

PENENTUAN UMUR BATUAN GAMPING PENYUSUN GUA LEANG-LEANG MELALUI PENGUKURAN AKTIVITAS ^{14}C DENGAN METODE LSC (*LIQUID SCINTILATION COUNTING*)

Syarifuddin, *Muhammad Zakir, *Alfian Noor

Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Universitas Hasanudin

ABSTRAK

Penentuan Umur Batuan Gamping Penyusun Gua Leang-Leang melalui Pengukuran Aktivitas ^{14}C dengan Metode LSC (*Liquid Scintillation Counting*). Telah dilakukan penelitian dengan menggunakan sampel batuan gamping yang terdapat di Gua Leang-leang, Kabupaten Maros. Batuan gamping merupakan salah satu sampel lingkungan dengan mineral penyusun berupa kalsit (CaCO_3) yang bersumber dari sisa-sisa flora dan fauna yang telah lapuk dan membatu. Preparasi sampel batuan gamping secara fisik dan kimia menggunakan campuran asam basa NaOH , H_2O_2 10%, HClO_4 dan HCl menghasilkan sampel yang putih bersih dengan pengurangan bobot 3,36% - 4,44%. Matriks karbonat sampel dihasilkan sebagai CO_2 melalui reaksi dengan H_3PO_4 85% dan penyerapan oleh KOH 1N sebagai K_2CO_3 . Total karbon dalam larutan sampel adalah 0,6144-0,9696 gram didapatkan melalui metode titrasi. Metode penanggalan radiokarbon didasarkan pada pengukuran aktivitas spesifik sampel yang diperoleh dari hasil cacahan LSC (*Liquid Scintillation Counter*) Hidex 300 SL adalah $1,609 \pm 0,0359$ DPM/gram C dan $7,718 \pm 0,109$ DPM/gram C. Umur kedua sampel batuan gamping yang dikonversi dari aktivitas spesifik masing-masing sampel batuan gamping BG I $25.607,403 \pm 919,305$ tahun dan sampel batuan gamping BG II $8457,792 \pm 921,899$ tahun.

Kata kunci: Aktivitas spesifik, batuan gamping, LSC (*Liquid Scintillation Counting*), penanggalan radiocarbon

Pendahuluan

Indonesia merupakan negara kepulauan yang berada pada posisi yang sangat strategis di daerah khatulistiwa yang menghubungkan benua Australia dan Asia serta samudra Pasifik dan Hindia. Iklimnya yang menyenangkan, kekayaan alamnya yang beragam menjadikan Indonesia sebagai suatu negara yang mempunyai potensi besar

dalam sumber daya alam (SDA) untuk berkembang menjadi negara kuat di kawasan Asia-Pasifik (Suhadi dkk, 1998).

Salah satu kekayaan alam Indonesia terletak di Sulawesi Selatan terkhusus di daerah Maros-Pangkep berupa batuan kars yang berdiri kokoh. Kawasan kars Maros-Pangkep merupakan bagian dari hulu beberapa sungai besar, antara lain hulu

Sungai Pangkep, Sungai Pute dan Sungai Bantimurung/Maros (Prawitosari, 2011).

Menurut Achmad (2001) dalam Daryanto dan Oktariadi (2009) kawasan kars Maros merupakan bagian dari deretan pegunungan yang membentang dari daerah Maros hingga ke sebelah utaranya yang masuk ke daerah Kabupaten Pangkep. Daerah ini terbentuk dari hasil pelarutan batu gamping di luar seperti bukit-bukit yang menjulang tegak, maupun yang terjadi di dalam yang membentuk fenomena yang sangat indah dan unik, antara lain terbentuknya gua horizontal dan gua vertikal, stalaktit, stalagmite, dan lain-lain. Batu gamping yang tumbuh ini memiliki sifat yang lebih pejal dan resistan terhadap proses denudasi dan membentuk perbukitan terjal dan elevasi lebih tinggi dengan bentukan kars luar yang berupa bukit.

Batu gamping organik merupakan kumpulan dari sisa flora dan fauna yang telah mati (fosil) dan terendapkan. Di masa hidupnya flora dan fauna memerlukan unsur-unsur Ca, Mg, O dan C yang terdapat dalam air. Proses kimia yang terjadi pada flora dan fauna setelah mati menjadi fosil dan terbentuklah sistem kristal mineral tanpa merubah bentuk fisik fosil. Secara mineralogi fosil tersebut tersusun oleh mineral kalsit (CaCO_3) dan dolomit [$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$]. Pada umumnya fosil fauna mengandung kalsit bermagnesium dengan kadar 4% -16% mol MgCO_3 , sedangkan fosil flora sekitar 7,7% - 28,75% mol MgCO_3 . Mineral kalsit atau dolomit sebagian besar berukuran kecil ($\pm 0,2$ mikron atau lebih) disebut lumpur karbonat (Harjanto, 2001). Karena berukuran kecil, maka sifat optik dan fisiknya relatif sama,

sehingga kedua mineral tersebut sulit dibedakan. Melalui proses geologi kumpulan fosil tersebut menjadi batu gamping (Hiskia dan Tupamahu, 2001).

Kandungan karbon yang terdapat dalam batuan tersebut menjadi faktor penentu dalam penentuan umur suatu sampel. Karbon inilah yang disebut sebagai radiokarbon. Cara penarikan radiokarbon menurut Faure (1986) dalam Siregar (2011) adalah dengan metoda radiometri yang dapat dipakai untuk menentukan umur mutlak suatu sampel sampai umur 50.000 tahun yang lalu. Metode penentuan umur ini hanya dapat dilakukan pada bahan yang mengandung unsur karbon. Unsur karbon yang dipakai adalah isotop ^{14}C yang terdapat dalam atmosfer yang terikat dalam senyawa CO_2 . Isotop ^{14}C ini dihasilkan oleh reaksi sinar kosmos dengan unsur nitrogen.

Isotop inilah yang disebut radiokarbon. Isotop karbon terdistribusi luas secara alami dan terdapat dalam setiap senyawa organik.

Salah satu metode yang sangat populer dalam penentuan umur suatu benda adalah metode LSC (*Pencacah Sintilasi Cair*). Metode ini bekerja merunut radioisotop, khususnya isotop pemancar β atas dasar interaksi larutan senyawa organik yang dapat berfluoresensi jika berinteraksi dengan radiasi (Salam, 1993).

Prinsip dari metode pencacahan sintilasi cair ini, sampel yang mengandung radionuklida dilarutkan atau disuspensikan ke dalam larutan sintilator (*cocktail*) yang sesuai di dalam vial gelas atau plastik. Partikel radioaktif dalam sampel yang dilarutkan dalam larutan sintilator akan bertumbukan dengan molekul pelarut yang

menyebabkan molekul pelarut menjadi tereksitasi dan menyebabkan molekul sintilator ini memancarkan foton. Foton kemudian terdeteksi oleh PMT, sehingga dihasilkan pulsa listrik yang sebanding dengan energi partikel radioaktif (Tjahaja dan Mutiah, 2000).

Metode pencacahan sintilasi cair biasanya hanya digunakan untuk pencacahan radiasi β berenergi rendah, seperti ^3H dan ^{14}C , tetapi dengan semakin berkembangnya alat pencacah sintilasi cair, metode ini dapat digunakan pula untuk pencacahan α dan β total. Kelebihannya dibanding dengan metode terdahulu ialah sediaan yang berbentuk cair sehingga memudahkan sampel larut secara homogen sehingga tidak ada pengaruh serapan diri dan waktu deteksi sampel lebih hemat (Tjahaja dan Mutiah, 2000).

METODE PENELITIAN

Waktu dan Lokasi

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Oktober – Desember 2013 di laboratorium Kimia Radiasi, Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin, Makassar.

Alat dan Bahan

Alat dril, palu, LSC (*Liquid Scintillation Counter*) SL 300 Hidex SL dan batuan gamping asal Gua Leang-leang

Metode

Pengambilan Sampel Batuan Gamping

Sampel batuan gamping diambil menggunakan kikir dan palu di dua titik koordinat. Kemudian, potongan batuan

gamping dimasukkan ke dalam plastik untuk dibawa ke laboratorium.

Pencucian Sampel Batuan Gamping

Pencucian sampel batuan gamping dilakukan dengan dua tahap pencucian, yaitu:

- **Pencucian fisik**

Sampel batuan gamping dibersihkan dengan air mengalir dan disikat beberapa kali hingga bersih dan dilanjutkan dengan pembilasan. Setelah itu, ditempatkan pada cawan dan didiamkan beberapa hari untuk proses pengeringan. Batu gamping yang telah kering kemudian dipecahkan menjadi potongan-potongan kecil dan dilakukan penimbangan pertama untuk mengetahui berat awalnya.

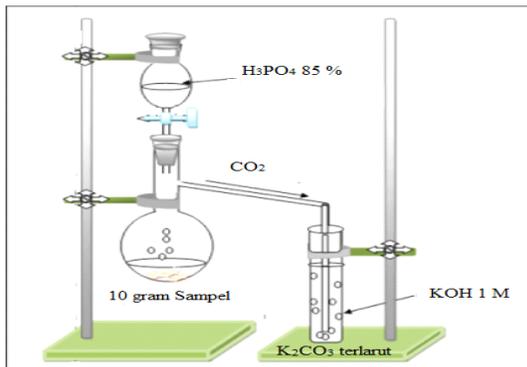
- **Pencucian kimia**

Tahap pencucian selanjutnya dilakukan dengan merendam sampel batuan gamping yang telah ditimbang dalam campuran 50/50 H_2O_2 30% dan NaOH 1 N dalam gelas kimia 100 mL yang ditempatkan dalam Ultrasonik selama ± 10 menit dan dilanjutkan dengan proses pemisahan dari larutan pencuci, kemudian dibilas dengan akuades beberapa kali hingga sisa larutan pencuci hilang. Tahap selanjutnya, sampel batuan gamping direndam kembali ke dalam campuran 50/50 H_2O_2 30% dan HClO_4 1 N dalam gelas kimia 100 mL selama ± 30 detik, kemudian dipisahkan kembali dari larutan pencuci. Tahap terakhir untuk proses pencucian sampel adalah dengan perendaman ke dalam larutan HCl 6 N selama 15-60 detik dan dipisahkan kembali dari larutan pencuci, kemudian sampel

batuan gamping dibilas kembali dengan akuades beberapa kali. Selanjutnya, batuan gamping dikeringkan dalam oven pada suhu 60°C sampai batuan tersebut kering. Setelah itu, ditimbang kembali untuk mengetahui %berat batu gamping yang hilang selama proses pencucian berlangsung.

Analisis CO₂

Setiap sampel batuan yang telah kering dihaluskan dan diambil 10 gram untuk dianalisis kandungan ¹⁴C atau karbon totalnya. Sampel 10 gram yang telah dihaluskan ditempatkan dalam labu alas bulat, kemudian dialiri dengan larutan H₃PO₄ 85% yang ditempatkan dalam corong pisah hingga seluruh serbuk sampel habis bereaksi dengan H₃PO₄. Kemudian, gas CO₂ yang dihasilkan dialirkan ke dalam larutan KOH 10%, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Desain alat pemisahan karbonat sebagai CO₂ dari serbuk batuan gamping

Penentuan Total Karbon

Larutan K₂CO₃ terlarut dipipet 10 mL ke dalam erlenmeyer untuk titrasi dengan larutan HCl 5 M setelah penambahan beberapa tetes indikator MO hingga terjadi perubahan warna dari coklat

menjadi merah. Selanjutnya, dipipet 10 mL larutan K₂CO₃ ke dalam gelas kimia 50 mL untuk ditambahkan larutan BaCl₂ 10% sampai terbentuk endapan (jenuh). Selanjutnya, endapan dan filtratnya dipisahkan dengan cara disaring, kemudian filtratnya dipipet 10 mL ke dalam erlenmeyer untuk dititrasi dengan larutan HCl 5 M dengan penambahan beberapa tetes indikator PP hingga terjadi perubahan warna dari ungu menjadi bening.

Pencacahan Sampel Batuan Gamping

Pencacahan sampel dilakukan dengan cara dipipet 8 mL larutan sampel ke dalam gelas vial 20 mL, kemudian ditambahkan 12 mL sintilator dan dikocok hingga homogen. Selanjutnya, sampel dicacah dengan perangkat LSC Hidex 300 SL dilakukan dengan renatang waktu 1-300 menit.

Perhitungan Umur

Perhitungan umur dilakukan dengan menggunakan rumus:

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

$$A_0 = \text{Radioaktivitas isotop } ^{14}\text{C} \text{ pada saat tanaman atau hewan tersebut hidup } 15,3 \text{ DPM}$$

$$t_{1/2} = \text{waktu paruh } ^{14}\text{C } 5730 \text{ tahun}$$

$$\ln 2 = 0,693$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Lokasi Pengambilan Sampel

Lokasi pengambilan sampel batuan gamping terletak di Gua Leang-Leang Kabupaten Maros, Provinsi Sulawesi Selatan. Lokasi ini merupakan salah satu

obyek wisata bersejarah yang dilindungi dan berada dalam lingkup Kabupaten Maros, khususnya di Desa Leang-leang. Pengambilan sampel batuan gamping dilakukan pada dua titik tertentu. Pemilihan lokasi ini sebagai tempat pengambilan sampel batuan gamping dikarenakan Gua Leang-Leang merupakan salah satu aset peninggalan sejarah yang berjarak 20 Km dari Kota Maros atau 44 Km dari kota Makassar.

Ada dua sampel batuan gamping yang diambil dari lokasi kajian. Kedua sampel batuan gamping tersebut dapat dilihat pada Gambar 2 di bawah ini.



Gambar 2. Sampel batuan gamping BG I dan BG II sebelum dilakukan destruksi dan pencucian

Teknik pengambilan sampel batuan gamping dilakukan dengan dua cara, yaitu mengambil batuan yang telah lepas dari dinding gua dan berlumut untuk sampel batuan gamping BG I pada koordinat 04°39'37,4" LS dan 119°27'14,6" BT, sementara sampel batuan gamping BG II pada koordinat 04°39'41,8" LS dan 119°27'21,9" BT diambil dengan menggunakan kikir dan palu pada dinding gua yang masih melekat kuat.

Pencucian Sampel

Perlakuan awal terhadap sampel batuan gamping adalah pencucian secara

fisik. Pencucian ini dilakukan secara bertahap yang diawali dengan pencucian dengan air mengalir yang dilanjutkan dengan pencucian dengan akuades yang berfungsi untuk menghilangkan pengotor yang sifatnya mudah hilang seperti tanah.

Tahap selanjutnya adalah pencucian secara kimia yaitu dengan cara merendam sampel batuan gamping ke dalam larutan H_2O_2 30% dan NaOH 1 N (50/50) dalam gelas kimia 100 mL yang ditempatkan dalam alat ultrasonik selama 10 menit untuk mempercepat proses pencucian dengan memberikan getaran-getaran terhadap dasar dan dinding wadah sampel selama proses pencucian berlangsung. Sementara, pencucian dengan menggunakan larutan H_2O_2 30% dan $HClO_4$ 1% (50/50) dalam gelas kimia 100 mL selama ± 30 detik dimaksudkan untuk mengoksidasi sumber pengotor lainnya yang belum hilang pada saat pencucian dengan larutan NaOH 1 N dan menghilangkan zat warna yang terdapat pada sampel batuan gamping hingga menjadi putih bersih.

Pencucian terakhir dengan menggunakan bahan kimia adalah dengan HCl 6 N yang berfungsi menghilangkan pengotor dan sumber karbon sekunder dari permukaan sampel yang belum hilang pada pencucian sebelumnya. Pencucian dengan HCl 6 N ini dilakukan selama 30 - 60 detik. Bagian sampel yang hilang ini merupakan kontaminasi alami yang terakumulasi selama batuan gamping kontak dengan udara dan lingkungan sekitar. Hasil perlakuan terhadap sampel dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data hasil pencucian sampel batuan gamping

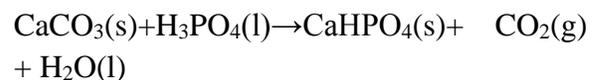
Sampel	Titik Koordinat		Berat Pencucian	
	LS	BT	Fisika (gram)	Kimia (gram)
BG I	04°39'37,4"	119°27'14,6"	87,956	85,000
BG II	04°39'41,8"	119°27'21,9"	80,176	76,617

Penimbangan terhadap kedua sampel batuan gamping yaitu BG I dan BG II dilakukan setelah sampel dikeringkan. Berdasarkan data hasil penimbangan seperti yang terlihat pada Tabel 3 di atas, didapatkan selisih berat awal sampel terhadap berat setelah penimbangan masing-masing sampel batuan gamping BG I 2,956 gram, sedangkan sampel batuan gamping BG II 3,559 gram. Selisih berat kedua sampel tersebut merupakan jumlah berat sampel yang hilang pada saat pencucian dilakukan, yaitu sekitar 3,36% sampel batuan gamping BG I dan 4,44% untuk sampel batuan gamping BG II dari berat awalnya. Hasil pencucian ini menghasilkan berat sampel yang hilang tidak jauh berbeda dengan yang dipaparkan oleh Adkinds dkk, (2002) bahwa proses pencucian sampel dengan senyawa kimia seperti di atas dapat menghilangkan berat sampel berkisar 5-10% dari berat sebelumnya. Artinya sampel batuan gamping memiliki komponen pengotor yang jumlahnya sedikit jika dibandingkan dengan sampel lingkungan lainnya yang memiliki sejumlah pori-pori kecil pada permukaannya. Perhitungan berat sampel yang hilang setelah pencucian kimia dapat dilihat pada Lampiran 5.

Analisis CO₂

Komponen kimia yang menjadi penyusun utama dalam batuan gamping adalah CaCO₃. Karbonat yang terdapat

dalam batuan gamping tersebut dapat dipisahkan dengan cara mereaksikannya dengan H₃PO₄ 85%. Langkah ini dapat dilakukan setelah sampel batuan gamping telah digerus hingga menjadi halus, sehingga ruang kontak antara H₃PO₄ 85% dengan sampel menjadi lebih luas dan reaksi yang terjadi dapat berlangsung dengan cepat. Reaksi yang terjadi ketika sampel batuan gamping yang telah ditambahkan dengan H₃PO₄ 85% secara perlahan akan menghasilkan gelembung gas pada permukaan sampel, seperti yang terlihat pada reaksi di bawah ini.



Gelembung gas tersebut merupakan gas CO₂ yang dilepaskan dan dilewatkan ke dalam larutan penyerap KOH 1 M. Pada proses ini, tidak semua gas CO₂ yang dialirkan ke dalam larutan penyerap KOH 1 M mampu ditangkap. Hal tersebut dapat dilihat dari adanya gelembung gas CO₂ yang melewati permukaan larutan penyerap. Gas CO₂ yang terserap oleh larutan penyerap KOH akan menghasilkan K₂CO₃ terlarut.

$\text{CO}_2(\text{g}) + \text{KOH}(\text{l}) \rightarrow \text{K}_2\text{CO}_3(\text{l}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$
Larutan K₂CO₃ ini merupakan larutan sampel yang akan diukur dengan LSC (*Liquid Scintillation Counter*) untuk menentukan besarnya aktivitas ¹⁴C.

Penentuan Total Karbon

Penentuan total karbon yang terdapat dalam sampel batuan gamping dapat dilakukan dengan metode titrasi dan metode gravimetri. Kedua metode tersebut sangat menunjang dalam penelitian ini. Hasil perhitungan total karbon dapat dilihat pada Lampiran 6. Total massa karbon yang diperoleh dari sampel BG I sebanyak 0,6144 gram, sedangkan untuk sampel BG II sebanyak 0,9696 gram. Menurut Djuhariningrum dan Rusmadi (2004) bahwa kandungan karbon dalam berat CaCO_3 itu terdapat 12% berat karbon. Perhitungan total karbon dalam sampel batuan gamping perlu dilakukan untuk mendapatkan nilai aktivitas spesifik dari ^{14}C yang terdapat dalam sampel tersebut. Aktivitas spesifik dari ^{14}C itu sendiri dinyatakan dalam satuan disintegrasi per satuan massa dari karbon (DPM/gramC).

Pencacahan Sampel

Keistimewaan alat LSC Hidex 300 SL jika dibandingkan dengan alat pencacah lainnya adalah perangkat sistem software MikroWin 2000 yang dimilikinya yang mampu memberikan hasil cacahan absolut. Pencacah larutan sampel yang dilakukan dengan menggunakan seperangkat alat LSC (Liquid Scintillation Counter) Hidex 300 SL ini memiliki peranan penting dalam mendeteksi pancaran partikel β dari radioisotop ^{14}C yang bersumber dari sampel. Hasil pencacahan sampel dengan alat ini akan didapatkan besaran aktivitas ^{14}C yang dinyatakan dalam satuan *Disintegrations Per Minute* (DPM) dan saat pencacahan dilakukan diperoleh hasil cacahan dalam satuan *Counts Per Minute* (CPM). Metode

pencacahan ini bekerja merunut radioisotop, khususnya isotop pemancar β atas dasar interaksi larutan senyawa organik yang dapat berfluoresensi jika berinteraksi dengan radiasi (Salam, 1993).

Pencacahan dapat dilakukan setelah penambahan 12 mL larutan sintilator ke dalam 8 mL larutan sampel dalam vial 20 mL. Proses ini dilakukan pada ruangan yang kurang cahaya untuk menghindari kontaminasi dari udara bebas yang mengandung CO_2 bebas. Kemudian, dicacah dalam rentang waktu 1 – 300 menit. Larutan sintilator yang digunakan mengandung dua komponen, yaitu pelarut primer dan sekunder. Partikel radioaktif yang terkandung di dalam sampel yang dilarutkan dalam larutan sintilator akan bertumbukan dengan molekul pelarut sehingga molekul pelarut menjadi tereksitasi dan memancarkan foton. Foton kemudian terdeteksi oleh PMT, sehingga dihasilkan pulsa listrik yang sebanding dengan energi partikel radioaktif. Menurut Satrio (2009) metode ini dilakukan dengan cara mencacah CO_2 yang terserap oleh larutan penyerap, sehingga aktivitas sampel yang mengandung ^{14}C dalam CO_2 langsung dicacah. Analisis sampel dengan metode ini melibatkan larutan sintilator yang akan bertumbukan dengan molekul pelarut hingga tereksitasi. Pada saat inilah akan dilepaskan energi dalam bentuk foton atau kelipan cahaya. Kelipan cahaya ini mempunyai panjang gelombang tertentu dan jika sampai pada lapisan fotokatode di PMT (*Photo Multiplier Tube*) akan melepaskan elektron dari lapisan tersebut. Elektron ini akan diperbanyak oleh dinode-dinode yang terdapat dalam PMT dan pada akhirnya elektron ini akan

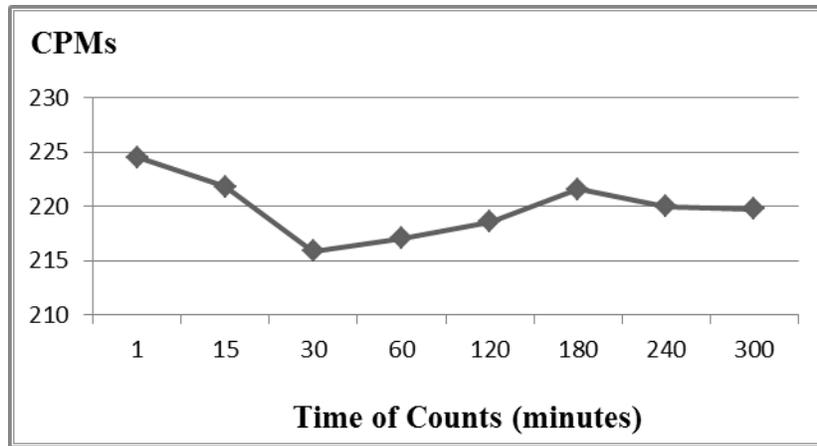
terkumpul pada anodenya dalam bentuk pulsa listrik. Data hasil pencacahan kedua sampel batuan gamping tersebut dapat dilihat pada Tabel 2 di bawah ini.

Tabel 2. Data hasil pencacahan sampel batuan gamping BG I dan BG II dengan rentang waktu 1- 300 menit

No	Waktu (Menit)	Aktivitas BG I		Aktivitas BG II	
		CPMs	TDCRs	CPMs	TDCRs
1.	1	224,520	0,824	334,640	0,882
2.	15	221,820	0,740	327,180	0,772
3.	30	215,850	0,816	319,040	0,878
4.	60	217,020	0,853	317,840	0,863
5.	120	218,600	0,779	322,030	0,732
6.	180	221,550	0,724	323,030	0,726
7.	240	220,010	0,731	319,430	0,697
8.	300	219,769	0,853	319,030	0,701
Rata-rata		219,892	0,790	322,778	0,781

Berdasarkan Tabel 2 di atas, terlihat hasil cacahan pada menit ketiga yaitu pada cacahan selama 30 menit untuk sampel BG I mengalami penurunan nilai cacahan dari cacahan sebelumnya, kemudian cacahan selanjutnya meningkat. Meningkatnya hasil cacahan tersebut disebabkan oleh efek ketidakstabilan fasa antara larutan sampel

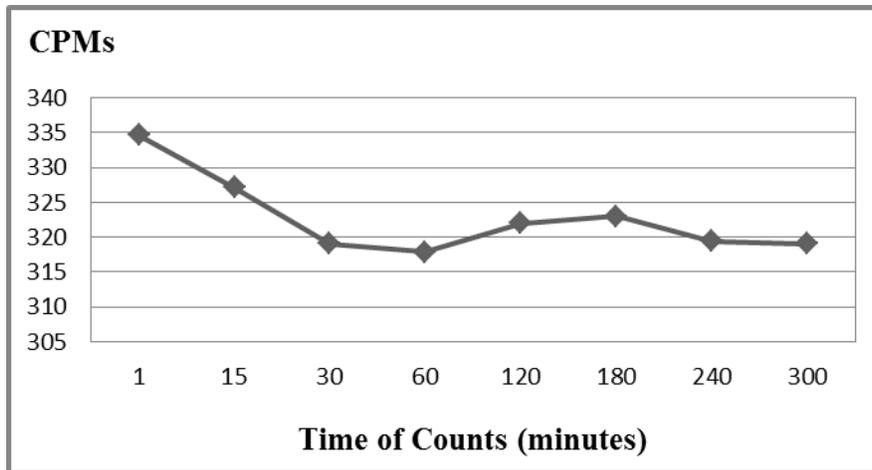
K_2CO_3 terlarut dengan larutan sintilator yang tidak homogen, sehingga memberikan hasil cacahan yang berfluktuasi antara 215,850 CPM hingga 224,520 CPM dengan rata-rata cacahan 219,892 CPM. Hasil cacahan ini jika dibuat dalam bentuk grafik maka akan terlihat seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik hubungan hasil CPM sampel batuan gamping BG I terhadap waktu cacahan

Begitupun dengan sampel BG II yang memiliki nilai cacahan awal yang sangat tinggi dan menurun pada cacahan keempat ketika dicacah selama 60 menit. Sama halnya dengan sampel BG I, hasil pencacahan sampel BG II juga mengalami

fluktuasi antara 317,840 CPM hingga 334,640 CPM dengan rata-rata cacahan 322,778 CPM. Hasil cacahan ini jika dibuat dalam bentuk grafik akan terlihat seperti pada Gambar 4



Gambar 4. Grafik hubungan hasil CPM sampel batuan gamping BG II terhadap waktu cacahan

Walaupun kedua sampel di atas memperlihatkan hasil cacahan dengan nilai yang berfluktuasi atau meningkat secara perlahan, bukan berarti nilai cacahannya akan tetap konstan di atas nilai rata-rata

cacahan. Hal ini dapat dilihat pada pencacahan ulang masing-masing sampel BG beserta cacahan blangko yang terdapat dalam Tabel 3 dan Tabel 4.

Tabel 3. Data hasil pencacahan sampel BG I dan blangko selama 30 menit 10 kali pengulangan

No	Waktu (menit)	Aktivitas BG I		Aktivitas Blangko
		CPM	TDCR	CPM
1	30	214,310	0,827	213,810
2		218,280	0,844	216,020
3		215,210	0,822	215,120
4		219,250	0,848	217,420
5		215,650	0,841	215,610
6		217,420	0,849	216,210
7		217,250	0,852	217,210
8		214,680	0,852	214,110
9		219,820	0,857	219,720
10		219,950	0,857	218,210
Rata-rata		217,182	0,846	216,344

Berdasarkan Tabel 3 di atas, terlihat data pengulangan cacahan yang memberikan hasil rata-rata cacahan 217,182 CPM dengan efisiensi pencacahan 84,6% untuk sampel BG I. Efisiensi pencacahan sampel ini sesuai dengan yang dipaparkan oleh Zhu dan Yang (1995) bahwa efisiensi cacahan untuk energi β berkisar 80-85%. Sementara hasil cacahan

blangko yang berfungsi sebagai faktor koreksi terhadap hasil cacahan sampel memberikan hasil rata-rata cacahan sebesar 216,344 CPM lebih kecil dari hasil cacahan sampel. Artinya antara cacahan sampel dengan blangko memiliki selisih nilai rata-rata cacahan sebesar 0,838 CPM.

Tabel 4. Data hasil pencacahan sampel BG II selama 60 menit 10 kali pengulangan

No	Waktu (menit)	Aktivitas BG II		Aktivitas Blangko II
		CPM	TDCR	CPM
1.	60	314,640	0,888	304,430
2.		298,040	0,879	297,520
3.		301,740	0,883	297,570
4.		309,140	0,887	298,760
5.		305,840	0,901	299,220
6.		308,740	0,876	298,290
7.		314,700	0,908	311,830
8		311,740	0,880	299,960
9		308,430	0,828	300,960
10		313,760	0,722	312,690
Rata-rata		308,677	0,865	302,123

Sementara untuk pencacahan sampel batuan gamping BG II seperti yang terlihat pada Tabel 4 di atas, memberikan hasil cacahan yang bervariasi walaupun lama waktu cacahan yang digunakan sama. Kisaran cacahannya antara 298,040 CPM - 314,700 CPM yang memiliki rata-rata cacahan permenit 308,677 CPM dengan efisiensi pencacahan sekitar 86,5%. Hal ini tidak jauh berbeda yang dijelaskan oleh Zhu dan Yang (1995) bahwa efisiensi pencacahan untuk energi β itu berkisar antara 80-85%.

Hal ini dapat dijelaskan dengan anggapan bahwa peluruhan adalah peristiwa statistik. Sifat statistik ini menyatakan bahwa atom yang akan meluruh pada detik berikutnya tidak dapat dipastikan karena hanya merupakan kebolehjadian (Syahrir, 2001). Efisiensi pencacahan dapat berkurang karena adanya gejala pemadaman (quenching) yang terjadi karena adanya oksigen atau kotoran dalam vial wadah pelarut sintilasi. Efek pemadaman pada spektrum β adalah pergeseran spektrum fluoresensi ke arah energi yang lebih rendah. Semakin besar pemadaman yang terjadi, maka spektrum fluoresensi semakin bergeser ke kiri atau ke arah energi yang lebih rendah (Yarianto dkk, 2001).

Penggunaan hasil pencacahan blangko disini dimaksudkan untuk

mengetahui besarnya kontribusi radiasi yang berasal dari lingkungan pencacahan sintilasi cair yang sifatnya bukan sampel. Hasil cacahan blangko ini juga digunakan sebagai faktor koreksi terhadap cacahan sampel.

Penentuan Aktivitas Spesifik Sampel

Aktivitas spesifik sampel batuan gamping dapat ditentukan dari selisih hasil cacahan *Counts Per Minute* (CPM) sampel terhadap hasil cacahan blangko yang dihasilkan sebagai faktor koreksi terhadap hasil cacahan sampel yang dibagi dengan efisiensi pencacahan *Triple To Double Coincidence Ratio* (TDCR) yang dikonversi ke dalam satuan *Disintegration Per Minute* (DPM), kemudian dibagi dengan total karbon yang terdapat dalam 8 mL sampel yang dicampur dengan 12 mL sintilator. Aktivitas spesifik sampel merupakan hasil dari CPM sampel yang terkoreksi oleh CPM blangko. Jadi, dari hasil pemaparan teknik perhitungan seperti yang telah dijelaskan di atas, maka aktivitas spesifik dari sampel batuan gamping dapat ditentukan. Aktivitas spesifik dari kedua sampel batuan gamping yaitu BG I dan BG II dinyatakan dalam satuan DPM/gram C, seperti yang terdapat dalam Tabel 5.

Tabel 5. Data aktivitas spesifik rata-rata ^{14}C sampel batuan gamping BG I dan batuan gamping BG II

Sampel	DPM	C-total (gr)	As (DPM/gC)
BG I	0,989	0,6144	$1,609 \pm 0,0359$
BG II	7,484	0,9696	$7,718 \pm 0,109$

Berdasarkan data hasil pencacahan sampel pada Tabel 5 di atas, terlihat aktivitas spesifik ^{14}C pada sampel batuan gamping BG I yaitu $1,609 \pm 0,0359$ DPM/gramC, dan sampel batuan gamping BG II $7,718 \pm 0,109$ DPM/gramC. Aktivitas yang diperoleh menunjukkan besarnya peluruhan atom karbon yang berlangsung tiap menitnya (DPM) dalam satu gram karbon. Kedua data aktivitas spesifik sampel yang diperoleh memperlihatkan perbedaan yang sangat besar antara keduanya dan lebih rendah dibandingkan dengan nilai aktivitas spesifik rata-rata tumbuhan hidup modern seperti hasil penelitian yang telah dilakukan oleh

Libby (1960) yang sering digunakan sebagai aktivitas awal dalam penentuan umur sampel lingkungan yakni 15,3 DPM/ gramC.

Penentuan Umur Sampel Batuan Gamping

Umur dari sampel batuan gamping ini dapat ditentukan dengan mengkonversi hasil pengukuran aktivitas spesifik yang diperoleh dari masing-masing sampel batuan gamping ke dalam persamaan penentuan umur di atas.

Dari Persamaan diperoleh umur kedua batuan gamping penyusun gua Leang-leang, seperti yang terdapat pada Tabel 6.

Tabel 6. Data hasil perhitungan umur batuan gamping melalui pengukuran aktivitas ^{14}C

Sampel	Umur (tahun)
Batuan Gamping (BG I)	$25.607,403 \pm 919,305$
Batuan Gamping (BG II)	$8457,792 \pm 921,899$

Perhitungan aktivitas ^{14}C pada penentuan umur kedua sampel batuan gamping dengan metode sintilasi cair memberikan hasil untuk masing-masing umur sampel batuan gamping BG I $25.607,403 \pm 919,305$ tahun, sementara sampel batuan gamping BG II $8457,792 \pm 921,899$ tahun. Seperti yang telah dibahas sebelumnya bahwa sampel batuan gamping BG I merupakan sampel yang telah terlepas

dari dinding gua dan telah berlumut yang secara fisik lebih tua, dibanding sampel batuan gamping BG II yang masih melekat kuat pada dinding gua dan relatif lebih muda, sehingga cara pengambilannya menggunakan palu dan kikir. Kedua umur sampel batuan gamping yang terhitung merupakan umur lamanya sampel tersebut telah mati atau tidak lagi memperlihatkan aktivitas hidup yang terhitung sebelum

2013. Sementara untuk mengetahui kapan sampel tersebut mati, maka umur lamanya sampel mati dikurang dengan tahun sejak penanggalan itu dimulai dalam hal ini 2013.

Umur sampel batuan gamping BG I yang dihitung berdasarkan data aktifitas spesifik ^{14}C adalah $25.607,403 \pm 919,305$ tahun, sementara umur sampel batuan gamping BG II berumur lebih muda, yakni $8457,792 \pm 921,899$ tahun.

KESIMPULAN

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Adkinds, J.F., Griffin, S., Kashgarian, M., Cheng, H., Druffel E.R.M., Boyle, E.A., Edwards, R.L., dan Shen, C.C., 2002, Radiocarbon Dating of Deep Sea Corals, *Radiocarbon*, **44**, (2); 567-580.
- [2] Daryanto, A., dan Oktariadi, O., 2009, Klasifikasi Kawasan Kars Maros, Sulawesi Selatan untuk Menentukan Kawasan Lindung dan Budidaya, *Buletin Geologi Tata Lingkungan (Bulletin Of Environmental Geology)*, **19**, (2); 67-81.
- [3] Djuhariningrum, T., dan Rusmadi, 2004, Penentuan Kalsit dan Dolomit Secara Kimia dalam Batu Gamping dari Madura, *Pusat Pengembangan Geologi Nuklir*, BATAN, Jakarta, (332-334).
- [4] Hiskia, A., dan, Tupamahu, M.S., 200, *Struktur Atom, Struktur Molekul dan sistem Periodik*, Bandung.
- [5] Libby, W.F., 1960, Radiocarbon Dating, University of Chicago Press, Chicago.
- [6] Prawitosari, T., 2011, *Dampak Penambangan di Kawasan Kars Maros Terhadap Lingkungan*, Disajikan pada Workshop Lembaga Kars Indonesia pada Tanggal 19 Oktober 2011 di Bogor, Staf Peneliti Pusat Penelitian Lingkungan Hidup, Universitas Hasanuddin, Makassar.

- [7] Salam, Z.M., 1995, *Penentuan Aktivitas Sulfur-35 dalam Organ Tumbuhan Eceng Gondok dengan Metode Pencacah Sintilasi Cair*, Skripsi tidak diterbitkan, Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Hasanuddin, Makassar.
- [8] Satrio, 2009, *Penentuan Umur Karbon dengan Metode Absorpsi CO₂*, Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi, BATAN, Jakarta. **12**, (1); 47-54.
- [9] Siregar, D.A., 2011, *Radiokarbon bagi Penentuan Umur Candi Bojongmenje di Rancaekek, Jawa Barat, Bandung*, (27).
- [10] Suhadi, F., Sisworo, E.L., Maha, M., dan Soebianto, Y.S., 1998, *Kimia Lingkungan, Proses Radiasi dan Industri Jilid 2*, *Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi*, BATAN, Jakarta.
- [11] Syahrir, 2001, *Analisis Kandungan Radionuklida Uranium dalam Air Laut Pantai Barat Makassar*, Skripsi tidak diterbitkan, Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Hasanuddin, Makassar.
- [12] Tjahaja, P.I., dan Mutiah, 2000, *Metode Pencacahan Sintilasi Cair Salah Satu Alternatif untuk Pengukuran α dan β Total dalam Sampel Lingkungan*, *Jurnal Sains dan Teknologi Nuklir Indonesia (Indonesian Journal of Nuclear Science and Technology)*, **1**, (1); 31-46.
- [13] Yarianto, S., Susilo, B., dan Sutrisno, S., 2001, *Kondisi Optimal untuk Penentuan Radioaktivitas Serangga Hama Bertanda P-32 dengan Menggunakan Pencacah Sintilasi Cair*, *Risalah Penemuan Ilmiah Penelitian dan Pengembangan, Puslitbang Teknologi Isotop dan Radiasi*, BATAN, Jakarta, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- [14] Zhu, Y.J., dan Yang, D.Z., 1995, *The Use of Liquid Scintillation Analysis in the Monitoring of α Emitting and Trans Uranium Nuclides in Environmental Samples*, *J. Radioanal And Nuclear, Chern, Articles*, (173 -175).