

## PEMANFAATAN GULA DARI INDONESIA UNTUK STANDAR MODERN KARBON PADA PENTARIKHAN RADIOKARBON

Darwin Alijasa Siregar

### Abstract

*Radiocarbon dating method is applied to date samples which are not exceeding 50.000 years in age (Quaternary). Dateable samples in this method include charred wood, organic matters contents of clay, coral, limestone (e.g. stalagmite), and molluscs. In the laboratory procedure, a modern carbon standard called the Reference Material 4990C Oxalic Acid is required as a correlation factor for the active carbon that was contained within the samples during their life time. At present, the reference carbon standard is produced by the international company called the National Bureau Standard (NBS). To obtain the material, it is procedurally difficult as well as costly. To overcome this problem therefore, an effort has been made to find a local reference material as a substitute. This work is carried out as an in house research of the Radiocarbon Laboratory of the Geological Survey Institute (GSI). This research work is conducted in order to reduce the dependence of the laboratory upon the NBS, considering that both internal and external requests for radiocarbon dating services tend to be increasing from time to time. For the abovementioned purpose, a long run research work is underway for which a locally produced sugar cane has been selected as the basic raw material. It is hoped that that the result will meet our requirement of carbon standard reference material in the routine dating activities of the radiocarbon Laboratory of the Geological Survey Institute.*

**Keywords:** sugar, radiocarbon, laboratory procedure

### 1. PENDAHULUAN

Standardisasi sebagai unsur penunjang pembangunan mempunyai peranan penting dalam optimalisasi pendayagunaan sumber daya dan seluruh kegiatan pembangunan. Adapun tujuan kegiatan standardisasi di Indonesia adalah terwujudnya jaminan mutu produk dan jasa, dengan memperhatikan segi-segi keamanan, keselamatan, kesehatan dan fungsi lingkungan hidup dalam menunjang kelancaran masuknya produk dan jasa ke Indonesia. Karena itu, selaras dengan akselerasi pembangunan nasional, diperlukan peningkatan program dan kegiatan standardisasi nasional yang terpadu, diantaranya dengan penerapan standardisasi Pusat Survei Geologi sebagai suatu institusi di bawah Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral yang mempunyai tugas dan fungsi pemberian pelayanan, penelitian dan pengembangan bidang geologi. Dalam pelayanan penelitian tersebut akan tergantung pada peralatan, baik peralatan lapangan maupun peralatan laboratorium. Untuk peralatan laboratorium pengujian alat tersebut dapat dikatakan hasilnya akurat atau tidak mengacu kepada suatu bahan yang disebut standar baku. Salah satu persyaratan standar yang harus dipenuhi adalah pengadaan *Standar Reference Material* (SRM). Standar ini biasanya diproduksi oleh badan-badan internasional yang mempunyai wewenang untuk itu, seperti NIST, NBS, USGS, JIS, dll. Oleh karena prosedur

mendapatkan SRM dari luar sangat sulit dan harganya sangat mahal, maka dalam kegiatan ini diupayakan untuk membuat *in house reference material* (contoh standar).

Laboratorium Radiokarbon sebagai salah satu laboratorium dibawah Pusat Survei Geologi yang bertugas melayani pentarikhkan beberapa jenis sampel yang berumur kuartar dari para ahli Geologi dan ahli yang lainnya, sangat membutuhkan sekali adanya standar lokal untuk mengurangi ketergantungan terhadap Standar Reference Material 4990 C NBS Oxalic Acid (standar modern karbon internasional untuk metode radiokarbon). Untuk membuat standar lokal tersebut diperlukan kegiatan penelitian laboratorium secara bertahap sampai suatu saat standar yang diproduksi di dalam negeri dapat dipakai untuk kegiatan rutin.

### 2. DASAR TEORI

Standar *reference Material* 4990 C NBS Oxalic Acid adalah standar internasional untuk modern carbon pada penentuan umur suatu bahan (arang, karbonat, lempung dll) dengan metode Radiokarbon. Asam oksalat tersebut diperoleh dari fermentasi gula bit prancis pada panen musim semi, panas, dan musim gugur dengan menggunakan bantuan *Aspergillus Niger* Var rumus molekul asam oksalat atau yang juga dikenal sebagai asam etanadioat, asam dikarboksilat, ahtisol atau aquisal adalah  $C_2H_2O_4$

sifat fisik asam oksalat tidak berbau, berbentuk kristal putih higroskopik, kristalnya berbentuk ortorombik dengan geometri okta hedral atau bipiramid.

Dari proses pembuatan sampai terbentuk asam oksalat, sebenarnya standar ini tidak jauh beda dengan gula yang mempunyai rumus  $C_{12}H_{22}O_{11}$ , terdapat tiga unsur pembentukan utama yaitu C, H dan O, hanya berbeda dalam jumlah atom. Secara teoritis gula pasir yang berasal dari tanaman tebu dapat dipertimbangkan untuk dijadikan standar modern Carbon pada penentuan umur suatu bahan dengan Metode Radiokarbon.

Gula termasuk ke dalam golongan karbohidrat yang merupakan hasil alam yang banyak terdapat pada tumbuhan yang diperoleh dari hasil fotosintesis. Prosesnya adalah mengubah karbon dioksida ( $CO_2$ ) menjadi karbohidrat yaitu dalam bentuk selulosa (monosakarida dan polisakarida), pati (amilum) dan gula-gula lainnya. Pati adalah bentuk utama penyimpanan karbohidrat yang digunakan sebagai sumber makanan dan energi.



Tanaman tebu dan bit menghasilkan sukrosa yang dapat dikristalkan menjadi gula putih yaitu gula yang kita kenal sehari-hari. Selain berasal dari tanaman, terdapat juga gula sintesis yaitu sakarin yang ditemukan pertama kali pada tahun 1879.

Pabrik gula di Indonesia pada umumnya memproduksi gula yang berasal dari tebu dengan cara mengekstraksi sukrosa yang terdapat di dalam tebu dan dikristalkan. Kandungan energi dalam gula pada umumnya sebesar 3,52 kal/g dan densitinya adalah 1,6 g/cm<sup>3</sup>

### 2.1 Asam Oksalat sebagai Standar Modern Karbon

Penggunaan standar modern karbon dalam pengukuran aktivitas karbon-14 adalah untuk menggambarkan aktivitas radioaktif contoh. Standar modern karbon yang biasa digunakan dalam pengukuran aktivitas karbon-14 adalah asam oksalat. Asam oksalat dalam bidang geologi digunakan sebagai standar referensi material (SRM) untuk penentuan umur karbon-14 yang merupakan hasil preparasi fermentasi dengan sirup gula bit Prancis pada musim semi 1977. Hasil perbandingan spektrofotometri massa karbon-13 ke karbon-12 serta perbandingan standar untuk penentuan umur karbon-14 dalam bahan ini dilakukan dengan tahapan yang teratur oleh ketiga belas laboratorium radiokarbon internasional.

Perbandingan aktivitas karbon-14 dalam SRM 4990C untuk dibandingkan dengan bahan lama juga diukur oleh sembilan dari ketiga belas laboratorium radiokarbon. Nilai rata-rata untuk semua nilai data yang dihasilkan yaitu 95% dari aktivitas standar asam oksalat yang direkomendasikan oleh Badan Standar Nasional U.S. pada Konferensi Groningen Radiokarbon tahun 1959 sedangkan untuk berat rata-rata yang dihasilkan dengan menggunakan metode Paule dan Mandel yaitu sebesar 1,2931 (Taylor, 1992).

### 2.2 Dead Carbon

*Dead carbon* adalah suatu material yang dianggap tidak memberikan aktivitas radioaktif atau aktivitasnya mendekati nol dan digunakan sebagai koreksi terhadap sinar kosmik atmosfer yang terhitung oleh alat pencacah proporsional. Material yang dapat dijadikan sebagai *dead carbon* diantaranya batu bara, lignit, karbonat tua, marmer, antrasit, dan kayu rawa (Taylor, 1992).

Salah satu material yang dapat dijadikan sebagai *dead carbon* adalah marmer. Marmer berasal dari proses fosilisasi organisme hidup yang mengandung karbon-14 pada jaringannya. Namun sejalan dengan fosilisasi, peluruhan karbon-14 yang berlangsung, diperhitungkan bahwa kandungan karbon-14 menjadi nol. Oleh karena itu, marmer tersebut disebut sebagai *dead carbon* (Faure, 1977).

Marmer atau batu pualam adalah batuan karbonat yang umumnya tersusun atas kalsit ( $CaCO_3$ ), magnesit ( $MgCO_3$ ), atau dolomit ( $CaMg(CO_3)_2$ ). Unsur atau mineral lain dapat pula terkandung pada marmer dalam jumlah sedikit, seperti besi karbonat, kalsium sulfat, mangan karbonat, dan lain-lain (Faure, 1977).

Marmer merupakan mineral karbonat yang pembentukannya melalui proses sedimentasi biogenik atau kimiawi. Selanjutnya, karena pengaruh tekanan dan suhu tinggi dalam selang waktu yang cukup lama, mineral karbonat tersebut mengalami metamorfosis. Kristal marmer berbutir sangat halus dan padat, sehingga dapat diampelas mengkilap. Semua jenis marmer tahan terhadap zat asam dan cuaca daerah tropik (Faure, 1977).

Metode radiokarbon terhadap marmer menunjukkan masih adanya radioaktivitas karbon-14. Dengan demikian, maka diduga radioaktivitas karbon-14 dari fosil-fosil menyimpang sebesar harga radioaktivitas karbon-14 marmer tersebut. Atas dasar itulah maka *dead carbon* selain digunakan sebagai penambah kekurangan jumlah contoh juga

sebagai pengoreksi radioaktivitas contoh (*background counting*) (Taylor, 1992).

### 2.3 Rumus untuk Menentukan Umur dengan Metode Radiokarbon

Untuk menentukan umur sampel dengan Metode radiokarbon dipakai rumus sebagai berikut ini:

$$\text{Umur} = T = \frac{t^{1/2}}{\ln 2} \ln \frac{A_0}{A}$$

Setiap pengukuran sampel tergantung pada kepekaan detektor terhadap sinar kosmik di atmosfer, sehingga perlu adanya koreksi bilangan aktivitas isotop C-14 yang terukur, yaitu dengan menggunakan *background counting* (yang dianggap sebagai titik nol dari aktivitas C-14 pada alat). Pada *background counting* ini bahan yang dipakai adalah karbon yang berumur tua sekali, biasanya pada batuan: marmer, koral, batugamping, batubara, dan lain-lain.

Karena selama ini kita memakai marmer Calgary dari Italy untuk *background counting*, maka perlu dilakukan percobaan untuk mencari batuan pengganti dari dalam negeri. *Background counting* dalam pemakaian pada rumus untuk menentukan umur biasanya disebut dengan *Dead Carbon* atau disingkat dengan DC. Maka rumus penentuan umur di atas dapat dijabarkan sebagai berikut:

$$\text{Umur} = T = \frac{t^{1/2}}{\ln 2} \ln \frac{A_0 - A_{DC}}{A - A_{DC}}$$

A = Radioaktivitas isotop  $^{14}\text{C}$  dalam sampel.

$A_0$  = Radioaktivitas isotop  $^{14}\text{C}$  pada saat tanaman atau hewan tersebut hidup. (NBS Oxalic Acid SRM-4990-C)

$\lambda$  = konstanta peluruhan radioaktif;  $t^{1/2} = 1/\lambda$

$t^{1/2}$  = waktu paruh =  $5568 \pm 40$  tahun

$A_{DC}$  = Radioaktivitas isotop C-14 Dead Carbon yang terukur. (DC-marmer Calgary-Italy)

$\ln 2 = 0,693$

Di dalam pemakaian rumus tersebut diatas jelas sekali setiap pengukuran sampel harus memakai standar modern karbon yaitu standar internasional NBS Oxalic Acid SRM-4990-C yang diproduksi oleh negara Amerika yang harganya sangat mahal dan produksinya juga sangat sedikit sehingga sulit untuk mendapatkannya. Dari kondisi ini kita coba meneliti bahan yang hampir sama dengan standar internasional tersebut dan diproduksi

didalam negeri yaitu Gula dari bahan tebu dari pabrikan di Indonesia. Untuk penelitian ini dipakai produksi gula dari daerah Madiun (Jawa Timur), Subang (Jawa Barat), Majalengka (Jawa Barat) dan Cirebon (Jawa Barat)

## 3. METODE PENELITIAN RADIOKARBON

### Tinjauan Umum Radiokarbon

#### 3.1 Terjadinya Radiocarbon

Karbon-14 adalah unsur radioaktif yang terbentuk akibat adanya interaksi antara sinar kosmik dengan gas nitrogen di atmosfer. Sinar kosmik sebagian besar terdiri dari proton berenergi, hasil reaksinya dengan gas di atmosfer dapat menghasilkan bermacam-macam fragmen inti seperti neutron. Neutron ini yang bereaksi dengan isotop nitrogen ( $^{14}\text{N}$ ).



Sesaat setelah dihasilkan dalam atmosfer, karbon-14 berinteraksi dengan molekul oksigen membentuk karbon dioksida radioaktif. Tanaman hijau mengambil karbon dioksida supaya tetap hidup, sehingga setiap tanaman mengandung karbon dioksida radioaktif yang terserap bersama dengan karbon dioksida biasa yang diserapnya. Binatang memakan tanaman sehingga binatang pun mengandung karbon dioksida radioaktif (Beiser, 1987).

#### 3.2 Penentuan Umur secara Radiokarbon

Mahluk hidup yang telah mati, jasadnya tidak lagi menyerap radiokarbon dan radiokarbon yang dikandungnya terus-menerus meluruh. Setelah 5568 tahun (waktu paruh karbon-14), benda itu hanya memiliki setengah jumlah radiokarbon relatif terhadap kandungan karbon total seperti yang dikandungnya ketika berada dalam keadaan hidup. Dengan menentukan perbandingan radiokarbon terhadap karbon biasa, kita dapat menentukan umur benda purba dan jasad benda yang berasal dari benda organik. Metode yang baik ini memungkinkan penentuan umur mumi, kayu, kulit, batu bara, dan benda-benda lain dari kebudayaan purba yang umurnya sampai 50.000 tahun, sekitar sembilan kali umur paruh karbon-14 (Beiser, 1987).

#### 3.3 Metode radiokarbon

Metode penentuan umur dengan radiokarbon ini didasarkan atas alasan bahwa setiap makhluk hidup yang mengandung karbon selalu berada dalam kesetimbangan dengan karbon-14 di atmosfer, artinya proporsi karbon-14 terhadap karbon udara relatif tidak berubah semenjak zaman purba sehingga sisa aktivitas radioaktif

suatu contoh karbon berkolerasi dengan umur sejak contoh tersebut tidak menunjukkan aktivitas kehidupan, yang dihitung berdasarkan pemakaian angka waktu paruh peluruhan karbon-14 (Knief, 1981).

Metode penentuan umur dapat dilakukan pada zat yang berbentuk padat, cair, dan gas. Diantara ketiga fase tersebut, fase gas adalah yang paling sering dilakukan karena mempunyai ketelitian yang baik dan preparasi yang tidak sulit. Pada prinsipnya pengukuran pada fase gas dapat dilakukan dalam bentuk gas karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) atau gas asetilena ( $\text{C}_2\text{H}_2$ ), tetapi penggunaan gas asetilena relatif bersifat lebih stabil sehingga dapat memberikan hasil yang lebih teliti (Taylor, 1992).

Tahapan reaksi kimia pembuatan gas asetilena berdasarkan *Training Report Radiocarbon Dating*, Universitas Tokyo Jepang yang dikerjakan di Laboratorium Radiokarbon Pusat Survei Geologi adalah sebagai berikut:

1. Senyawa organik +  $\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$
2.  $\text{CO}_2(\text{g}) + 2\text{NH}_4\text{OH}(\text{aq}) \rightarrow (\text{NH}_4)_2\text{CO}_3(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$
3.  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3(\text{aq}) + \text{CaCl}_2(\text{aq}) \rightarrow \text{CaCO}_3(\text{s}) + 2\text{NH}_4\text{Cl}(\text{aq})$
4.  $\text{CaCO}_3(\text{s}) + 2\text{HCl}(\text{l}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + \text{CaCl}_2(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$
5.  $\text{CO}_2(\text{g}) + 2\text{NH}_4\text{OH}(\text{aq}) \rightarrow (\text{NH}_4)_2\text{CO}_3(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$
6.  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3(\text{aq}) + \text{SrCl}_2(\text{aq}) \rightarrow \text{SrCO}_3(\text{s}) + 2\text{NH}_4\text{Cl}(\text{aq})$
7.  $2\text{SrCO}_3(\text{s}) + 5\text{Mg}(\text{s}) \rightarrow \text{SrC}_2(\text{s}) + 5\text{MgO}(\text{s}) + \text{SrO}(\text{s})$
8.  $\text{SrC}_2(\text{s}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow \text{C}_2\text{H}_2(\text{g}) + \text{Sr}(\text{OH})_2(\text{s})$

#### 4. PENGUKURAN AKTIVITAS C-14

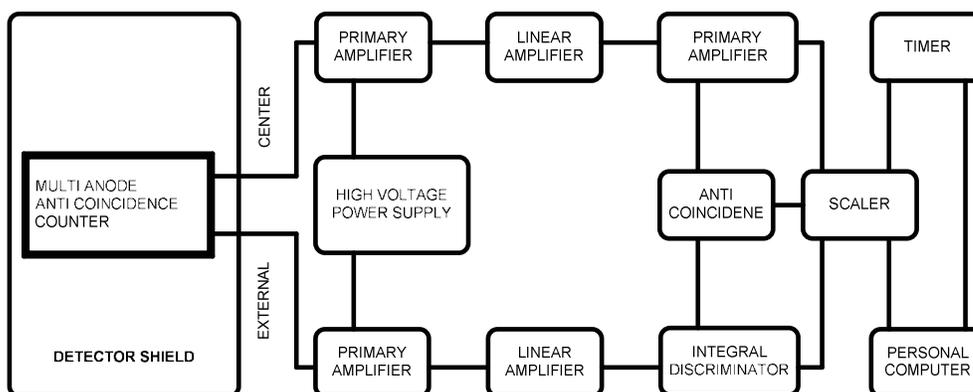
Gas  $\text{C}_2\text{H}_2$  yang diperoleh dari tahapan reaksi pembentukan gas asetilena dimasukkan ke dalam alat pencacah *Detector Multy Anode Anticoincidence* dan diukur kecepatan pencacahan dari aktivitas radioaktifnya dalam berbagai tegangan. Dari data yang diperoleh dibuat kurva kestabilan tegangan untuk menentukan tegangan *plateau*, yaitu tegangan

yang akan dipakai dalam pengukuran aktivitas isotop  $^{14}\text{C}$ . Tegangan yang digunakan kira-kira berada sepertiga dari awal kurva tegangan *plateau*. Waktu pencacahan diatur selama 50 menit untuk satu hitungan pencacahan. Untuk satu sampel dilakukan minimal sebanyak duapuluh cacahan agar dapat diketahui perbedaan standar deviasi masing-masing cacahan. Harga rata-rata dari cacahan tersebut yang merupakan nilai aktivitas sampel.

Skema Alat pencacah C-14 dilengkapi dengan detektor Multi Anode Anticoincidence (Type S-1859) terdiri dari *inner counter tube* (*center counter tube*) dan *outer counter tube* (*external counter tube*). *Inner counter tube* berguna untuk mendeteksi radioaktivitas isotop atom  $^{14}\text{C}$  yang berasal dari contoh, sedangkan *outer counter tube* berguna untuk mendeteksi adanya penetrasi komponen-komponen sinar kosmik dari luar yang masuk ke dalam detektor. Ditengah-tengah masing-masing tabung tersebut dipasang kawat yang berfungsi sebagai anoda dan katoda.

Tabung pencacah terbuat dari alumunium polietilena dengan ketebalan 0,1 mm, dengan diameter 72 mm dan panjang 300 mm. Bagian luar tabung ini terbuat dari *stainless steel* yang tebalnya 4 mm dengan diameter dalamnya 93 mm dan panjangnya 350 mm. Anoda terbuat dari kawat dengan diameter 0,05 mm yang kedua-duanya terbuat dari kawat tungsten. Pada pencacahannya dikelilingi oleh parafin dengan ketebalan 50 mm dan diselimuti oleh 250 mm baja di setiap sisinya.

Kemurnian gas asetilena yang masuk ke dalam pencacah mempunyai tekanan 760 mmHg pada temperatur ruangan. Temperatur ruangan harus diperiksa kurang lebih  $22^\circ\text{C}$  dengan menggunakan ruangan AC untuk menjaga agar gas tetap berada dalam kondisi optimum. Sinyal dari detektor akan menuju *amplifier* dan diteruskan ke sistem pengukuran yang diperlihatkan gambar berikut ini:



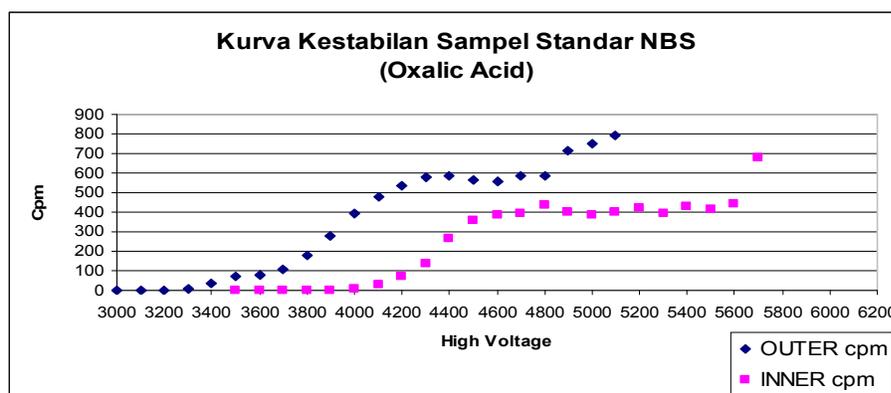
Gambar 1 Skema Alat Pencacah C-14 Dilengkapi dengan Detektor *Multy Anoda Anticoincidence Proportional Gas Counter (S—1859)* (Kobayashi, 1974)

### 5. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Data Kurva Kestabilan Standar NBS Oxalic Acid SRM 4990-C

No.	OUTER		INNER	
	Voltase	cpm	Cpm	Voltase
1	3000	1	0	3500
2	3100	0	0	3600
3	3200	1	0	3700
4	3300	7	3	3800
5	3400	37	0	3900
6	3500	69	10	4000
7	3600	75	31	4100
8	3700	109	68	4200
9	3800	179	138	4300
10	3900	278	267	4400
11	4000	396	355	4500
12	4100	477	387	4600

No.	OUTER		INNER	
	Voltase	cpm	Cpm	Voltase
13	4200	538	394	4700
14	4300	579	436	4800
15	4400	584	403	4900
16	4500	565	387	5000
17	4600	554	398	5100
18	4700	589	419	5200
19	4800	586	393	5300
20	4900	715	427	5400
21	5000	748	411	5500
22	5100	791	445	5600
23	5200		678	5700
24	5300			5800
25	5400			5900





**DATA AKTIVITAS RADIOKARBON**

1. Standar NBS Oxalic Acid SRM 4990-C  
(f = 0.7459)

Time (min)	Anti-Coin (±)		Activity (cpm) (±)	
	100.00	2149.00	46.36	21.49
100.00	2259.00	47.53	22.59	0.48
100.00	2216.00	47.07	22.16	0.47
100.00	2183.00	46.72	21.83	0.47
100.00	2195.00	46.85	21.95	0.47
100.00	2253.00	47.47	22.53	0.47
100.00	2264.00	47.58	22.64	0.48
100.00	2174.00	46.63	21.74	0.47
100.00	2175.00	46.64	21.75	0.47
100.00	2219.00	47.11	22.19	0.47
Total				
1000.00	22087.00	148.62	22.09	0.15

Background counting = 1.07 ± .03 (cpm)  
(Marble)

Sample counting = 22.09 ± .15 (cpm)

Ct = {(22.09 ± .15) - (1.07 ± .03)} x f (f = 1)  
= 21.02 ± .153 (cpm)

Aktivitasnya sesuai dengan sertifikat yang diterima harus dikalikan dengan suatu faktor sebagai berikut:

= 21.02 ± 0.153 x 0.7459

= 15.678 ± 0.114

= 15.68 ± 0.11

2. Gula Madiun

Time (min)	Anti-Coin (±)		Activity (cpm) (±)	
	100.00	1978.00	44.47	19.78
100.00	1967.00	44.35	19.67	0.44
100.00	1956.00	44.23	19.56	0.44
100.00	1975.00	44.44	19.75	0.44
100.00	1956.00	44.23	19.56	0.44
100.00	1977.00	44.46	19.77	0.44
100.00	1956.00	44.23	19.56	0.44
100.00	1957.00	44.24	19.57	0.44
100.00	1967.00	44.35	19.67	0.44
100.00	1957.00	44.24	19.57	0.44
Total				
1000.00	19646.00	140.16	19.65	0.14

Background counting = 1.07 ± .03 (cpm)

(Marble)

Sample counting = 19.65 ± .14 (cpm)

Ct = {(19.65 ± .14) - (1.07 ± .03)} x f (f = 1)  
= 18.58 ± .143 (cpm)

Bila mengacu kepada Standar NBS Oxalic Acid (SRM 4990-C) maka aktivitasnya harus dikalikan dengan faktor sebagai berikut :

$$f = \frac{15.68}{18.58} = 0.8439$$

Bila diambil nilai rata-rata dari ketiga faktor tersebut di atas adalah:

$$\frac{(0.8408+0.8403+0.8417)}{3} = 0.84093$$

3. Gula Subang

Time (min)	Anti-Coin (±)		Activity (cpm)(±)	
	100.00	1783.00	42.23	17.83
100.00	1776.00	42.14	17.76	0.42
100.00	1742.00	41.74	17.42	0.42
100.00	1783.00	42.23	17.83	0.42
100.00	1779.00	42.18	17.79	0.42
100.00	1747.00	41.80	17.47	0.42
100.00	1771.00	42.08	17.71	0.42
100.00	1768.00	42.05	17.68	0.42
100.00	1753.00	41.87	17.53	0.42
100.00	1781.00	42.20	17.81	0.42
Total				
1000.00	17683.00	132.98	17.68	0.13

Background counting = 1.07 ± .03 (cpm)  
(Marble)

Sample counting = 17.68 ± .13 (cpm)

Ct = {(17.68 ± .13) - (1.07 ± .03)} x f (f = 1)  
= 16.61 ± .133 (cpm)

Bila mengacu kepada Standar NBS Oxalic Acid (SRM 4990-C) maka aktivitasnya harus dikalikan dengan faktor sebagai berikut:

$$f = \frac{15.68}{16.61} = 0.9440$$

4. Gula Cirebon

Time (min)	Anti-Coin (±)		Activity (cpm) (±)	
100.00	1835.00	42.84	18.35	0.43
100.00	1806.00	42.50	18.06	0.42
100.00	1818.00	42.64	18.18	0.43
100.00	1807.00	42.51	18.07	0.43
100.00	1830.00	42.78	18.30	0.43
100.00	1823.00	42.70	18.23	0.43
100.00	1798.00	42.40	17.98	0.42
100.00	1835.00	42.84	18.35	0.43
100.00	1828.00	42.76	18.28	0.43
100.00	1822.00	42.68	18.22	0.43
Total				
1000.00	18202.00	134.91	18.20	0.13

Background counting = 1.07 ± .03 (cpm)  
(Marble)

Sample counting = 18.20 ± .13 (cpm)

$$Ct = \{(18.20 \pm .13) - (1.07 \pm .03)\} \times f \quad (f = 1)$$

$$= 17.13 \pm .133 \text{ (cpm)}$$

Bila mengacu kepada Standar NBS Oxalic Acid (SRM 4990-C) maka aktivitasnya harus dikalikan dengan faktor sebagai berikut :

$$f = \frac{15.68}{17.13} = 0.9154$$

5. Gula Majalengka

Time (min)	Anti-Coin (±)		Activity (cpm) (±)	
100.00	1825.00	42.72	18.25	0.43
100.00	1820.00	42.66	18.20	0.43
100.00	1853.00	43.05	18.53	0.43
100.00	1828.00	42.76	18.28	0.43
100.00	1817.00	42.63	18.17	0.43
100.00	1839.00	42.88	18.39	0.43
100.00	1840.00	42.90	18.40	0.43
100.00	1836.00	42.85	18.36	0.43
100.00	1844.00	42.94	18.44	0.43
100.00	1838.00	42.87	18.38	0.43
Total				
1000.00	18340.00	135.43	18.34	0.14

Background counting = 1.07 ± .03 (cpm)  
(Marble)

Sample counting = 18.34 ± .14 (cpm)

$$Ct = \{(18.34 \pm .14) - (1.07 \pm .03)\} \times f \quad (f = 1)$$

$$= 17.27 \pm .143 \text{ (cpm)}$$

Bila mengacu kepada Standar NBS Oxalic Acid (SRM 4990-C) maka aktivitasnya harus dikalikan dengan faktor sebagai berikut:

$$f = \frac{15.68}{17.27} = 0.9079$$

Dari keempat sampel gula yang ditentukan aktivitas radioaktif C-14 yang mendekati standar internasional adalah gula dari Madiun dengan data sebagai berikut:

- NBS Oxalic Acid SRM 4990 – C faktor = 0.7459
- Gula Madiun faktor = 0.8439
- Gula Majalengka faktor = 0.9079
- Gula Cirebon faktor = 0.9154
- Gula Subang faktor = 0.9440

Selanjutnya dilakukan percobaan gula Madiun dengan tiga kali pembuatan gas Asetilena dan pengukuran aktivitas karbon radioaktif juga sebanyak tiga kali. Adapun data dari pengukuran aktivitas radioaktif Gula tersebut adalah sebagai berikut ini:

Gula Madiun Pengukuran I

Time (min)	Anti-Coin (±)		Activity (cpm)(±)	
100.00	1979.00	44.49	19.79	0.44
100.00	1982.00	44.52	19.82	0.45
100.00	1968.00	44.36	19.68	0.44
100.00	1971.00	44.40	19.71	0.44
100.00	1958.00	44.25	19.58	0.44
100.00	1981.00	44.51	19.81	0.45
100.00	1977.00	44.46	19.77	0.44
100.00	1969.00	44.37	19.69	0.44
100.00	1955.00	44.22	19.55	0.44
100.00	1980.00	44.50	19.80	0.44
Total				
1000.00	19720.00	140.43	19.72	0.14

Background counting = 1.07 ± .03 (cpm)  
(Marble)

Sample counting = 19.72 ± .14 (cpm)

$$Ct = \{(19.72 \pm .14) - (1.07 \pm .03)\} \times f \quad (f = 1)$$

$$= 18.65 \pm .143 \text{ (cpm)}$$

Bila mengacu kepada Standar NBS Oxalic Acid (SRM 4990-C) maka aktivitasnya harus dikalikan dengan faktor sebagai berikut :

$$f = \frac{15.68}{18.65} = 0.8408$$

Gula Madiun Pengukuran II

Time (min)	Anti-Coin (±)		Activity (cpm)(±)	
100.00	1988.00	44.59	19.88	0.45
100.00	1962.00	44.29	19.62	0.44
100.00	1974.00	44.43	19.74	0.44
100.00	1958.00	44.25	19.58	0.44
100.00	1983.00	44.53	19.83	0.45
100.00	1968.00	44.36	19.68	0.44
100.00	1973.00	44.42	19.73	0.44
100.00	1984.00	44.54	19.84	0.45
100.00	1956.00	44.23	19.56	0.44
100.00	1984.00	44.54	19.84	0.45
Total	1000.00	19730.00	140.46	19.73 0.14

Background counting = 1.07 ± .03 (cpm) (Marble)

Sample counting = 19.73 ± .14 (cpm)

$$Ct = \{(19.73 \pm .14) - (1.07 \pm .03)\} \times f \quad (f = 1)$$

$$= 18.66 \pm .143 \text{ (cpm)}$$

Bila mengacu kepada Standar NBS Oxalic Acid (SRM 4990-C) maka aktivitasnya harus dikalikan dengan faktor sebagai berikut :

$$f = \frac{15.68}{18.66} = 0.8403$$

Gula Madiun Pengukuran III

Time (min)	Anti-Coin (±)		Activity (cpm)(±)	
100.00	1963.00	44.31	19.63	0.44
100.00	1978.00	44.47	19.78	0.44
100.00	1985.00	44.55	19.85	0.45
100.00	1959.00	44.26	19.59	0.44
100.00	1981.00	44.51	19.81	0.45
100.00	1969.00	44.37	19.69	0.44
100.00	1979.00	44.49	19.79	0.44

Time (min)	Anti-Coin (±)		Activity (cpm)(±)	
100.00	1962.00	44.29	19.62	0.44
100.00	1957.00	44.24	19.57	0.44
100.00	1962.00	44.29	19.62	0.44
Total	1000.00	19695.00	140.34	19.72 0.14

Background counting = 1.07 ± .03 (cpm) (Marble)

Sample counting = 19.7 ± .14 (cpm)

$$Ct = \{(19.7 \pm .14) - (1.07 \pm .03)\} \times f \quad (f = 1)$$

$$= 18.63 \pm .143 \text{ (cpm)}$$

Bila mengacu kepada Standar NBS Oxalic Acid (SRM 4990-C) maka aktivitasnya harus dikalikan dengan faktor sebagai berikut:

$$f = \frac{15.68}{18.63} = 0.8417$$

Bila diambil nilai rata-rata dari ketiga faktor tersebut diatas adalah:

$$\frac{(0.8408+0.8403+0.8417)}{3} = 0.84093$$

nilai faktor antar satu pengukuran dengan pengukuran yang lain tidak jauh berbeda, nilai rata-rata merupakan nilai faktor yang kita pakai untuk pentarikan dengan Metode radiokarbon.

Sebagai in house material standar maka gula dari Madiun ini setiap 3 bulan harus distandarkan dengan NBS Oxalic Acid SRM 4990-C untuk mendapatkan nilai yang optimal.

Sehingga kita dapat mengurangi ketergantungan dengan standar Internasional yang harganya cukup mahal dan agak susah untuk mendapatkannya.

## 6. SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil percobaan dari beberapa gula dari produksi di Indonesia maka gula dari Madiun dapat dijadikan sebagai salah satu alternatif sebagai standar Modern karbon pada pentarikan radiokarbon (sebagai in house material standar) dengan faktor 0.84093.

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan produksi gula dari berbagai daerah di Indonesia agar diperoleh hasil yang optimal.

### DAFTAR PUSTAKA

1. Beiser, A. 1987. *Konsep Fisika Modern*. Edisi IV. Diterjemahkan oleh Houw Liong. Jakarta : Erlangga
2. Faure, G. 1977. *Principles of Isotop Geology*. New York : John Willey and Sons
3. Garrels, R.M. 1951. *A Text Book of Geology*. New York : Harper and Brother Publisher
4. Gilluly, J., Waters, A.C., Woodford, A.O. 1968. *Principles of Geology*. San Fransisco: W. H Freeman and Company
5. Hyndman, D. W. 1985. *Petrology of Igneous and Metamorphic Rock*. New York : Mc. Graw Hill Book Company
6. Libby, W. F. 1951. *Radiocarbon Datting*. Chicago : University of Chicago Press
7. Kamen, M.D. 1963. Early History of Carbon-14. *Science*. 140, 564-590
8. Kobayashi, H. 1974. *Radiocarbon Datting*. University Japan: Radiocarbon Dating Measurement V
9. Siregar, D. A. 1986. *Training Report Radiocarbon C-14 Datting*. Tokyo University
10. Japan: *Geological Research and Development Centre*
11. Anwar Hadi, 2000. *Sistim Manajemen Mutu Laboratorium*: PT Gramedia Pustaka Utama Jakarta, 1-5
12. Taylor, R. E. 1992. *Radiocarbon Dating of Bone*. New York:Springer Verlag

### BIODATA

#### **Darwin Alijasa Siregar**

Penulis saat ini bekerja di Badan Geologi, Pusat Survei Geologi, Bandung. Penulis menamatkan pendidikan S1 (FMIFA-Kimia) di Universitas Padjadjaran pada tahun 1982 di Bandung. Pada tahun 1987 mendapat kesempatan mengikuti training tentang Radiokarbon di Universitas Tokyo, Jepang selama 6 bulan. Saat ini penulis bekerja sebagai staf Peneliti Bidang Sarana Teknik, Laboratorium Radiokarbon(Geokronologi)