Spektrum yang muncul pada 2939 cm^{-1} merupakan peregangan ikatan C-H (UI-Islam *et al.*, 2013; Ma *et al.*, 2013; Suvakanta *et al.*, 2014; Wang *et al.*, 2014). Keberadaan spektrum pada frekuensi tersebut dan adanya spektrum ikatan C=O, menunjukkan bahwa gugus fungsional sampel gula adalah sebagai aldehid. Sementara menurut Zhang *et al.* (2014) munculnya puncak pada frekuensi 1643 cm^{-1} menunjukkan gugus fungsi H-O-H yang

menandakan bahwa gula aren cetak menyerap air (hidrofilik). Keberadaan puncak pada 1420 cm^{-1} menunjukkan adanya lenturan (bending) ikatan C-H yang keberadaannya bersama dengan peregangan ikatan karbonil ($\text{C}=\text{O}$) yang menunjukkan adanya gugus fungsi aromatik (Volland, 1999). Pada frekuensi 1273 cm^{-1} muncul spektrum yang menandakan adanya peregangan ikatan C-O, yang keberadaannya bersama kelompok karbonil ($\text{C}=\text{O}$) dan hidroksil (O-H) yang menunjukkan adanya asam karboksilat. Menurut Rockwell (2014) spektrum pada frekuensi 1134 cm^{-1} menandakan adanya gugus fungsi C-O-C dan pada frekuensi 1057 cm^{-1} merupakan gugus fungsional C-C sebagai rantai *backbone* polimer. Menurut Kacurakova (2000) puncak pada frekuensi 1134 cm^{-1} dan 1057 cm^{-1} menunjukkan adanya galaktan dan arabinogalactan, sementara menurut Wang *et al.* (2014) diduga sebagai cincin piranosa dan puncak pada frekuensi 849 cm^{-1} sebagai indikasi adanya manosa.

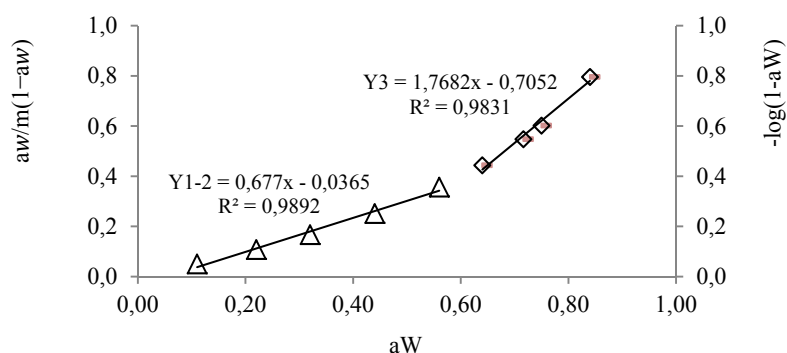
Sorpsi Isotermis

Untuk mengetahui perilaku penyerapan air GAC, kandungan air dalam sampel pada a_w yang sesuai dipantau sampai terjadi kesetimbangan. Gambar 5 menunjukkan perilaku sorpsi air untuk GAC sampai mencapai berat konstan. Kadar air kesetimbangan dinyatakan sebagai jumlah air

diserap/dikeluarkan (dalam gram per 100 g bahan kering) pada sistem sorpsi isotermis ($30\text{ }^{\circ}\text{C}$), selang aktivitas air (a_w) 0,11-0,97. Hubungan antara kadar air kesetimbangan terhadap aktivitas air (a_w) menghasilkan kurva J (*J-type isotherm*) seperti Gambar 5 yang merupakan ciri khas dari produk-produk mengandung gula tinggi, hanya sebagian kecil bukan gula, merupakan molekul mudah larut dan mengandung sedikit bahan polimer (Fennema, 1996). Seperti terlihat pada kurva, kadar air kesetimbangan cenderung meningkat dengan meningkatnya a_w dan semakin tajam pada a_w diatas 0,75. Selanjutnya menurut Fennema (1996), laju reaksi minimum secara khas ditemukan pada batas zona 1 dan zona 2 dari sistem isotermis. Batas zona 1 dan 2 tersebut disebut sebagai lapisan air monolayer. Nilai monolayer memberikan dugaan pertama sebagai kadar air yang memberikan kestabilan maksimum. Lapisan air monolayer tersebut memiliki mobilitas molekul rendah, tidak mampu melarutkan zat terlarut dan berperan dalam reaksi kimia (Saavedra-Leos 2014). Penentuan nilai monolayer dapat menggunakan kurva regresi seperti Gambar 6 dan persamaan 1, 2 dan 3 yang dikembangkan oleh Brunauer, Emmett dan Teller (BET) sebagai persamaan BET.



Gambar 5. Kurva kesetimbangan kadar air pada GAC



Gambar 6. Kurva regresi BET dari GAC

$$\frac{a_w}{m(1-a_w)} = \frac{1}{m_1 c} + \frac{c-1}{m_1 c} a_w \quad \dots \dots \dots (1) \text{ untuk zona 1 dan 2}$$

$$m_1 = \frac{1}{Y_{x=0} + slope} \quad \dots \dots \dots (2)$$

$$-\log(1 - a_w) = a + b a_w \quad \dots \dots \dots (3) \text{ untuk zona 3}$$

dengan m adalah kadar air kesetimbangan pada tingkat a_w , m_1 adalah kadar air monolayer dan c adalah konstanta energi, maka dengan $\frac{a_w}{m(1-a_w)}$ sebagai Y_{1-2} dan a_w sebagai x , dengan menggunakan persamaan regresi pada Gambar 6 pada saat $a_w = 0$, maka diperoleh nilai $Y_{1-2} = -0,0365$ dan dengan menggunakan persamaan 2 maka diperoleh $m_1 = 2,04\%$ yang disesuaikan dengan $a_w = 0,29$. Selanjutnya dengan $-\log(1-a_w)$ sebagai Y_3 maka perpotongan antara garis regresi pada persamaan 1 dan garis regresi pada persamaan 3 merupakan batas kadar air lapisan multilayer. Kedua garis regresi tersebut berpotongan pada a_w 0,61 dengan kadar air kesetimbangan 4,46% sebagai lapisan air multilayer atau batas fraksi air antara zona 2 dengan zona 3. Kadar air pada multilayer tersebut berada pada permukaan padat dan terkondensasi pada kapiler yang berperan dalam reaksi biokimia dan berfungsi sebagai pelarut untuk zat terlarut dengan berat molekul rendah.

Pada nilai-nilai a_w antara 0,61-0,97 (zona 3), molekul air yang melebihi air lapisan multilayer, ditambahkan pada kelompok air zona 1 dan zona 2 membentuk air bebas yang terletak di ruang antar molekul bebas atau membentuk fase cair. Air ini tersedia sebagai pelarut dan untuk perkembangan mikroorganisma. Pada a_w lebih dari 0,68 adsorpsi air cenderung semakin tinggi dengan semakin tingginya nilai a_w . Peningkatan kandungan air ini disebabkan oleh ketersediaan gugus fungsional (gugus aktif) gula berbentuk glukosa dan fruktosa sebagai gula pereduksi. Permukaan gula ini mempunyai gugus hidroksil (OH) yang besar, yang karena gugus tersebut molekul air teradsorpsi secara fisik dan berinteraksi dengan gugus hidroksil membentuk ikatan hidrogen yang selanjutnya melarutkan gula dan polimer gula lainnya (Fenema, 1996).

Menurut Harnkarnsujarit dan Charoenrein (2011), keluar/hilangnya air pada gula karena kristalisasi gula. Gula dalam beberapa makanan olahan seperti bahan kering dengan pengering semprot, pengeringan beku, dan bahan digiling biasanya berada dalam kondisi amorf. Semua gula dalam kondisi amorf bersifat higroskopis dan memiliki kecenderungan kuat untuk menyerap air di sekitarnya. Konsekuensinya, GAC harus disimpan pada ruangan dengan RH rendah (kurang dari 61%). Pada RH yang lebih tinggi GAC akan cepat lumer karena menyerap air. Kondisi tersebut menunjukkan

bahwa GAG harus dikemas dengan kemasan yang memiliki barrier cukup baik terhadap uap air.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Gula aren cetak (GAC) mempunyai karakter fisika-kimia yang bervariasi dengan kadar air 11,0-14,4%, bahan tak larut 0,4-0,7%, total asam antara 143,4-319,8 mg/100g, kadar abu 2,1-3,7%, gula pereduksi 1,0-4,3% dan sukrosa 83,76-93,5%. Struktur GAC terdiri dari 57,12-68,68% kristalinitas dan 31,32-42,88% amorf. Struktur GAC sampel F menunjukkan derajat kristalinitas yang lebih besar dibanding dengan GAC petani. Keberadaan komponen amorf yang relatif besar pada GAC menyebabkannya bersifat higroskopis dan GAC cepat kempal atau melumer jika disimpan pada RH tinggi. Morfologi GAC terdiri dari partikel-partikel kristal berbentuk oktahedron diikat dengan lapisan tipis membentuk agregat GAC. GAC terdiri dari gugus fungsional aldehyd, aromatik dan asam-asam karboksilat. Temuan tersebut menunjukkan bahwa GAC dengan kadar gula pereduksi rendah sehingga dapat digunakan untuk bahan baku GAG.

Saran

Untuk melakukan analisis mutu gula aren cetak (GAC) selama ini, diperlukan peralatan dan keterampilan teknis yang cukup baik serta waktu pelaksanaan yang relatif lama. Penerapan metoda analisis tersebut relatif sulit dilaksanakan di tingkat petani. Untuk itu perlu dilakukan penelitian untuk mendapatkan karakteristik dan cara uji yang praktis, cepat dan mudah yang dapat digunakan untuk menduga karakteristik mutu GAC dan dapat dilakukan oleh petani.

DAFTAR PUSTAKA

- Berteli MN, Rodier E dan Marsaioli Jr A. 2009. Study of the microwave vacuum drying process for a granulated product. *Braz J Chem Eng.* 26 (2):317-329.
- [BSN] Badan Standarisasi Nasional (ID). 1992 Cara Uji Bahan. Tambahan Pangan, Jakarta. Badan Standarisasi Nasional Jakarta.
- [BSN] Badan Standarisasi Nasional (ID). 1995. Gula Palma. Badan Standarisasi Nasional Jakarta.

- [Disperindag Kab. Lebak] Dinas Perindustrian dan Perdagangan Kabupaten Lebak (ID). 2005. Profil Potensi Komoditi Gula Aren Lebak. Dinas Perindustrian dan Perdagangan Kabupaten Lebak, Banten.
- Fennema OR. 1996. *Food Chemistry*. Edisi ke-3. New York: Marcel Dekker Inc.
- Harnkarnsujarit N, Charoenrein S. 2011. Effect of water activity on sugar crystallization and β -caroten stability of freeze-dried mango powder. *J Food Eng*. 105:592-598.
- Kacurakova M, Capek H, Sasinkova V, Wellner N, Ebringerova. 2000. FT-IR study of plant cell wall model compounds: pectic polysaccharides and hemicelluloses. *Carbohydr Polym*. 43:195-203.
- Koay GFL, Chuah TG, Zainal-abidin S, Ahmad S, Choong TSY. 2011. Solvent crystallization of palm based dihydroxystearic acid with isopropyl alcohol: Effects of solvent quality and concentration on particle size distribution, crystal habit and morphology, and resultant crystal purity. *Indust crops Prod*. 34:1135-1140.
- Ma S dan Wang Z. 2013. Pulsed electric field-assisted modification of pectic from sugar beet pulp *Carbohydr Polym*. 92:1700-1704.
- Naknean P, Meenune M, dan Roudaut G. 2009. Change in physical and chemical properties during the production of palm sugar syrup by open pan and vacuum evaporator. *Asian J Food Agro-Industry*. 2 (04):448-456.
- Naknean P. 2010. Factors affecting browning and crystallisation of palm sugar syrup and palm sugar cake. [Disertasi]. Food Technology, Prince of Songkla University Thailand.
- Rao PVKJ, Das M dan Das SK. 2010. Effect of moisture content on glass transition and sticky point temperature of sugarcane, palmyra-palm and date-palm jaggery granule. *Int J Food Sci Technol*. 45:94-104.
- Rockwell PL, Kiechel MA, Atchison JS, Toth LJ, Sshauer CL. 2014. Various-sourced pectin and polyethylene oxide electrospun fibres. *Carbohydr Polym*. 107:110-118.
- Saavedra-Leos MZ, Leiva-Porras C, Martinez-Guerra E, Perez-Garcia SA, Aguilar-Martinez JA, Alvarez-Salas C. 2014. Physical properties of inulin and inulin-orange juice: Physical characterization and technological application. *Carbohydr Polym*. 105:10-19.
- Suvakanta D, Narsimha MP, Pulak D, Joshabir C, Biswajit D. 2014. Optimization and characterization of purified polysaccharide from *Mosambi* L as a pharmaceutical excipient. *Food Chem*. 194:76-83.
- Suwansri S, Ratanatriwong P, dan Thanasukarn P. 2009. Development of crystallized palm-syrup sugar as a natural sweetener. *Asian J Food and Agro-Industry*. Special Issue:130-136.
- UI-Islam M, Ha JH, Khan T, Park JK. 2013. Effect of glucuronic acid on the production, structure and properties of bacterial cellulose. *Carbohydr Polym*. 92 :360-366.
- Volland W. 1999. *Organic Compound Identification Using Infrared Spectroscopy*. Washington: Bellevue Community College.
- Wai CH, Mustapha WAW, Maskat MY, Hassan O. 2005. Optimization of headspace temperature and time sampling for identification of palm sugar volatile component using response surface methodology. *Sains Malaysia*. 34(2):7-15.
- Wang K, Wang J, Li Q, Zhang Q, You R, Cheng Y, Luo Li, Zhang Y. 2014. Structural differences and conformational characterization of five bioactive polysaccharides from *Lentinus edodes*. *Food Res Int*. 62:223-232.
- Zhang J, Wang Y, Zhang L, Zhang R, Liu G, Cheng G. 2014. Understanding changes in cellulose crystalline structure of lignocellulosic biomass during ionic liquid pretreatment by XRD. *Biosource Technol*. 151:402-405.