

PENANGGALAN ^{14}C UNTUK MENENTUKAN UMUR PELAPUKAN TANAH DENGAN METODE RADIOKARBON

RADIOCARBON METHOD ON ^{14}C DATING FOR AGE DETERMINATION OF TIMBER DETERIORATION

Darwin A. Siregar¹ & Satrio²

¹Pusat Survei Geologi-Bandung

²Pusat Aplikasi Teknologi Isotop dan Radiasi, BATAN – Jakarta

darwinalijasa@yahoo.com

satrio@batan.go.id

ABSTRACT

Radiocarbon dating is a tool for age determination of a carbon sample. During the time, synthesis benzene method is used for age determination mentioned. By this method it could be analyzed one sample per day only with high material cost. Lately, it has been developed a new method, namely CO_2 absorption method. The latest method is often called as direct counting CO_2 , because radioisotope of ^{14}C in CO_2 is counted directly and converted to age. The aim of the development and the use of the method are supporting some research in isotope hydrology, oceanography, climatology, geology, and archeology by faster, economic and practice. The result of ^{14}C analyses for the same sample using the CO_2 absorption when compared to the synthesis benzene method is relatively equal.

Keywords: ^{14}C Dating, CO_2 Absorption, Synthesis Benzene Method

ABSTRAK

Penanggalan ^{14}C untuk menentukan umur sampel karbon selama ini dilakukan dengan metode sintesis benzena (C_6H_6). Dengan metode ini dapat dianalisis satu sampel dalam sehari dengan biaya bahan yang relatif tinggi. Akhir-akhir ini telah dikembangkan metode baru, yaitu metode absorpsi CO_2 . Metode terakhir ini sering disebut *direct counting CO_2* , karena radioisotop ^{14}C yang terkandung didalamnya secara langsung dicacah dan dikonversi menjadi umur. Pengembangan dan penerapan metode ini dilakukan dengan tujuan mendukung berbagai penelitian hidrologi, kelautan, klimatologi, geologi dan arkeologi secara lebih cepat, ekonomis dan praktis. Hasil analisis ^{14}C untuk sampel yang sama menggunakan metode absorpsi CO_2 dibandingkan metode sintesis benzena relatif sama.

Kata kunci: Penanggalan ^{14}C , Absorpsi CO_2 , Metode Sintesis Benzena

PENDAHULUAN

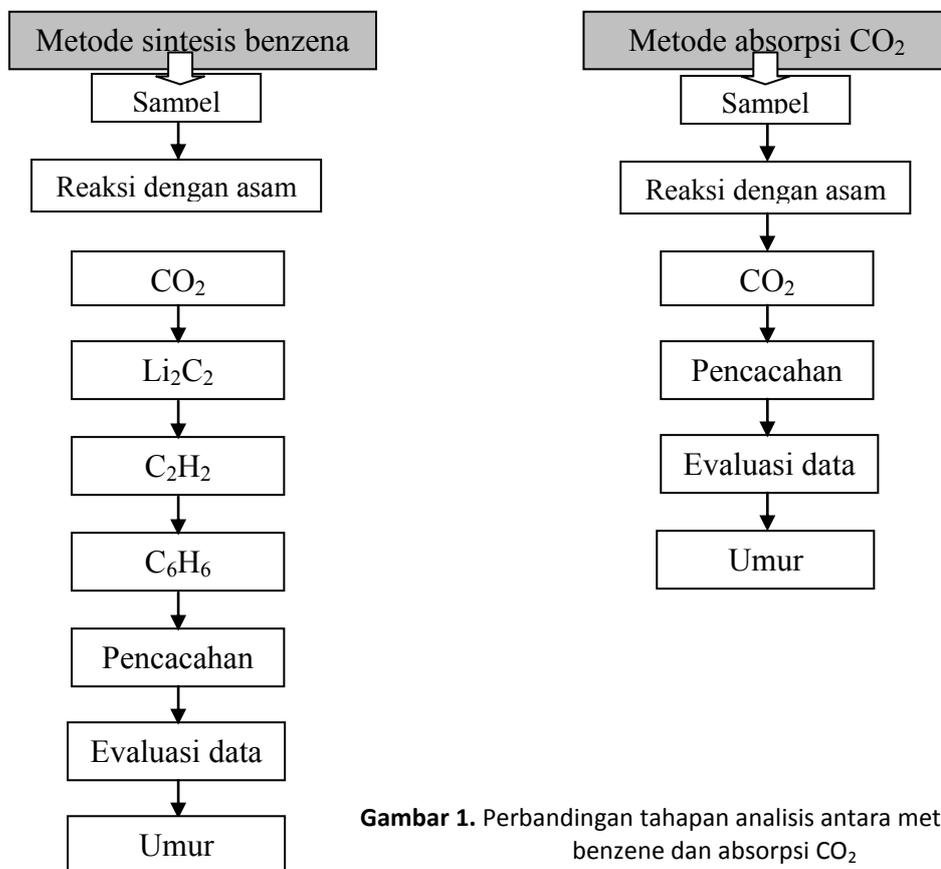
Radioisotop ^{14}C merupakan salah satu isotop radioaktif alam yang paling umum digunakan untuk penanggalan atau penentuan umur sampel yang mengandung karbon. Sampel dapat berupa bahan organik (fosil, kerang, kayu) dan anorganik (air tanah dalam bentuk ekstrak BaCO_3 , sedimen laut, batuan karbonat). Bidang penelitian yang telah memanfaatkan metode ini antara lain hidrologi, geologi dan arkeologi (Gupta, et. al., 1985).

Proses penentuan umur menggunakan radioisotop ^{14}C dapat dilakukan dengan cara mencacah ^{14}C dalam bentuk senyawa CO_2 atau CH_4 menggunakan alat pencacah

gas. Juga dapat dilakukan dengan pencacah sintilasi cair dalam bentuk senyawa benzena (C_6H_6). Kedua metode konvensional tersebut melibatkan penggunaan alat preparasi sampel yang cukup rumit dan panjang sehingga memerlukan tenaga analis dengan ketrampilan teknis yang baik. Faktor lainnya yang menjadi alasan kedua metode tersebut mulai ditinggalkan adalah biaya bahan yang cukup tinggi, terlalu lamanya proses analisis dan masalah keselamatan yang kurang terjamin (Qureshi, R. M., et. al., 1989 dan Kuk, L., et. al., 1997)

Dengan latar belakang seperti itu, dikembangkan dan diterapkan metode baru yang lebih menjamin keselamatan kerja, yaitu metode *absorpsi CO₂*. Metode ini dilakukan dengan cara mencacah CO_2 yang terserap oleh larutan absorber. Metode ini merupakan metode alternatif terhadap metode sintesis benzena yang pada dua dekade terakhir ini terus dikembangkan dan digunakan oleh banyak peneliti. Dengan metode ini dapat dianalisis paling sedikit lima sampel sehari dengan preparasi sampel yang lebih singkat. Penggunaan metode absorpsi dapat menentukan umur hingga 35.000 tahun.

Metode absorpsi CO_2 sering disebut juga metode *direct counting ¹⁴CO₂*, karena aktivitas sampel ^{14}C dalam CO_2 langsung dicacah dan kemudian dikonversi menjadi umur. Analisis sampel dengan metode ini melibatkan pemakaian absorpsi kimia CO_2 yang pada umumnya tersedia dalam bentuk larutan Carbosorb dan larutan sintilator. Setelah proses absorpsi, sampel ditempatkan dalam vial gelas untuk kemudian dicacah aktivitas ^{14}C -nya. Jumlah karbon yang terserap secara normal ditentukan berdasarkan perbedaan bobot diantara jumlah larutan absorber (Sintilator/Carbosorb) yang diketahui dengan CO_2 yang terserap di dalam larutan tersebut (Nair, A. R., et. al., 1995 dan Aravena, R. O., 1989). Hasil pengukuran yang dihasilkan dengan menggunakan metode absorpsi CO_2 dapat menghemat lamanya analisis sampel, bila dibandingkan dengan metoda sintesis benzena yang telah digunakan selama ini di banyak laboratorium pertanggalan karbon. Diagram alir di bawah ini akan memberikan gambaran mengenai perbedaan tahapan analisis diantara kedua metode tersebut.



Gambar 1. Perbandingan tahapan analisis antara metode sintesis benzene dan absorpsi CO_2

METODOLOGI ABSORPSI CO₂

Carbosorb dan Sintilator (disingkat: larutan C/S). Carbosorb digunakan sebagai penyerap CO₂, baik CO₂ yang berasal dari sampel, latar belakang maupun standar. Carbosorb tersebut dicampur dengan sintilator dengan perbandingan 1:1. Komposisi sintilator sendiri terdiri atas toluena, PPO dan POPOP yang berfungsi mengubah emisi β dari ¹⁴CO₂ menjadi foton cahaya. Selama proses pencampuran kedua larutan tersebut dialirkan gas N₂ untuk mengeliminasi kontaminasi CO₂ udara. Sebanyak 30 ml larutan C/S tersebut digunakan pada analisis sampel.

Standar dan latar belakang. Standar yang digunakan untuk konversi aktivitas menjadi umur adalah SRM-4990C yang berasal dari National Bureau Standard USA. Sedangkan sebagai larutan latar belakang digunakan 21 ml larutan C/S (bebas CO₂) yang dimasukkan ke dalam vial gelas berkapasitas 21 ml. Latar belakang ini berfungsi untuk menangkap radiasi lingkungan di sekitar pencacah berada.

1. Preparasi larutan absorber

Semua bagian alat termasuk silinder ukur terlebih dahulu harus dibersihkan menggunakan toluena kemudian acetone, dicuci dengan air dan dibilas dengan air akuades. Semuanya, kecuali sumbat harus dikeringkan di dalam pengering (oven). Sumbat *stainless steel* harus dibersihkan menggunakan kain katun, dicuci dengan acetone dan kemudian dikeringkan dengan *hair-dryer*. Tuangkan sejumlah larutan Sintilator ke dalam botol berukuran 1 liter diikuti dengan Carbosorb dengan proporsi sebagai berikut:

$$\text{Rasio} = \frac{\text{Sintilator (S) 250 ml}}{\text{Carbosorb (C) 250 ml}} = \text{-----}$$

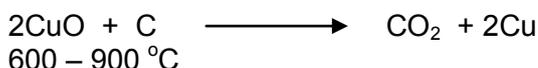
Tuangkan larutan S/C tersebut ke dalam botol penampung absorber dan tutup dengan sumbat *stainless steel*. Yakinkan penutup teflon berada ditempatnya. Eliminasi udara dari botol tersebut dengan mengalirkan gas nitrogen dalam arah berlawanan katup *outlet*. Buka kedua katup sampai semua udara didalamnya keluar (kira-kira 5 menit). Tutup katup *inlet* dan beri tekanan pada botol penampung absorber tersebut. Tutup katup *outlet* dan hubungkan selang dari tangki nitrogen ke selang dari katup *inlet*, kemudian buka katup bagian *septum port*. Larutan tersebut akan keluar lewat tabung outlet. Buka katup *outlet* dan salurkan sejumlah larutan tersebut kemudian dibuang untuk mengecek penutup botol. Tutup semua katup dan periksa kembali kalau masih ada bocoran, kemudian tutup botol dengan plastik hitam. Larutan tersebut sekarang siap digunakan. Lihat dengan teliti petunjuk tekanan beberapa jam untuk memastikan penutup botol benar-benar rapat.

2. Preparasi sampel

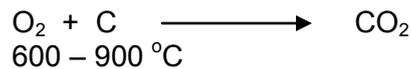
Preparasi sampel anorganik seperti air tanah (BaCO₃, CaCO₃) dan sampel organik dalam bentuk senyawa CaCO₃ (fosil, arang) dilakukan dalam alat preparatio CO₂-line dalam kondisi vakum. Sampel karbonat tersebut kemudian direaksikan dengan HCl 10% sehingga diperoleh CO₂ melalui reaksi berikut.



Sedangkan untuk sampel organik, umumnya dilakukan dengan cara pembakaran pada temperatur antara 600 – 900 °C dalam kondisi vakum. Dalam proses pembakaran diperlukan oksidator CuO dan atau gas oksigen sehingga diperoleh CO₂ melalui reaksi berikut.



Atau jika ditambahkan oksigen, reaksinya:



Sebanyak kira-kira lima liter CO₂ ditampung dalam tabung *stainless steel*. Dengan mengalirkan gas N₂ HP ke kolom absorpsi CO₂, tuangkan 30 ml larutan S/C ke dalamnya.

Sambil terus mengalirkan gas N₂ HP, hilangkan kevakuman pada tabung CO₂, setelah itu mulai dilakukan proses absorpsi dengan membuka *valve* ke tabung penampung CO₂ sampel. Selama proses absorpsi, akan timbul panas hingga mencapai sekitar 60 °C. Setelah larutan jenuh temperaturnya berangsur-angsur menurun hingga kembali ke temperatur kamar. Setelah proses absorpsi selesai, larutan yang terbentuk langsung dikururkan ke dalam labu *erlenmeyer* sambil dialiri gas N₂. Sebanyak 21 ml larutan tersebut diambil dan dituangkan ke dalam vial gelas 21 ml dengan menggunakan pipet volumetrik.

3. Perhitungan data cacahan

Radioisotop ¹⁴C yang terkandung dalam ¹⁴CO₂ kemudian dicacah pada pencacah sintilasi cair selama 20 menit 50 kali pengulangan atau 1000 menit. Lamanya pencacahan dapat diubah bila diperlukan. Hasil pencacahan sampel selanjutnya dihitung melalui persamaan-persamaan di bawah ini.

Cacahan total sampel rata-rata (cpm) = $C_{s+b} \pm \sigma A_{s+b}$

Cacahan bersih sampel dihitung dengan persamaan:

$$A_s \pm \sigma A_s = (C_{s+b} - B) / \text{carb} \pm \sqrt{[(\sigma C_{s+b})^2 + (\sigma B)^2] / \text{carb}}$$

dengan: carb = carbon yang terabsorpsi dalam 21 ml larutan S/C (gram).

4. Perhitungan umur

Perhitungan umur, baik dengan metode sintesis benzena maupun absorpsi CO₂ dihitung dengan memasukkan koreksi $\delta^{13}\text{C}$ yang diukur menggunakan Spektrometer Massa. Perhitungan sebenarnya cukup panjang sehingga dibuat dalam program Pascal atau Excel, tetapi secara umum konversi dari hasil cacahan menjadi umur ditentukan menggunakan persamaan berikut.

- Normalisasi cacahan bersih standard terhadap peluruhan radioaktif ¹⁴C sejak 1950:

$$A_{OX} = A_{STD} \exp \{ \lambda \cdot (y - 1950) \}$$

dimana λ : konstanta peluruhan ¹⁴C ($\lambda = 1.24 \times 10^{-4} \text{ y}^{-1}$)

y : tahun pengukuran standar

- Cacahan standar ternormalisasi:

$$A_{ON} = 0,745 A_{OX} [1 - 2(\delta^{13}\text{C}_{OX} + 19) / 1000]$$

dengan A_{OX} = cacahan bersih standar (cpm)

$\delta^{13}\text{C}_{OX}$ = nilai koreksi ¹³C standar (‰)

- Fraksi modern (f) sampel:

$$f \pm \sigma f = A_s / A_{ON} \pm (A_s / A_{ON}) \cdot \sqrt{(\sigma A_s / A_s)^2 + (\sigma A_{ON} / A_{ON})^2}$$

- Penyimpangan dari standar (‰):

$$d^{14}\text{C} \pm \sigma d^{14}\text{C} = (A_s / A_{ON} - 1) \cdot 1000 \pm 1000 \cdot \sigma f$$

- Cacahan sampel ternormalisasi (‰):

$$A_{SN} = A_s [1 - 2(\delta^{13}\text{C}_s + 25) / 1000]$$

dengan A_s = cacahan bersih sampel (cpm)

$\delta^{13}\text{C}_s$ = nilai koreksi ¹³C sampel (‰)

- Penyimpangan setelah normalisasi (‰):

$$D^{14}\text{C} \pm \sigma D^{14}\text{C} = (A_{SN} / A_{ON} - 1) \cdot 1000 \pm \sigma d^{14}\text{C}$$

- Persen modern carbon (pmC):

$$\text{pmC} \pm \sigma \text{pmC} = (100 + D^{14}\text{C} / 10) \pm \sigma D^{14}\text{C} / 10$$

➤ Umur (tahun):

$$t = 8267 \ln (A_{ON}/A_{SN})$$
$$= -8267 \ln (1+D^{14}C /1000)$$

dengan kesalahan umur (tak simetrik):

$$+\sigma = -8267 \ln [1+(D^{14}C-\sigma D^{14}C)/1000] - t$$

$$-\sigma = t + 8267 \ln [1+(D^{14}C-\sigma D^{14}C)/1000]$$

dengan t = umur (tahun).

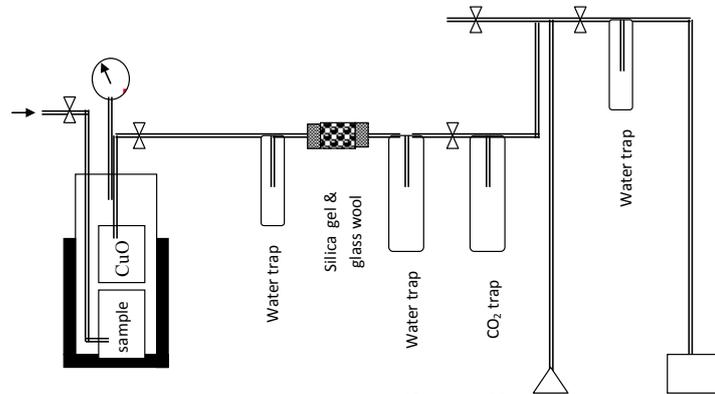
PENENTUAN UMUR PELAPUKAN TANAH DENGAN RADIOISOTOP ^{14}C

Preparasi Sampel

Dalam analisis penentuan umur pelapukan tanah dengan radioisotop ^{14}C , pembakaran sampel tanah dilakukan di dalam tabung pembakar yang merupakan bagian dari perangkat CO_2 -line . Dalam proses pembakaran diperlukan oksidator agar pada temperatur tinggi terjadi reaksi antara oksigen (O_2) dari oksidator dengan sampel organik. Salah satu oksidator tersebut adalah Cupri Oksida (CuO). CuO merupakan oksidator kuat sehingga sangat diperlukan dalam proses pembakaran sampel organik.

Hasil dari reaksi pembakaran tersebut adalah CO_2 . Hasil inilah yang kemudian sangat diperlukan untuk analisis ^{13}C dan ^{14}C . Kebutuhan akan oksidator CuO dalam analisis ini disesuaikan dengan bobot sampel yang akan dibakar. Dalam hal ini semakin besar bobot sampel, maka semakin besar pula bobot oksidator CuO yang dibutuhkan. Untuk melihat seberapa banyak kebutuhan CuO dalam pembakaran sampel organik, maka dilakukan sejumlah pengujian agar diperoleh perbandingan yang sesuai. Hasil dari pengujian tersebut kemudian dijadikan sebagai acuan dalam proses pembakaran sampel-sampel organik selanjutnya, sehingga teknik ini sangat relevan dalam menunjang berbagai penelitian yang berhubungan dengan sampel organik.

Rangkaian alat analisis yang digunakan dalam metode ini diskematisasikan sebagaimana terlihat pada gambar berikut ini.



Gambar 2. Rangkaian alat CO_2 untuk analisis ^{13}C dan ^{14}C dengan teknik pembakaran

Preparasi sampel tanah dalam rangkaian analisis ini, sebelum dilakukan proses pembakaran, sampel tanah sebelumnya dipanaskan terlebih dahulu dalam alat pemanas pada temperatur $200\text{ }^{\circ}C$ selama 12 jam. Tujuan dari pemanasan sampel tanah dengan temperatur yang demikian adalah untuk menguapkan kandungan air yang masih terkandung dalam sampel tanah dan membakar zat-zat pengotor yang kemungkinan menyatu dengan sampel..

Dalam proses pembakaran ini diperlukan oksidator CuO dan gas oksigen. Sampel tanah dan CuO dicampur hingga merata dengan perbandingan 3:1. Penambahan oksigen dalam proses pembakaran ini hanya dilakukan jika diperlukan saja. Dalam hal ini penambahan oksigen dilakukan dengan tujuan untuk mencapai pembakaran yang

sempurna. Campuran tanah dan CuO kemudian ditempatkan didalam tabung pembakar dan siap untuk dibakar. Proses pembakaran dilakukan pada temperatur 900 °C dalam kondisi vakum yang umumnya berlangsung selama 2 jam.

Pembakaran sampel dan Oksigen menghasilkan CO₂ melalui reaksi berikut ^[4].

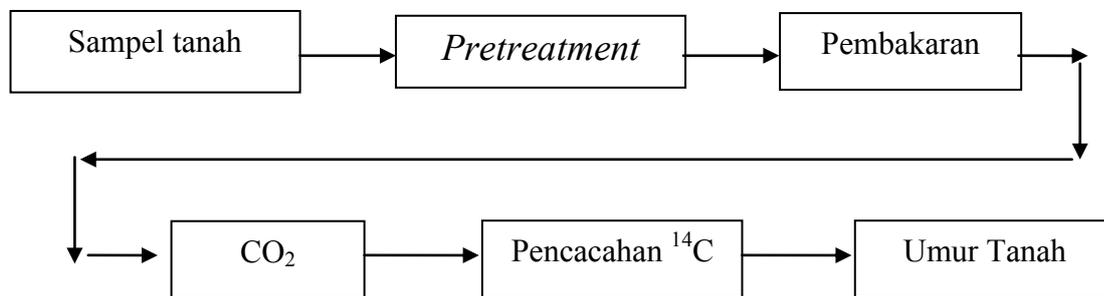


Atau jika ditambahkan oksigen, reaksinya:



Proses pembakaran sampel tanah hingga diperoleh CO₂ berlangsung selama 2 jam. CO₂ yang terbentuk selama pembakaran kemudian ditampung pada labu penangkap CO₂ dengan temperatur -180 °C. CO₂ tersebut kemudian diukur aktivitas ¹⁴C-nya menggunakan pencacah sintilasi cair (LSC/Liquid Syntillation Counter) melalui proses penyerapan oleh Carbosorb.

Secara garis besar, analisis ¹⁴C dari sampel tanah dapat dilihat pada diagram alir di bawah ini .



Gambar 3. Diagram alir analisis sampel tanah dengan metode radiokarbon.

Analisis sampel dengan metode ini melibatkan pemakaian absorpsi kimia CO₂ yang pada umumnya tersedia dalam bentuk larutan *Carbosorb* dan larutan sintilator. Setelah proses absorpsi, sampel ditempatkan dalam vial gelas untuk kemudian dicacah aktivitas ¹⁴C-nya. Jumlah karbon yang terserap secara normal ditentukan berdasarkan perbedaan bobot di antara jumlah larutan absorber (Sintilator/Carbosorb) yang diketahui dengan CO₂ yang terserap (Nair, A. R., et. al., 1995 dan Aravena, R. O., 1989).

Carbosorb dan Sintilator (disingkat: larutan C/S). Carbosorb digunakan sebagai penyerap CO₂, baik CO₂ yang berasal dari sampel, latar belakang maupun standar. Carbosorb tersebut dicampur dengan sintilator dengan perbandingan 1:1. Komposisi sintilator sendiri terdiri atas toluena, PPO dan POPOP yang berfungsi mengubah emisi β dari ¹⁴CO₂ menjadi foton cahaya. Selama proses pencampuran kedua larutan tersebut dialirkan gas N₂ untuk mengeliminasi kontaminasi CO₂ udara. Sebanyak 35 ml larutan C/S tersebut digunakan pada analisis sampel.

Standar yang digunakan untuk konversi aktivitas menjadi umur adalah SRM-4990C yang berasal dari *National Bureau Standard USA*. Sedangkan sebagai larutan latar belakang digunakan 21 ml larutan C/S (bebas CO₂) yang dimasukkan ke dalam vial gelas berkapasitas 21 ml. Latar belakang ini berfungsi untuk menangkap radiasi lingkungan di sekitar pencacah berada.

Perhitungan Data Cacahan

Radioisotop ¹⁴C yang terkandung dalam ¹⁴CO₂ kemudian dicacah pada pencacah sintilasi cair selama 20 menit 50 kali pengulangan atau 1000 menit. Lamanya pencacahan dapat diubah bila diperlukan. Hasil pencacahan sampel selanjutnya dihitung melalui persamaan-persamaan .

$$\text{Cacahan total sampel rata-rata (cpm)} = C_{s+b} \pm \sigma A_{s+b}$$

Cacahan bersih sampel dihitung dengan persamaan:

$$A_s \pm \sigma A_s = (C_{s+b} - B) / carb \pm \sqrt{[(\sigma C_{s+b})^2 + (\sigma B)^2] / carb}$$

dengan: carb = carbon yang terabsorpsi dalam 21 ml larutan S/C (gram).

Sementara itu untuk penghitungan umur sampel dihitung dengan persamaan Secara umum konversi dari hasil cacahan menjadi umur ditentukan menggunakan persamaan berikut.

$$t = 8267 \ln (A_{ON} / A_{SN})$$

dengan t = umur (tahun)

A_{ON} = aktivitas standar ternormalisasi

A_{SN} = aktivitas sampel ternormalisasi

Pada prinsipnya pencacahan ini mengacu pada proses pelapukan tanah dari zat-zat organik yang merupakan gejala alamiah yang biasa terjadi di alam. Proses ini memerlukan waktu dan sangat diperengaruhi oleh kondisi lingkungan sekelilingnya sehingga mempengaruhi pula perubahan terhadap aktivitas karbonnya (^{14}C). Pada saat mulai lapuk, aktivitasnya ^{14}C -nya dianggap 100 pMC (percent Modern Carbon) dengan umur nol tahun. Sejalan dengan pertambahan waktu, aktivitas ^{14}C -nya terus meluruh sehingga zat lapuk tersebut memiliki umur. Melalui teknik pembakaran umur pelapukan tanah tersebut dapat diketahui. Konversi karbon menjadi $^{14}\text{CO}_2$ dilakukan dalam tabung pembakar dengan temperatur 900 °C. $^{14}\text{CO}_2$ yang dihasilkan kemudian dicacah dengan pencacah sintilasi cair. Oleh karena data cacahan yang dihasilkan bersifat fluktuatif, maka harus dilakukan pereduksian dengan menggunakan satu sigma (1σ) dengan tingkat kepercayaan 67%. Evaluasi data ini sangat penting dilakukan untuk menghasilkan akurasi data yang lebih baik (Seppard, 1975). Hasil dari cacahan latar belakang (background) dan standar dapat dilihat pada tabel 1-4 sebagai berikut., sedang data cacahan sampel dapat dilihat pada Tabel 5 sebagai berikut.

Tabel 1. Data cacahan background sebelum direduksi

21,40	21,47	20,20	20,80	18,93	Rata-rata
22,07	20,53	20,47	21,40	22,13	20,87
21,20	21,53	22,40	19,80	20,67	1S error 0,96
22,07	21,20	20,93	19,80	21,00	
22,80	21,67	20,47	21,47	20,20	
21,33	21,00	19,87	22,33	21,20	
21,07	19,80	21,87	21,00	19,80	
20,73	20,87	20,60	18,53	21,00	
20,13	20,33	19,67	21,87	21,13	
22,40	20,27	18,47	20,73	20,80	

Tabel 2. Data cacahan background setelah direduksi

21,40	21,47	20,20	20,80		Rata-rata
20,67	20,53	20,47	21,40		20,90
21,20	21,53	21,13			1S error 0,43
21,00	21,20	20,93			
20,20	21,67	20,47			
21,33	21,00	20,80			
21,07	21,2	20,73			
20,73	20,87	20,60			
20,13	20,33	21,00			
21,00	20,27	21,47			

Tabel 3. Data cacahan standar sebelum direduksi

34,27	35,07	35,73	34,60	35,93	Rata-rata 33,33
33,67	33,60	33,33	34,13	33,27	
34,67	32,53	34,93	31,73	32,60	1S error 1,11
32,40	33,20	33,80	31,40	33,20	
31,80	32,93	32,53	33,00	34,73	
33,87	33,53	33,07	34,33	34,20	
33,20	32,20	31,27	31,60	33,60	
34,80	31,33	32,00	32,47	33,67	
32,93	33,27	32,33	33,47	33,27	
34,07	32,87	34,00	34,13	32,20	

Tabel 4. Data cacahan standar setelah direduksi

34,27	34,20	33,27	34,33		Rata-rata
33,67	33,60	33,33	34,13		33,36
33,27	32,53	34,13	33,00		
32,40	33,20	33,80			1S error
33,67	32,93	32,53			0,58
33,87	33,53	33,07			
33,20	33,20	33,47			
33,60	32,60	32,47			
32,93	33,27	32,33			
34,07	32,87	34,00			

Tabel 5. Data cacahan sampel sebelum dan setelah direduksi dengan 1Sigma error

No.	Kode Sampel	Rata-rata Cacahan sebelum direduksi (CPM)	Rata-rata Cacahan sesudah direduksi (CPM)
1	A03	26,39 ± 0,82	26,41 ± 0,49
2	A04	26,39 ± 1,15	26,43 ± 0,69
4	A05	24,48 ± 1,16	24,51 ± 0,59
3	B14	24,09 ± 0,65	24,06 ± 0,37
5	B15	22,59 ± 1,16	22,21 ± 0,55
6	C01	25,68 ± 1,18	25,71 ± 0,68
7	C02	26,19 ± 1,45	26,21 ± 0,79
8	C03	25,08 ± 1,01	25,13 ± 0,55
9	C04	25,05 ± 0,83	25,08 ± 0,48
10	C05	24,70 ± 0,94	24,75 ± 0,45
11	D03	25,11 ± 1,28	25,00 ± 0,78
12	D04	24,83 ± 0,92	24,80 ± 0,55
13	E04	30,55 ± 1,14	30,65 ± 0,65
14	E05	28,77 ± 1,26	28,68 ± 0,70
15	F02	30,39 ± 1,23	30,53 ± 0,71
16	F03	29,77 ± 1,08	29,75 ± 0,58
17	F04	29,34 ± 1,32	29,01 ± 0,74
18	G01	31,42 ± 1,03	31,15 ± 0,59
19	G02	30,42 ± 1,21	30,34 ± 0,72
20	G03	29,98 ± 0,71	29,89 ± 0,53

Dari data pada Tabel 5 tersebut terlihat bahwa untuk sampel dengan kode A memiliki nilai umur yang berbeda yang sangat bergantung pada lokasi pengambilannya. Proses pelapukan di lokasi ini telah berlangsung antara 4000 tahun hingga 8000 tahun. Sedangkan di lokasi dengan kode B menunjukkan proses pelapukan yang telah berlangsung lebih lama lagi yaitu antara 9000 tahun hingga 16000 tahun. Pada sample C, variasi umurnya relative tidak berbeda jauh dengan nilai antara 5000an tahun hingga 7000an tahun. Proses pelapukan di lokasi ini dapat dikatakan berlangsung dalam waktum yang relative sama. Demikian pula halnya di lokasi D yang menunjukkan nilai yang relatif sama. Berikut ini adalah hasil analisis ^{14}C dari beberapa sampel tanah.

Tabel 6. Hasil analisis ^{14}C sampel tanah dengan teknik pembakaran

No.	Kode Sampel	Percent Modern Carbon (pMC)	Age (years)
1	A03	56,34 ± 0,46	4743 ± 100
2	A04	54,16 ± 0,59	5070 ± 120
4	A05	36,45 ± 0,48	8342 ± 160
3	B14	32,48 ± 0,32	9296 ± 140
5	B15	12,96 ± 0,43	16894 ± 440
6	C01	44,92 ± 0,57	6615 ± 140
7	C02	54,19 ± 0,66	5065 ± 135
8	C03	45,41 ± 0,47	6526 ± 130
9	C04	45,23 ± 0,43	6560 ± 120
10	C05	41,61 ± 0,41	7249 ± 125
11	D03	45,51 ± 0,63	6508 ± 160
12	D04	42,65 ± 0,47	7046 ± 150
13	E04	96,42 ± 0,68	301 ± 50
14	E05	89,60 ± 0,69	908 ± 75
15	F02	92,07 ± 0,70	683 ± 65
16	F03	90,74 ± 0,63	803 ± 70
17	F04	81,97 ± 0,69	1643 ± 85
18	G01	101,52 ± 0,91	Modern
19	G02	94,70 ± 0,71	450 ± 60
20	G03	89,73 ± 0,68	896 ± 65

Tanah yang berasal dari lokasi A, B dan C semuanya memiliki umur yang mengindikasikan bahwa proses pelapukan masih terus berlangsung hingga tercapai dimana aktivitas ^{14}C (pMC) dari sampel tanah tersebut mendekati nol. Sedangkan proses pelapukan dengan umur relative masih muda terjadi pada sampel-sampel E, F dan G yaitu antara modern hingga 1600an tahun. Ini menunjukkan bahwa proses pelapukan tanah masih relatif baru berlangsung. Khusus untuk sampel G01 yang menghasilkan umur modern dengan aktivitas 101,52 pMC menunjukkan bahwa proses pelapukan belum berlangsung.

PENUTUP

Aplikasi teknik pembakaran untuk analisis ^{14}C tanah dilakukan dengan cara yang sama dengan pembakaran sampel organik. Melalui proses pembakaran, kandungan karbon tanah dapat dikonversi menjadi $^{14}\text{CO}_2$ sehingga dapat ditentukan umur pelapukannya. Umur-umur tersebut menunjukkan apakah proses pelapukan tanah tersebut belum atau sedang berlangsung hingga tercapai kondisi dimana aktivitas ^{14}C (pMC) mendekati nol.

Dari analisis ^{14}C yang dilakukan dengan teknik ini, diperoleh informasi bahwa umur pelapukan tanah terendah adalah modern, yaitu sampel G01 yang menunjukkan bahwa proses pelapukan belum berlangsung. Sedangkan umur pelapukan tanah tertua, yaitu sampel B15 yang menunjukkan bahwa proses pelapukan masih berlangsung.

KEPUSTAKAAN

- Aravena, R.O., Drimmie, R.R., Qureshi, R.M., McNeely, R. and Fabris, S., 1989 New Possibilities for ^{14}C Measurements by Liquid Scintillation Counting, *Radiocarbon* 31 (3), 387-392.
- Gupta, Sushil, K. and Polach, H., 1985 Radiocarbon Dating Practice at Australian National University, Handbook, Radiocarbon Laboratory, Research School of Pacific Studies, ANU, Canberra.
- Hut, G. 1987 *Isotope Hydrology*, Diktat Training Course Isotope Hydrology IAEA. Hlm. 30 - 41.
- Kolle, W. 1982. "Radiocarbon Mesuarement Of Organic Polluttant Of The Rhine", Institute For Gastechnic, Feurungstecnic And Wesserchemic, University Of Karsruhe, Karlsruhe, Federal Republic Of Germany.
- Kuk, L. S., Kyu, K. C., Jae, K.Y. and Hwan, B., 1997 Determination of ^{14}C in Environmental Samples Using CO_2 Absorption Method, *J. Korean Assoc. for Radiation Protection*, 22 (1), 35-46.
- Nair, A.R., Sinha, U.K., Josep, T.B., and Rao, S.M., 1995 Radiocarbon Dating up tp 37,000 Years Using CO_2 Absorption Technique, *Nuclear Geophysics* 9 (3), 263-268.
- Puslitbang Arkenas, 2008. *Metode Penelitian Arkeologi*. Jakarta. Puslitbang Arkeologi Nasional. Departemen Kebudayaan dan Pariwisata
- Qureshi, R.M., Aravena, R.O., Fritz, P., and Drimmie, R., 1989 The CO_2 Absorption Method as Alternative to Benzene Synthesis Method for ^{14}C Dating, *Applied Geochemistry*, Vol.4, 625-633.
- Seppard, J,C,A. 1975 "Radiocarbon Dating Primer", Engineering Extension Service, Washington, USA.