

Skripsi

**PENENTUAN UMUR SEDIMEN DI PERAIRAN MAMUJU MELALUI
PENGUKURAN AKTIVITAS ^{14}C DENGAN METODE LSC
(*LIQUID SCINTILLATION COUNTING*)**

YOGI SANTOSO

H311 13 021



**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2017**

**PENENTUAN UMUR SEDIMEN DI PERAIRAN MAMUJU MELALUI
PENGUKURAN AKTIVITAS ^{14}C DENGAN METODE LSC
(*LIQUID SCINTILLATION COUNTING*)**

**Skripsi ini diajukan sebagai salah satu syarat
untuk mendapatkan gelar Sarjana Sains**

Oleh:

YOGI SANTOSO

H311 13 021



MAKASSAR

2017

SKRIPSI

PENENTUAN UMUR SEDIMEN DI PERAIRAN MAMUJU MELALUI
PENGUKURAN AKTIVITAS ^{14}C DENGAN METODE LSC
(LIQUID SCINTILLATION COUNTING)

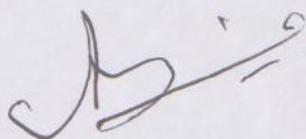
Disusun dan diajukan oleh

YOGI SANTOSO

H311 13 021

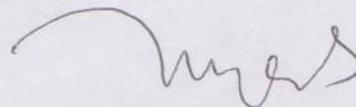
Skripsi ini telah diperiksa dan disetujui oleh:

Pembimbing Utama



Prof. Dr. Alfian Noor, M.Sc
NIP. 19510515 197412 1 001

Pembimbing Pertama



Dr. Maming, M.Si
NIP. 19631231989031031

HALAMAN PERSEMBAHAN

Di balik berbagai kesulitan hidup yang menimpa seseorang selalu ada hikmah yang besar, yang hanya diketahui oleh orang yang dilapangkan dadanya dan diterangi hatinya oleh Tuhan. Di antara hikmahnya, kesulitan dapat membukakan telinga, dapat membukakan mata dan hati yang tertutup yang lalai karena kenikmatan dan kesenangan.

Kesulitan hidup juga dapat mengasah nalar orang yang bersangkutan sehingga ia tumbuh menjadi orang yang bijak, teliti dan hati-hati dalam bertindak, memperkaya pengalaman dan mempertajam kecerdasan.

Selain itu, kesulitan hidup dapat mengingatkan akan adanya nikmat yang sangat besar bagi setiap umatnya, sehingga terasa begitu nikmat setelah musibah berakhir. Kesulitan hidup juga melatih kesabaran dan ketegaran seseorang. Kesulitan hidup merupakan ajang latihan, adaptasi, dan persiapan menghadapi problema hidup agar tidak mudah menyerah dan tidak cengeng menghadapi kesulitan seberat apapun.



PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa berkat rahmat, hidayah dan karunia-Nya sehingga penulis berhasil menyelesaikan penelitian dengan judul **“Penentuan Umur Sedimen Di Perairan Mamuju Melalui Pengukuran Aktivitas ^{14}C Dengan Metode LSC (*LIQUID SCINTILLATION COUNTING*)”**, sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana pada Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin.

Terwujudnya skripsi ini tidak lepas dari kesulitan dan hambatan, namun hal ini dapat diatasi berkat bantuan dan bimbingan yang diberikan oleh berbagai pihak kepada penulis untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya dengan rasa tulus dan ikhlas kepada:

- Kedua orang tua penulis ayahanda **I Nyoman Mandia** dan ibunda **Ni Made Sri Suryani** atas cinta dan kasih sayang yang telah beliau berikan dan berjuang demi kesuksesan anaknya. Terima kasih juga teruntuk ketiga saudara-saudariku tercinta; **Sri Komala Dewi S.Pd, Novita Wulan Dari, dan Satria Wijaya** atas segala kasih sayang dan dukungannya selama ini. Serta kepada semua keluarga besarku tercinta terima kasih atas dukungan dan doanya.
- Ibu **Prof. Dr. Dwia Aries Tina Pulubuhu, MA.**, selaku rektor Universitas Hasanuddin.
- Bapak **Dr. Eng Amiruddin** selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin.
- Ibu **Dr. Indah Raya, M.Si** selaku Ketua Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin.

- Bapak **Prof. Dr. Alfian Noor, M.Sc** selaku pembimbing utama yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan dan arahan mulai dari awal penelitian hingga terselesainya penulisan tugas akhir ini.
- Bapak **Dr. Maming, M.Si** selaku pembimbing pertama atas segala kesabaran dan waktu yang telah diluangkan untuk memberikan bimbingan dan arahan mulai dari awal penelitian hingga terselesainya penulisan ini.
- **Prof. Dr. Ahyar Ahmad, Ir. Abd. Hayat Kasim, MT,** dan **Dr. Firdaus, MS.** selaku tim penguji yang selama ini telah memberikan saran dan kritikan yang luar biasa dalam penyusunan skripsi ini.
- Bapak **Prof. Abd. Wahid Wahab, M.Sc.** selaku penasihat akademik yang selama empat tahun ini senantiasa mengayomi saya dengan penuh dedikasi dalam mengarahkan bagaimana sistem akademik di kampus.
- Bapak dan ibu dosen Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin.
- Bapak dan ibu analis laboratorium khususnya analis kimia radiasi kak **Andi Tenri** dan kak **Yuanita** serta staf tata usaha Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin.
- Saudara-saudariku KIMIA 2013 (**Akbar, Irmayani, Maudy Audina, Nurul Khaerany Hattas, Ayu Puspita Sari, Florian, Adji, Adekayanti, Anton Rahmat, Nuraeni, Fitriani, Sarifa, Veronika, Nuritasari, Triana, Dalifa, Harmayanti, Sri Mulyani, Suraeda, Dewi, Wahyudin, Danang Setiadji, Suriadi, Afdal, Adhan, Wawan, Sandi, Nurfajriani, Murtina, Sri Widyastuti, Adriani, Eka, Hikmawati, Yemima, Emmi, Rani, Diana, Rafsen, Rismauli, Magfira, Rosdiana, Santri, Aulia, Riska, Ifa, Eka, Usfa, Shila, Suci, Wina, Asrul, Atisah, Nisa, Rafsen**

Yudith, Fatur, dan Andika) atas perhatian, bantuan dan penyemangat selama ini semoga persaudaraan kita tetap terjalin selamanya.

- Sahabat-sahabatku yang tercinta ; **Wilantara, Gusti Alit, Putu Agus, Palguna, Ayu Ratna, Juliadi, Fatur, Iin, Diyas, Fira, Muthia, Imam, Taufik, Anwar, Ahmad, Handika**, yang senang hati selalu bersamaku dalam suka dan duka, menyemangati ketika terpuruk dan mengingatkan ketika salah.
- Saudara-saudariku SMAN 1 Tomoni Timur, KMHDI, HMK, MIPA 2013, SMPN 1 Tomoni Timur, terima kasih telah mengenalkan dan memberi warna serta nuansa indah selama penulis menjadi mahasiswa.
- Teman-teman KKN Gelombang 93 Kecamatan TanaSitolo Wajo, dan aparat-aparat Desa Tonralipue (**Pakde Gilang, Puang aji Sitti, Puang Aji Besse, Kak Sury, Kak Madi, kak Sudirman, kak Usman, serta warga desa**) terima kasih atas dukungan yang telah terjalin.

Penulis sadar akan kekurangan dalam skripsi ini baik materi maupun teknik penulisannya. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun. Akhirnya, penulis berharap semoga skripsi ini dapat diaplikasikan dalam suatu penelitian yang memberikan manfaat dalam pengembangan wawasan bidang ilmu kimia.

Makassar, Mei 2017

Penulis

ABSTRAK

Analisis ^{14}C dalam sedimen di perairan Mamuju menggunakan metode LSC (*Liquid Scintillation Counting*) telah dilakukan. Sampel diambil dari dua muara, sungai Mamuju dan sungai Karema. Preparasi sampel dilakukan dengan pencucian sampel sedimen menggunakan akuades dan kemudian direndam dalam larutan KOH 1 M selama 1 x 24 jam. Karbon total untuk kedua larutan sampel sama, 0,0384 gram. Pengukuran aktivitas ^{14}C dilakukan menggunakan LSC Hidex 300 SL. Aktivitas Spesifik sampel sungai Mamuju diperoleh sebesar $15,26 \pm 6,7$ DPM/gram dan sampel sungai Karema diperoleh sebesar $15,10 \pm 4,5$ DPM/gram. Umur sampel sedimen dari sungai Mamuju sebesar $21,42 \pm 3,9$ tahun dan sungai Karema sebesar $106,52 \pm 19,7$ tahun.

Kata Kunci: Aktivitas ^{14}C , *Liquid Scintillation Counting* (LSC), Radiokarbon, Sedimen

ABSTRACT

Analysis of ^{14}C on sediment in Mamuju with LSC (Liquid Scintillation Counting) Method has been done. Samples are taken from two stations. Station I is Mamuju River and station II is Karema River. Measurements of ^{14}C activity based on enumeration of sediment samples were conducted to determine the age of the sediments. Sample preparation was performed by washing the sediment sample by using aquades and then immersed in KOH 1 N for 1 x 24 hours. Carbon total for both sample solutions is 0.0384 grams. The measurement activity of ^{14}C is carried out using LSC Hidex 300 SL. Specific activities of samples of station I is $15,26 \pm 6,7$ DPM/gram and samples of station II is $15,10 \pm 4,5$ DPM/gram. The age of sediment samples from station I is $21,42 \pm 3,9$ years and station II is $106,52 \pm 19,7$ years.

Keywords: Liquid Scintillation Counting (LSC), Radiocarbon, Sediment, ^{14}C activitie

DAFTAR ISI

	Halaman
PRAKATA.....	iv
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian.....	4
1.3.1 Maksud Penelitian.....	4
1.3.2 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Tinjauan Umum Sedimen.....	5
2.2 Karbon.....	6
2.3 Radiokarbon.....	7
2.4 Penanggalan Radiokarbon (<i>Radiocarbon Dating</i>).....	8
2.5 Radioaktivitas.....	10
2.5.1 Hukum Radioaktivitas	12

2.5.2 Beberapa Besaran Radioaktivitas.....	13
2.6 Analisis ^{14}C dengan Metode Absorpsi CO_2	13
2.7 LSC (<i>Liquid Scintillation Counting</i>).....	15
2.8 Sintilasi Cair.....	16
2.8.1 Sistem dan Mekanisme Kerja Sintilasi cair.....	16
BAB III METODE PENELITIAN.....	20
3.1 Bahan Penelitian.....	20
3.2 Alat Penelitian.....	20
3.3 Waktu dan Tempat Penelitian.....	20
3.4 Prosedur Penelitian.....	20
3.4.1 Pengambilan Sampel Sedimen.....	20
3.4.2 Pencucian Sampel Sedimen.....	20
3.4.3 Preparasi Sampel Sedimen.....	21
3.4.4 Penentuan Total Karbon.....	21
3.4.5 Pengukuran Aktivitas ^{14}C Sampel Sedimen dengan LSC..	21
3.4.6 Perhitungan Umur Sampel Sedimen.....	22
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	23
4.1 Pengambilan Sampel.....	23
4.2 Pencucian Sampel Sedimen.....	24
4.3 Preparasi Sampel Sedimen	25
4.4 Penentuan Total Karbon.....	25
4.5 Pengukuran Aktivitas ^{14}C dengan LSC Hidex 300 SL.....	25
4.6 Penentuan Aktivitas Spesifik Sampel Sedimen.....	31
4.7 Perhitungan Umur Sampel Sedimen.....	32

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	34
5.1 Kesimpulan.....	34
5.2 Saran.....	34
DAFTAR PUSTAKA.....	35
LAMPIRAN.....	39

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Aktivitas alami sampel radiokarbon permukaan bumi.....	9
2. Jenis peluruhan radioaktif.....	10
3. Data bobot sedimen sebelum dan setelah pencucian.....	24
4. Data hasil pencacahan sedimen pada stasiun I dan II asal Kabupaten Mamuju dengan perangkat LSC Hidex 300 SL dalam rentang waktu Cacahan 1-240 menit.....	26
5. Data hasil pencacahan sedimen pada stasiun I dan stasiun II asal Kabupaten Mamuju dengan perangkat LSC Hidex 300 SL dengan 5 kali pengulangan.....	28
6. Data hasil pencacahan <i>background</i> dengan perangkat LSC Hidex 300 SL dalam rentang waktu cacahan 1-240 menit.....	29
7. Data hasil pencacahan <i>background</i> dengan Perangkat LSC Hidex 300 SL dengan 5 kali pengulangan.....	30
8. Data aktivitas spesifik rata-rata ^{14}C sampel sedimen di Perairan Kabupaten Mamuju.....	31
9. Data hasil perhitungan umur sedimen berdasarkan pada aktivitas karbon-14 dalam sampel.....	32

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1.Siklus pertukaran karbon pada atmosfer.....	6
2.Gambaran dan pembentukan, distribusi dan penguraian ^{14}C di alam.....	9
3.Alat LSC Hidex 300 SL.....	15
4.Proses pembentukan sinyal listrik detektor sintilasi.....	16
5.Proses terjadinya sintilasi di dalam sampel dan larutan sintilator.....	18
6.Sedimen stasiun I (Muara Sungai Mamuju) dan stasiun II (Muara Sungai Karema) asal Kabupaten Mamuju.....	23
7.Perbandingan nilai CPM dan DPM terhadap waktu cacahan stasiun I dan stasiun II.....	27
8.Perbandingan nilai CPM dan DPM terhadap waktu cacahan.....	30

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1.Bagan Kerja Pencucian Sampel Sedimen.....	39
2.Bagan Kerja Preparasi Sampel.....	39
3.Bagan Penentuan Total Karbon Sampel Sedimen.....	40
4.Bagan Kerja Pencacahan Sampel Sedimen.....	41
5.Perhitungan Total Karbon Sampel Sedimen.....	42
6.Perhitungan Aktivitas Spesifik ^{14}C dalam Sampel Sedimen.....	43
7.Perhitungan Umur Sedimen dengan Persamaan Laju Peluruhan Radiokarbon.....	44
8.Perhitungan Standar Deviasi dari Aktivitas Spesifik dan Umur Sedimen.....	45
9.Peta Pengambilan Sampel Sedimen.....	48
10.Dokumentasi Penelitian.....	49

DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN

- AS : Aktivitas Spesifik
- A : Radioaktivitas isotop ^{14}C dalam sampel
- A_0 : Radioaktivitas Isotop ^{14}C pada saat tanaman atau hewan tersebut hidup
- CPM : Counts per Minute
- DPM : Disintegrations per minute
- PMT : Photo Multiplier Tube
- LBC : Low Background Counter
- LSC : Liquid Scintillation Counter
- λ : Konstanta Peluruhan Radioaktif
- β : Beta
- $t_{1/2}$: Waktu Paruh
- ^{14}C : Karbon-14

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia sebagai negara kepulauan yang terdiri dari daratan dan lautan. Indonesia memiliki laut yang luas dan garis pantai yang panjang. Total luas wilayah laut Indonesia seluas 5,9 juta km² terdiri dari 3,2 juta km² perairan teritorial dan 2,7 km² perairan zona ekonomi eksklusif (Lasabuda, 2013). Salah satunya Pulau Sulawesi, tepatnya pada Kabupaten Mamuju yang terletak di Provinsi Sulawesi Barat. Kabupaten Mamuju sebagian besar wilayahnya merupakan daerah perbukitan mempunyai kemiringan lereng yang bervariasi dengan curah hujan yang jatuh di hulu akan cepat sampai di bagian hilir yang berpotensi menimbulkan genangan pada pedataran pantai. Di Kabupaten Mamuju terdapat banyak sungai-sungai kecil yang berfungsi sebagai drainase bagi daerah pedataran pantai dengan lahan perkebunan mencapai 42.937,524 Ha di antaranya perkebunan kelapa sawit, selain itu terdapat juga lahan yang dipergunakan untuk kegiatan tegalan/ladang dengan luas mencapai 18.148,273 Ha (BPS, 2013).

Daerah pantai dengan gelombang, dan arus pantai dapat menyebabkan sebaran sedimen pantai. Sedimen dasar (*bed load*) berubah menjadi suspensi (*suspended load*) diakibatkan oleh turbulensi dari gelombang pecah. Ketika gelombang pecah menimbulkan arus dan turbulensi yang sangat besar sehingga dapat menggerakkan sedimen dasar (Rifardi, 2012).

Daerah interaksi antara lautan dan daratan yang merupakan seperempat daratan bumi didefinisikan sebagai daerah pesisir. Dalam penyediaan atau penyuplaian bahan organik dan sedimen yang berperan penting dalam hal ini yaitu daratan. Selain karena faktor alam, faktor aktivitas manusia dalam hal aktivitas

industri, aktivitas rumah tangga, perkebunan, pemupukan, budidaya perairan dan lainnya ini juga meningkatnya jumlah bahan organik yang masuk ke dalam perairan seperti sedimen. Sedimen merupakan hasil dari proses pengendapan bahan-bahan di alam yang biasanya dipengaruhi oleh agen transportasi dan lingkungannya (Rustiah, 2002).

Sedimentasi adalah akumulasi dari berbagai mineral dan pecahan-pecahan batuan yang bercampur dengan pecahan cangkang molusca, terumbu karang, dan sisa dari rangka organisme laut. Proses pengendapan atau sedimentasi dapat terjadi dengan bantuan beberapa media seperti es, air, gletser, dan angin yang berguna untuk memindahkan partikel-partikel pembentuk sedimen yang terdapat di laut maupun di daratan. Faktor alam yang dapat mempengaruhi proses sedimentasi seperti iklim atau cuaca di daerah tersebut. Dengan iklim dan cuaca yang ekstrim dapat mengikis lapisan sedimen dalam jangka waktu yang pendek. Berbeda halnya dengan iklim dan cuaca yang biasa, proses sedimentasi dapat berjalan dalam waktu yang panjang (Endarto, 2005).

Sedimen didominasi oleh kalsium karbonat, silika, dan mineral lampung (Epimadya, 2002). Dari kandungan yang terdapat dalam sedimen menghasilkan karbon yang mempunyai tiga buah isotop yaitu ^{12}C , ^{13}C , dan ^{14}C (Sunardi, 2006). Suatu sampel karbon mengandung aktivitas karbon 14, ^{14}C (radiokarbon) ini dihasilkan dari reaksi antara radiasi kosmis dan nitrogen sehingga terbentuklah ^{14}C . Nilai aktivitas kemudian diubah menjadi umur setelah dibandingkan dengan standar acuan (Faisal, 2009). Pengembangan penerapan aplikasi radioisotop dapat digunakan untuk penentuan umur sedimen, karang, benda kuno dan lain-lainnya (Siregar, 2008). Umur sedimen dapat diketahui dengan proses penanggalan radiokarbon. Penentuan umur sedimen dari suatu perairan dapat memberikan berbagai manfaat diantaranya dengan menentukan umur sedimen dapat diketahui

pembentukan batuan di suatu pantai, lama pengendapan, dan mengetahui umur radiokarbon air permukaan laut (Yuliati, 2005).

Penanggalan ^{14}C didasarkan pada proses peluruhan radiokarbon melalui pancaran partikel β^+ . Peluruhan β dipilih karena sebagian besar semua nuklida tidak berada pada daerah kestabilan sehingga proses peluruhan β meliputi pancaran elektron secara langsung dari inti baik elektron yang bermuatan positif maupun bermuatan negatif dapat dipancarkan oleh inti yang sama dalam keadaan khusus (Wiyatmo, 2009). Prinsip kerja LSC (*Liquid Scintillation Counting*) ini bekerja atas dasar interaksi larutan senyawa organik yang dapat berflouresensi. Kini metode pencacah salinitas cair selain dapat mencacah radiasi β berenergi rendah, tetapi dapat digunakan pula untuk pencacahan α dan β total. Metode ini dikenal dengan LSC (*Liquid Scintillation Counting*). Kelebihannya metode ini dapat menghemat waktu dalam menentukan α dan β total dan mendeteksi ^3H dan ^{14}C (Tjahaja dan Mutiah, 2000).

Penentuan umur dengan ^{14}C selama ini dilakukan dengan *Mini Gas Proportional Spectrometry* dan *Accelerator Mass Spectrometry* untuk mencacah CH_4 dan C_6H_6 dengan mencacah karbon dalam bentuk grafit. Metode-metode ini tidak efisien karena biaya peralatan, bahan reparasi sampelnya sangat mahal, begitupula pada preparasi sampel yang cukup rumit, lama dan membutuhkan pertimbangan keterampilan teknis yang memadai. Dengan perkembangan teknologi yang semakin pesat mulai dikembangkan suatu yang lebih baik dan efisien (Satrio dan Abidin, 2007). Panggabean (2002) melaporkan adaptasi metode analisis ^{14}C dalam air laut menggunakan alat LSC, Suyarso (2010) juga melaporkan perubahan muka laut masa lampau berdasarkan umur fosil kerang dengan menggunakan pencacah sintilasi cair. Penelitian juga dilakukan Jauhari (2014) tentang penentuan umur terumbu karang dengan metode LSC dengan umur terumbu karang sebesar 669, 484 tahun dan begitu juga Aprilia (2013) melakukan

penelitian tentang penentuan umur sedimen laut di Kepulauan Spermonde dengan metode LSC dengan umur yang didapatkan pada sampel sedimen sebesar 821,0822 tahun. Dari uraian tersebut, maka penelitian ini akan dilakukan penentuan umur sedimen di perairan Mamuju melalui pengukuran aktivitas ^{14}C dengan metode LSC.

1.2 Rumusan Masalah

Masalah yang akan dibahas pada penelitian ini, antara lain:

1. berapa aktivitas ^{14}C pada sampel sedimen melalui metode LSC?
2. berapa umur sedimen di perairan Mamuju melalui metode LSC?

1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian

1.3.1 Maksud Penelitian

Maksud penelitian ini adalah mengetahui dan mempelajari pengukuran aktivitas ^{14}C pada penentuan umur sedimen di perairan Mamuju menggunakan alat pencacah LSC Hidex 300 SL berdasarkan proses peluruhan ^{14}C dalam sampel sedimen.

1.3.2 Tujuan Penelitian

Tujuan yang akan dicapai dari penelitian ini, antara lain:

1. menentukan aktivitas ^{14}C pada penentuan umur sedimen melalui metode LSC.
2. menentukan umur sedimen melalui metode LSC.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah memberikan informasi dan pengetahuan tentang penentuan umur sedimen yang telah ada juta tahun lalu dengan menggunakan radioisotop ^{14}C .

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum Sedimen

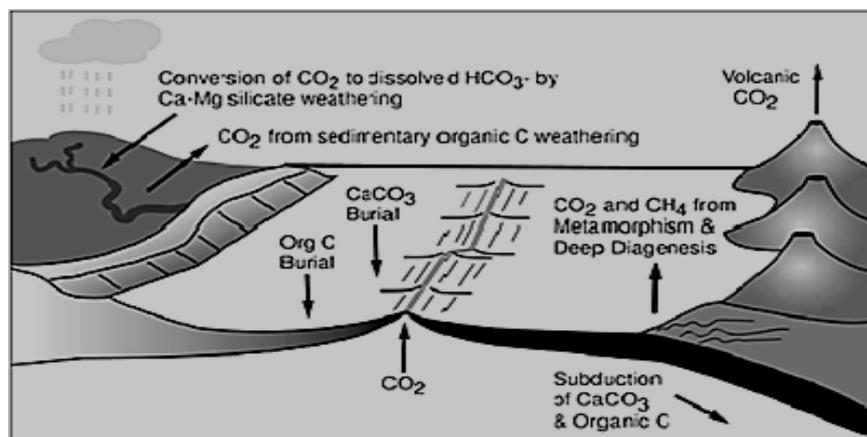
Berdasarkan asalnya, sedimen-sedimen laut ini berasal dari air sungai yang membawa berbagai material organik dan material anorganik (mineral). Material-material juga berasal dari limbah akibat aktivitas industri, transportasi, perkebunan, limbah domestik dan lain-lain. Material tersebut akan menuju ke pantai atau laut dan mengendap menjadi sedimen (Rustiah, 2002).

Menurut Epimadya (2002) sedimen didominasi oleh silika, kalsium karbonat, dan mineral lempung. Sumber daya mineral non logam yang ditemukan di Kabupaten Mamuju adalah andesit, batu gamping, granit, lempung, marmer, sirtu, mika dan felpar. Dari data sekunder juga terdapat beberapa indikasi batubara, emas, dan tembaga. Kabupaten Mamuju terletak diantara $118^{\circ}45'21,55''$ – $119^{\circ}45'46,79''$ Bujur Timur dan $2^{\circ}12'25,47''$ – $2^{\circ}55'28,1''$ Lintang Selatan tepatnya di Provinsi Sulawesi Barat. Terdapat banyak sungai-sungai yang berfungsi sebagai drainase bagi daerah pedataran pantai (BPS, 2013). Menurut Pettijohn (1975) sedimentasi adalah suatu proses pembentukan sedimen yang disebabkan oleh pengendapan mineral pada suatu tempat seperti sungai, danau, muara, laut, dan daerah pesisir lainnya.

Menurut Supriyadi (2006) hampir semua material sedimen berasal dari sedimen dari darat yang terbawa oleh air sungai seperti campuran lempung, pasir, dan lain-lain. Karena terjadi goncangan dengan intensitas tinggi, terjadi pemisahan dari bongkahan-bongkahan sedimen tersebut. Partikel yang berukuran besar akan mengendap di daerah pantai sedangkan partikel yang berukuran kecil akan mengendap pada perairan dalam.

2.2 Karbon

Karbon merupakan suatu unsur yang diserap dari atmosfer melalui fotosintesis dan disimpan di dalam biomassa vegetasi. Tempat penyimpanan karbon dalam pohon terdapat dalam biomassa batang, cabang, ranting, daun, bunga, buah, dan akar (Yuniawati, 2014). Menurut Ghalib (2009) karbon adalah suatu unsur yang unik dalam jumlah dan variasi senyawa yang bisa dibentuk. Karbon adalah hal yang penting dan dasar dari semua bentuk materi hidup.



Gambar 1. Siklus pertukaran karbon pada atmosfer (Warmada dan Titisari, 2004)

Asal karbon juga berasal dari hewan, tumbuhan, dan bahkan manusia dalam bentuk batubara, minyak bumi, batu kapur, gas CO₂, gas CO, intan, dan grafit. Selain dapat berikatan dengan sesama karbon dalam membentuk rantai karbon, karbon juga dapat berikatan dengan unsur lainnya. Unsur karbon mempunyai tiga buah isotop, yaitu ¹²C, ¹³C, dan ¹⁴C (Sunardi, 2006). Menurut sulzman (2000) karbon-14 terdapat enam proton, delapan neutron dan bersifat radioaktif, sehingga sering disebut "radiokarbon". Waktu paruh dari ¹⁴C, kira-kira 5.730 tahun. Jadi ¹⁴C bertahan dalam bahan seperti pohon dan karang ataupun sedimen yang sudah tua puluhan ribu tahun. Hal ini berguna untuk penanggalan, dan juga digunakan secara luas sebagai pelacak dari sirkulasi laut.

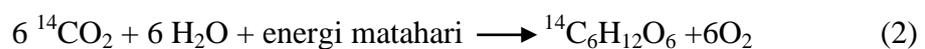
Karbon juga tersebar pada material geologi, laut dan atmosfer. Pembentukan CO₂ sangat cepat di atmosfer dan meningkat lebih dari 3 milyar ton per tahun. Peningkatan CO₂ di atmosfer disebabkan adanya penebangan dan pembakaran hutan serta pembakaran bahan bakar fosil. Pada kasus ini, siklus karbon menjadi sumber dan masukan yang mempertukarkan karbon pada atmosfer selama rentang waktu tertentu (Warmada dan Titisari, 2004).

2.3 Radiokarbon

Ternyata konsentrasi radiokarbon (¹⁴C) di alam tidaklah konstan, berfluktuasi dari masa ke masa. Fluktuasi radioaktif disebabkan antara lain: variasi tingkat produksi radiokarbon di atmosfer dan variasi jumlah total karbondioksida dalam atmosfer, biosfer, hidrosfer (Wisjachudin, 2000). Menurut Yuliati dan Akhadi (2005) radiokarbon di alam terjadi karena adanya sinar kosmik yang memasuki atmosfer dan terjadi tumbukan. Sinar kosmik tersebut melepaskan neutron yang selanjutnya diserap oleh nitrogen (¹⁴₇N) dan menyebabkan nukleusnya bereaksi terhadap inti nitrogen dengan memancarkan proton. Kemudian nomor atom turun menjadi 6 dan terbentuk ¹⁴C. Unsur-unsur radioaktif yang terbentuk dalam atmosfer bumi itu jatuh ke bumi bersama-sama dengan angin, hujan, maupun salju. Apabila ¹⁴C masuk ke atmosfer maka akan bereaksi dengan oksigen membentuk karbon dioksida yang bersifat radioaktif.



Selanjutnya melalui proses fotosintesis dan bantuan klorofil daun pada tanaman akan menghasilkan karbohidrat atau glukosa (C₆H₁₂O₆) sesuai dengan persamaan berikut:



Makhluk hidup seperti tanaman hijau mengambil karbon dioksida supaya tetap hidup, sehingga setiap tanaman mengandung karbon radioaktif yang terserap

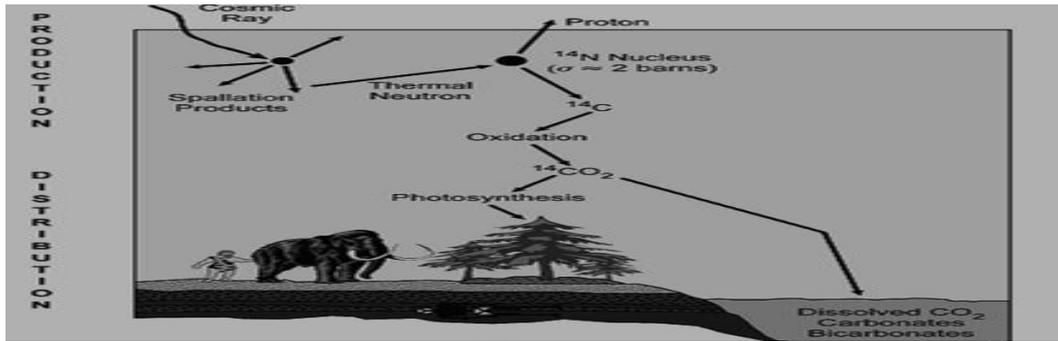
bersama karbon dioksida (Wiyatmo, 2009). Proses peluruhan radioaktif mengikuti reaksi orde satu yaitu bahwa kecepatan peluruhan sebanding dengan jumlah inti radioaktif dalam contoh C (Noor, 2003).

$$\text{Kecepatan peluruhan} = \text{tetapan peluruhan} \times \text{jumlah inti radioaktif} \quad (3)$$

2.4 Penanggalan Radiokarbon (*Radiocarbon Dating*)

Penanggalan objek atau untuk menentukan berbagai tingkat proses lingkungan dengan menggunakan aplikasi utama ^{14}C . Metode ^{14}C didasarkan pada asumsi laju pembentukan atmosfer konstan. Setelah diproduksi, ^{14}C atmosfer bereaksi membentuk $^{14}\text{CO}_2$, yang berpartisipasi dalam proses siklus karbon global, fotosintesis dan respirasi serta proses fisik disolusi, deposisi partikulat, penguapan, pengendapan, transportasi, dan lain-lain (Key, 2001).

Radiokarbon atmosfer ditransfer ke laut terutama oleh pertukaran gas $^{14}\text{CO}_2$. Setelah di laut, $^{14}\text{CO}_2$ mengalami proses fisika, kimia dan proses biologis yang sama yang mempengaruhi CO_2 . Saat hidup, biota membentuk kesetimbangan konsentrasi radiokarbon dengan lingkungannya yaitu, ^{14}C yang hilang akibat peluruhan digantikan oleh penyerapan ^{14}C dari lingkungan. Pada dasarnya penentuan umur suatu fosil makhluk hidup dengan menggunakan radiokarbon ini didasari pada perbandingan isotop karbon yang ada dalam organisme dengan perbandingan isotop karbon yang ada di atmosfer. Pada saat organisme tersebut mati proses pertukaran karbon pun akan berakhir dengan sendirinya, sehingga ^{14}C akan mengalami pengurangan seiring dengan berjalannya waktu. Dengan membandingkan antara derajat radioaktivitas dalam organisme yang telah mati dengan yang ada dalam organisme yang masih hidup maka dapat ditentukan berapa lama umur organisme tersebut dengan melihat waktu peluruhan radiokarbonnya (Key, 2001).



Gambar 2. Gambaran dari pembentukan, distribusi dan pengurangan alami ^{14}C di alam (Currie, 2004).

Proses penanggalan karbon-14 didasarkan pada proses peluruhan radioaktif memungkinkan untuk penentuan umur batuan dan benda-benda yang mempunyai asal biologis. Peluruhan tersebut didasari oleh perbandingan jumlah proton dan neutron dalam inti. Seperti diketahui bahwa inti akan mengalami peluruhan secara spontan untuk mencapai kondisi yang lebih stabil dan kestabilan inti ditentukan oleh rasio neutron dan proton dalam inti (Noor, 2003).

Tabel 1. Aktivitas alami sampel radiocarbon permukaan bumi (Libby, 1960)

Sumber	Lintang Geomagnetik	Aktivitas Spesifik
Cemara putih, Yukon	60	$14,84 \pm 0,30$
Cemara Norwegia, Swedia	55	$15,37 \pm 0,54$
Kayu Elm, Chicago	53	$14,72 \pm 0,54$
Fraxinus Excelsior, Switzerland	49	$15,16 \pm 0,30$
Daun kamperfuli, Oak Ridge, Tenn	47	$14,60 \pm 0,30$
Ranting Pohon Cemara, New Mexico	44	$15,82 \pm 0,47$
Briar Afrika Utara	40	$14,47 \pm 0,44$
Oak, Sherafut, Palestina	34	$15,19 \pm 0,40$
Kayu tidak terdeteksi, Teheran, Iran	28	$15,57 \pm 0,31$
Fraxinus mandshurica, Japan	26	$14,84 \pm 0,30$
Kayu tidak terdeteksi, Panama	20	$15,94 \pm 0,51$
Chlorophora excelsa, Liberia	11	$15,08 \pm 0,34$
Sterculia excelsa, Copabana, Bolivia	1	$15,47 \pm 0,50$
Kayu Ulin, Majoro, Pulau Marshall	0	$14,53 \pm 0,60$
Jenis kayu tidak diketahui, Ceylon	2	$15,29 \pm 0,67$
Pohon Kayu Besar, Tierra del Fuego	45	$15,37 \pm 0,49$
Minyak kayu putih, New South Wales, Australia	45	$16,31 \pm 0,43$
Minyak daging anjing laut dari Antartik	65	$15,69 \pm 0,30$
Jumlah Rata-rata		$15,3 \pm 0,1$

2.5 Radioaktivitas

Pancaran sinar radioaktif secara spontan oleh inti atom tidak stabil menjadi inti atom yang stabil dinamakan radioaktivitas. Sedangkan inti atom yang tak stabil disebut radionuklida. Suatu inti atom dikatakan dalam keadaan tidak stabil apabila jumlah proton jauh lebih besar dari jumlah neutron. Maka keadaan inilah gaya elektrostatis jauh lebih besar dari gaya inti sehingga ikatan atom-atom menjadi lemah dan inti berada dalam keadaan tidak stabil (Usman, 2012). Radioaktivitas suatu unsur timbul dari radioaktivitas satu atau lebih isotopnya. Banyak sekali unsur dalam alam tidak mempunyai isotop radioaktif, walaupun demikian, isotop seperti itu dapat disiapkan supaya menjadi radioaktif secara artifisial (buatan) dan dapat berguna dalam penelitian biologi dan kedokteran sebagai "perunut". Prosedurnya adalah dengan menggabungkan radionuklida dalam senyawa kimiawi dan mengikuti apa yang terjadi pada senyawa itu dalam organisme hidup dengan memantau dari nuklida itu dengan pemancaran positron dan penangkapan elektron ditambahkan pada daftar ragam peluruhan (Beiser, 1992).

Terdapat lima jenis peluruhan radiokatif yaitu peluruhan gama, peluruhan alfa, peluruhan beta, penangkapan elektron dan pemancaran positron. Kelima jenis peluruhan tersebut yang meliputi transformasi nuklir beserta contohnya pada nuklida (Wiyatmo, 2009).

Tabel 2. Jenis Peluruhan Radioaktif (Wiyatmo, 2009)

Peluruhan	Transformasi	Contoh
Peluruhan Alfa	${}^A_ZX \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2}Y + {}^4_2He$	${}^{238}_{92}U \rightarrow {}^{234}_{90}Th + {}^4_2He$
Peluruhan Beta	${}^A_ZX \rightarrow {}^A_{Z+1}Y + e^-$	${}^{14}_6C \rightarrow {}^{14}_7N + e^-$
Emisi Positron	${}^A_ZX \rightarrow {}^A_{Z-1}Y + e^+$	${}^{64}_{29}Cu \rightarrow {}^{64}_{28}Ni + e^+$
Penangkap Elektron	${}^A_ZX + e^- \rightarrow {}^A_{Z-1}Y$	${}^{64}Cu + e^- \rightarrow {}^{64}Ni$
Peluruhan Gamma	${}^A_ZX^* \rightarrow {}^A_ZX + \gamma$	${}^{87}_{38}Sr^* \rightarrow {}^{87}_{38}Sr + \gamma$

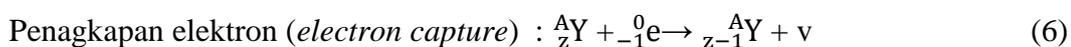
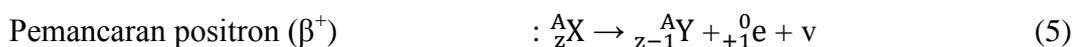
1. Peluruhan Alfa

Peluruhan alfa terjadi pada inti yang tereksitasi dengan nomor massa (A) ganjil atau inti ganjil, umur paruhnya lebih lama dibandingkan inti genap dengan energi peluruhan yang sama. Radiasi ini yang pertama kali diperkenalkan oleh Ernest Rutherford mempunyai kekuatan mengionkan tinggi tetapi daya tembusnya terhadap bahan sangat rendah. Peluruhan alfa pada umumnya diikuti oleh peluruhan gamma. Inti yang mengalami peluruhan alfa, nomer massanya akan berkurang 4 dan nomer atomnya berkurang 2 sehingga peluruhan alfa disamakan dengan pembentukan inti helium. Radiasi alfa mempunyai sifat dibelokkan oleh medan magnet ke arah kutub negatif, bermuatan listrik positif, dan merupakan partikel bermassa (Wiyatmo, 2009).

2. Peluruhan Beta

Partikel β mempunyai dua pengertian yang berbeda yaitu negatron (β^-) dan positron (β^+), dimana keduanya merupakan produk perubahan dalam inti. Secara fisik perikel ini bermuatan, dimana positron membawa muatan positif dan negatron membawa muatan negatif (sama dengan elektron). Karakteristik yang paling khas dari radiasi β adalah energi kinetik yang dipancarkan secara kontinu sampai harga maksimum, yang merupakan karakteristik dari nuklida (E_{maks}). (E_{maks}) berkisar antara 0,019 MeV untuk ^3H sampai 4,81 MeV untuk ^{38}Cl (Noor, 2003).

Proses peluruhan beta meliputi pancaran elektron secara langsung dari inti baik elektron (β^-) yang bermuatan negatif maupun positron (β^+) yang bermuatan positif. Peluruhan beta merupakan proses transformasi isobarik, dalam hal ini cacahan proton berubah/berkurang tanpa disertai perubahan cacahan nukleon. Terdapat tiga macam terjadinya peluruhan β (Wiyatmo, 2009):



Pada peluruhan ini nomor atom akan berkurang satu dan nomor massanya tetap. Selanjutnya peluruhan beta (β^-) terjadi pada inti yang kelebihan elektron dan pada umumnya juga disertai dengan peluruhan gamma. Dalam peluruhan beta (β^-), nomor atom akan bertambah satu dan nomor massanya tetap. Radiasi beta memiliki kekuatan mengion rendah tetapi daya tembusnya besar. Radiasi ini mempunyai sifat dapat dibelokkan oleh medan magnet ke arah kutub positif, bermuatan listrik negatif, dan tidak mempunyai massa (Noor, 2003).

3. Peluruhan Gamma

Peluruhan gamma tidak terjadi perubahan nomor atom maupun perubahan nomor massa. Radiasi gamma merupakan radiasi gelombang elektromagnetik dan memiliki sifat tidak dapat dibelokkan oleh medan magnet dan medan listrik, mempunyai panjang gelombang yang pendek dengan daya tembus yang sangat besar serta mempunyai sifat yang sama dengan sinar-X (Noor, 2003).

2.5.1 Hukum Radioaktivitas

Hasil eksperimen membuktikan bahwa peluruhan radioaktif berjalan secara eksponensial. Hal ini dapat dijelaskan dengan anggapan bahwa peluruhan adalah peristiwa statistik. Sifat statistik ini menyebabkan bahwa atom mana yang akan meluruh pada detik berikutnya tidak dapat dipastikan karena hanya merupakan kebolehjadian. Kebolehjadian setiap atom untuk meluruh dalam setiap detik adalah λdt , dimana λ adalah suatu tetapan yang disebut tetapan desintegrasi. Apabila N_0 adalah atom yang meluruh dalam waktu t maka dapat ditulis:

$$dN = -\lambda dt N_0 \quad (7)$$

$$\frac{dN}{N} = \frac{-\lambda dt}{dt} \quad (8)$$

$$N(t) = N_0 e^{-\lambda t} \quad (9)$$

berdasarkan persamaan (8), $N(t)$ adalah jumlah atom radioaktif pada waktu t (Ilyas dan Halide, 2012).

2.5.2 Beberapa Besaran Radioaktivitas

1. Aktivitas

Aktivitas didefinisikan sebagai jumlah disintegrasi per detik

$$\text{Aktivitas} = \frac{dA}{dt} = \lambda A_0 e^{-\lambda t} \quad (10)$$

2. Waktu paruh ($t_{1/2}$)

Interval waktu, selama mana aktivitas berkurang dengan separuhnya dinamakan waktu paruh adalah

$$A = A_0/2; t = t_{1/2}, \quad (11)$$

jika ini disubstitusikan dalam persamaan, maka

$$A_0/2 = A_0 e^{-\lambda t} \quad (12)$$

$$t_{1/2} = \ln 2/\lambda = 0,693 / \lambda \quad (13)$$

3. Umur rata-rata (*Average Life*)

Waktu rata-rata disintegrasi suatu atom yang mempunyai nomor massa (Z) besar yang diperlukan sejak permulaan kehidupan isotop sampai tak terhingga, karena tidak diketahui atom mana yang akan meluruh (Syahir, 2001).

2.6 Analisis ^{14}C dengan Metode Absorpsi CO_2

Absorpsi merupakan salah satu proses pemisahan dengan mengontakkan campuran gas dengan cairan sebagai penyerapnya, penyerap tertentu akan

menyerap satu atau lebih pada komponen gas. Proses absorpsi ini melibatkan proses difusi partikel-partikel gas ke dalam suatu cairan atau *liquid* (Cahyo dan Hadiyanto, 2004 dalam Mara, 2012). Secara umum, faktor-faktor yang mempengaruhi suatu absorpsi adalah kelarutan (*solubility*) gas yang terdapat dalam pelarut dalam kesetimbangan, tekanan operasi, dan temperatur. Pada umumnya, naiknya temperatur menyebabkan kelarutan gas menurun (Kartoharjo, 2007).

Metode absorpsi CO₂ sering disebut juga sebagai metode *direct counting* ¹⁴CO₂, karena terdapat kandungan ¹⁴C dalam CO₂ yang langsung dicacah dengan pencacah sintilasi cair. Preparasi sampel dengan menggunakan metode ini melibatkan pemakaian bahan kimia dengan penyerap CO₂ yang pada umumnya tersedia dalam bentuk larutan *carbosorb* dan larutan sintilasi (sintilator) Permafluor-V, keduanya dari Packard Co. Akan tetapi, saat ini Packard sudah tidak lagi memproduksi kedua bahan tersebut, sehingga laboratorium ¹⁴C di beberapa negara mengembangkan sendiri pengganti bahan-bahan kimia tersebut (Satrio dkk, 2007). Contoh pengembangan bahan yang digunakan dalam absorpsi CO₂ adalah larutan Na₂CO₃, NaOH, dan K₂CO₃ (Cahyo dan Hadiyanto, 2004 dalam Mara, 2012).

Metode absorpsi CO₂ ini mulai diterapkan dalam penentuan umur suatu sampel seperti yang telah dilakukan oleh Panggabean (2002) dengan menggunakan absorban NaOH untuk menyerap CO₂ pada analisis ¹⁴C dalam air laut. Siregar (2008) dengan menggunakan larutan NH₄OH sebagai *carbosorb* pada penentuan umur tulang hewan. Jauhari (2013) melaporkan penentuan umur terumbu karang dengan menggunakan larutan KOH sebagai *carbosorb*.

2.7 Liquid Scintillation Counting (LSC)

LSC (*Liquid Scintillation Counting*) merupakan alat yang menggunakan sistem pengganti sampel otomatis sehingga dapat mendeteksi multipel sampel dalam satu kali injek. LSC (*Liquid Scintillation Counting*) ini memiliki dua *platerack* dengan kapasitas masing-masing 96 vial untuk *platerack* 7 ml serta 40 vial untuk *platerack* 20 ml (Wisser, 2013).



Gambar 3. Alat LSC Hidex 300 SL (Wisser, 2013)

Pada metode pencacahan sintilasi cair sampel yang mengandung radionuklida dilarutkan atau disuspensikan ke dalam larutan sintilator (*scintillator solution* atau *cocktail*) yang sesuai di dalam vial gelas atau plastik. Larutan sintilator ini mengandung beberapa komponen, yaitu pelarut primer dan sekunder, serta sejumlah kecil sintilator primer dan sekunder. Partikel radioaktif dalam sampel yang dilarutkan dalam larutan sintilator akan bertumbukan dengan molekul pelarut yang menyebabkan molekul pelarut menjadi tereksitasi. Pada saat molekul pelarut kembali ke tingkat energi semula terjadi hamburan energi yang sebagian kemudian diteruskan ke molekul sintilator dan kembali

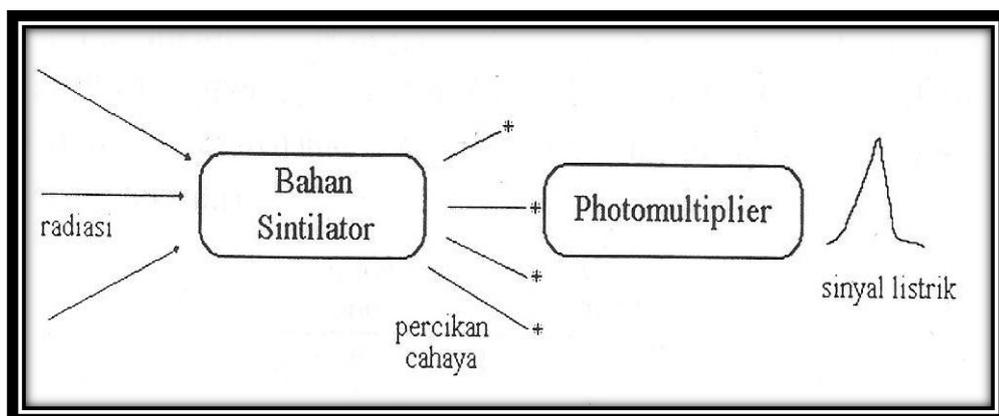
menyebabkan molekul sintilator tereksitasi. Pada saat kembali ke tingkat energi semula molekul sintilator ini memancarkan foton berupa kelipan cahaya. Foton kemudian terdeteksi oleh PMT, sehingga dihasilkan pulsa listrik yang sebanding dengan energi partikel radioaktif (Tjahaja dan Mutia, 2000).

2.8 Sintilasi Cair

Metode sintilasi cair ini berkembang secara independen sejak tahun 1950, tepatnya ketika Reynold & Kalman menemukan bahwa pada larutan organik tertentu akan berflouresensi jika berinteraksi dengan sinar radiasi energi tinggi. Sinar flouresensi ini yang nantinya akan diubah menjadi ledakan-ledakan fotoelektron di dalam PMT dan terukur sebagai pulsa listrik (Noor, 2003).

2.8.1 Sistem dan Mekanisme Kerja Sintilasi cair

Metode pencacahan sintilasi cair pertama kali dikenal pada tahun 1953 oleh Hayes. Metode ini merupakan metode yang digunakan pada pengukuran radioaktivitas energi rendah, seperti ^3H dan ^{14}C . Sesuai dengan prinsipnya pencacah sintilasi cair terdiri dari komponen dasar yang berupa tabung pengganda



Gambar 4. Proses pembentukan sinyal listrik detektor sintilasi (Noor, 2003)

foton atau photomultiplier tube (PMT), penguat (*amplifier*), pemisah (*discriminator*), dan pencacah (*counter*) pulsa. Tabung pengganda foton

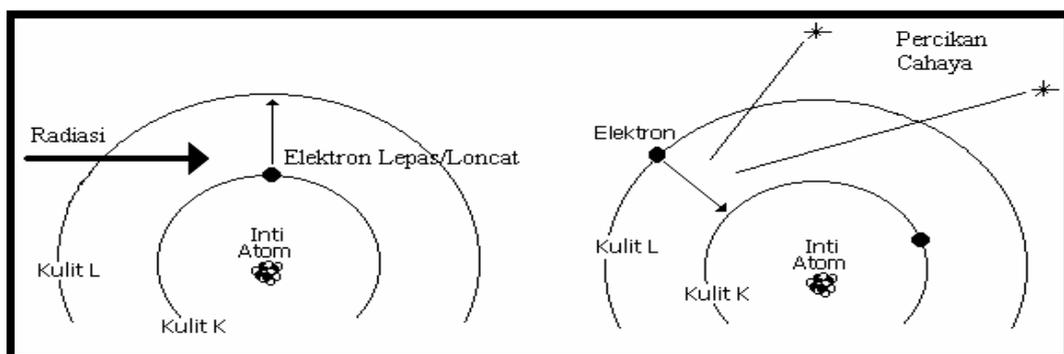
berfungsi untuk mengubah pancaran foton menjadi pulsa listrik. Permukaan PMT dibuat dari bahan yang sensitif terhadap cahaya dan bersifat dapat mengubah energi foton yang terserap menjadi energi listrik melalui pelepasan elektron. Di dalam PMT terdapat beberapa dinode yang berurutan dan diberi beda potensial yang satu lebih tinggi dari yang lainnya, sehingga elektron yang terlepas akan ditarik oleh elektroda dalam dinode dan ini akan menghasilkan elektron yang lebih banyak yang disebut elektron sekunder. Elektron sekunder ini akan jatuh ke dinode berikutnya dan terjadi proses yang sama sehingga jumlah elektron akan berlipat ganda (Tjahaja dan Mutia, 2000).

Sinyal keluaran dari detektor selalu tidak lepas dari pengaruh pulsa derau walaupun telah diperkuat dengan penguat, sehingga jika sinyal tersebut langsung diteruskan ke alat pencacah maka derau akan ikut memberikan kontribusi cacahan. Untuk mengatasi hal tersebut, pulsa derau harus dipisahkan dari sinyal. Dalam hal ini digunakan pemisah yang memiliki tingkat pemisahan tertentu yang dapat diatur (Tjahaja dan Mutia, 2000).

Dalam pencacahan sampel dalam metode sintilasi cair digunakan botol yang bersifat, yaitu tahan terhadap zat kimia, dapat meneruskan cahaya dengan panjang gelombang yang sesuai, memiliki bentuk yang baik dan mudah diproduksi, relatif murah. Umumnya botol yang digunakan adalah botol-botol gelas atau plastik yang berkapasitas 20 mL, untuk tempat sampel radioaktif dan botol yang lebih kecil bisa juga digunakan. Salah satu proses yang terjadi dalam pengukuran sampel radioaktif dengan alat LSC adalah fluoresensi. Fluoresensi adalah peristiwa pemancaran radiasi dari molekul setelah molekul menyerap radiasi. Peristiwa fluoresensi hampir selalu terjadi sesudah sebagian energi vibrasi dan elektronik hilang, sehingga panjang gelombang radiasi

fluoresensi akan lebih panjang (frekuensinya lebih rendah) dari pada panjang gelombang radiasi absorpsi (Antoni, 1995).

Bahan sintilator berfungsi untuk menangkap radiasi dan mengubah energinya menjadi percikan cahaya yang dihasilkan bahan sintilator menjadi sinyal listrik. Energi radiasi yang mengenai bahan sintilator akan diserap oleh atomnya sehingga terdapat beberapa elektron yang tereksitasi (berpindah ke orbit yang lebih tinggi). Beberapa saat kemudian (orde piko detik), elektron - elektron yang tereksitasi tadi akan kembali ke keadaan dasarnya, melalui beberapa tingkat energi, dengan memancarkan foton (percikan cahaya). Semakin tinggi energi radiasi yang mengenainya maka semakin banyak elektron yang tereksitasi sehingga semakin banyak pula percikan cahaya yang dipancarkan (Suliyanto dan Muradi, 2009).



Gambar 5. Proses terjadinya sintilasi di dalam sampel dan larutan sintilator (Tjahaja dan Mutia, 2000)

Partikel radioaktif dalam sampel yang dilarutkan dalam larutan sintilator akan bertumbukan dengan molekul pelarut yang menyebabkan molekul pelarut menjadi tereksitasi. Pada saat molekul pelarut kembali ke tingkat energi semula terjadi hamburan energi, yang sebagian kemudian diteruskan ke molekul sintilator dan kembali menyebabkan molekul sintilator tereksitasi. Pada saat kembali ke tingkat energi semula molekul sintilator ini memancarkan foton. Foton kemudian

terdeteksi oleh PMT, sehingga dihasilkan pulsa listrik yang sebanding dengan energi partikel radioaktif (Tjahaja dan Mutia, 2000). Sintilator terbagi menjadi sintilator primer dan sintilator sekunder. Zat pelarut yang baik digunakan harus dalam keadaan baik dan memiliki sifat-sifat yaitu dapat melarutkan sintilator dalam konsentrasi yang cukup, dapat meneruskan energi dengan baik dari zat mpelarut dari molekul-molekul sintilator, mudah melarutkan cuplikan, mempunyai titik beku rendah, tidak mengandung racun (non-toxic) (Antoni, 1995). Pelarut terdiri dari pelarut primer yaitu pereaksi kimia yang berfungsi mengubah energi kinetik radiasi menjadi energi eksitasi. Pelarut primer memiliki struktur kimia yang membuat pelarut primer efisien dalam mengubah energi radiasi ke energi eksitasi, dan pelarut sekunder yaitu pereaksi kimia yang berfungsi menarik unsur radioaktif ke pelarut primer. Pelarut sekunder ini bersifat meningkatkan efisiensi pelarut primer. Pelarut sekunder diperlukan untuk sampel yang tidak larut dalam pelarut primer, agar dapat terbentuk larutan yang homogen. Air tidak larut dalam pelarut aromatik seperti toluen atau xylen karena tingginya tegangan permukaan antara pelarut dan air. Akan tetapi jika tegangan ini dikurangi, air dapat berikatan dengan larutan (Tjahaja dan Mutia, 2000).

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Bahan Penelitian

Bahan-bahan penelitian ini adalah KOH 1M, HCl 5M, BaCl₂ 10%, indikator MO, indikator PP, sintilator *aqualight*, kertas saring, aquades dan sedimen asal perairan Mamuju.

3.2 Alat Penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi alat sampling dan kantong sampel, statif, mortar, sarung tangan, oven, cawan dan alat-alat gelas yang umum digunakan di laboratorium serta LSC Hidex 300 SL.

3.3 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini telah dilaksanakan pada bulan Februari sampai dengan Mei 2017 di Laboratorium Kimia Radiasi, Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin, Makassar.

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Pengambilan Sampel Sedimen

Pengambilan sampel dilakukan di permukaan Perairan Mamuju. Stasiun 1 yang diambil di muara sungai Mamuju pada koordinat 02°39'53,5"(LS) dan 118°54'01,7"(BT) dan stasiun 2 di muara sungai Karema pada koordinat 02°40'43,7"(LS) dan 118°52'24,1"(BT). Pengambilan contoh sedimen dengan menggunakan pipa paralon.

3.4.2 Pencucian Sampel Sedimen

Pencucian merupakan tahap awal dalam preparasi sampel sebelum pendestruksian atau pemisahan karbonat sampel. Pencucian dilakukan dengan

sedimen dicuci pada aquades hingga bersih namun sebelumnya ditimbang bobot awalnya. Setelah pencucian, sampel sedimen ditempatkan dalam wadah dan dikeringkan dan ditimbang bobot akhirnya (Adkins dkk., 2002).

3.4.3 Preparasi Sampel Sedimen (Wahyudi, 2001)

Sedimen kering digerus dengan mortar hingga menjadi serbuk halus. Untuk persiapan analisis kandungan ^{14}C dalam sampel, sampel direndam dengan KOH 1M selama 1 x 24 jam. Kemudian disaring dan filtratnya disimpan dalam botol sampel.

3.4.4 Penentuan Total Karbon (Adkins dkk., 2002)

Larutan K_2CO_3 terlarut dipipet 5 mL ke dalam Erlenmeyer untuk titrasi dengan larutan HCl 5M setelah penambahan beberapa tetes indikator MO hingga terjadi perubahan warna dari kuning menjadi merah muda. Selanjutnya, dipipet 5 mL larutan K_2CO_3 ke dalam gelas kimia untuk ditambahkan larutan BaCl_2 10% sampai terbentuk endapan (jenuh). Selanjutnya, endapan dan filtratnya dipisahkan dengan cara disaring, kemudian ditambahkan beberapa tetes indikator PP dan dititrasi dengan larutan HCl 5M dengan hingga terjadi perubahan warna dari ungu menjadi bening.

3.4.5 Pengukuran Aktivitas ^{14}C dalam Sampel Sedimen dengan LSC Hidex 300 SL.

Aktivitas ^{14}C dalam sampel dinyatakan dalam satuan aktivitas, yang merupakan peluruhan setiap menit (DPM) dari ^{14}C . Penentuan aktivitas ^{14}C dalam sampel sedimen dapat diketahui melalui pencacahan sampel dengan LSC Hidex 300 SL. Pencacahan sampel dilakukan dengan mengisi 8 mL larutan sampel dan

12 mL sintilator ke dalam gelas vial 20 mL. Campuran homogen sampel dan sintilator dicacah dengan perangkat LSC Hidex 300 SL dengan waktu pencacahan 1-240 menit. Hal yang sama dilakukan pada pencacahan *background* dengan mengisi 12 mL sintilator ke dalam vial 20 mL dan dicacah dengan LSC Hidex 300 SL.

3.4.6 Perhitungan Umur Sampel Sedimen (Siregar dan Soehaimi, 2009)

Umur sampel sedimen dapat dihitung berdasarkan perbandingan aktivitas spesifik karbon moderen (15,3 DPM/grC) terhadap aktivitas spesifik sampel yang diperoleh dari hasil pencacahan dengan menggunakan persamaan laju peluruhan radiokarbon:

$$t = \frac{t^{1/2}}{0.693} \ln \frac{A_0}{A_t} \quad (15)$$

A_t = Radioaktivitas isotop ^{14}C dalam sampel

A_0 = Radioaktivitas isotop ^{14}C pada saat tanaman atau hewan tersebut hidup
15,3 DPM (Libby, 1960)

$t_{1/2}$ = waktu paruh 5730 tahun

$\ln 2$ = 0,693

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengambilan Sampel

Sampel sedimen yang diteliti diperoleh dari perairan Kabupaten Mamuju. Kabupaten Mamuju adalah kabupaten yang terletak di Provinsi Sulawesi bagian barat. Penelitian mengenai data base umur sedimen penting dilakukan sebagai acuan dan kajian kelestarian lingkungan di perairan Mamuju seperti proses sedimentasi yang terjadi di suatu perairan.

Pengambilan sampel sedimen dilakukan di daerah Mamuju pada 2 stasiun koordinat. Stasiun 1 yang diambil dari Muara Sungai Mamuju pada koordinat $02^{\circ}39'53,5''$ (LS) dan $118^{\circ}54'01,7''$ (BT) dan stasiun 2 dari Muara Sungai Karema pada koordinat $02^{\circ}40'43,7''$ (LS) dan $118^{\circ}52'24,1''$ (BT). Sampel sedimen dari dua stasiun seperti yang dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Sedimen stasiun I (Muara Sungai Mamuju) dan stasiun II (Muara Sungai Karema) asal Kabupaten Mamuju

Kedua sampel sedimen ditentukan umurnya melalui penanggalan radiokarbon dengan metode LSC (*Liquid Scintillation Counting*). Penentuan umur sampel dengan menggunakan penanggalan radiokarbon mempunyai asal biologis

berdasarkan proporsi isotop karbon-14 terhadap karbon di udara relatif tetap mulai zaman purba hingga sekarang, sehingga sisa aktivitas karbon-14 yang dikandung oleh suatu sampel tersebut berkorelasi dengan umur yang terhitung sejak contoh tersebut tidak lagi menunjukkan aktivitas hidup yang dapat dihitung dengan peluruhan karbon-14 berdasarkan waktu paruhnya (Siregar, 2008).

Tahapan yang penting dilakukan dalam penentuan aktivitas karbon-14 dalam sampel sedimen dengan menggunakan metode LSC (*Liquid Scintillation Counter*), yaitu tahap preparasi yang mencakup pencucian sampel, serta pemisahan karbonat, pencacahan dan penentuan umur sampel sedimen dengan pengukuran aktivitas karbon-14.

4.2 Pencucian Sampel Sedimen

Pencucian sampel dalam metode LSC (*Liquid Scintillation Counting*) mampu menghilangkan kontaminasi alami yang berasal dari alam yang terdapat pada sampel sedimen, dan sumber karbon permukaan pada sampel sedimen untuk diperoleh hasil cacahan dengan efisiensi yang tinggi. Kemudian dilakukan penimbangan berat kering sampel sedimen seperti yang terlihat pada Tabel 3.

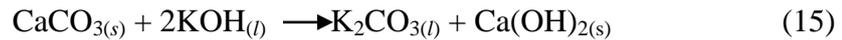
Tabel 3. Data bobot sedimen sebelum dan setelah proses pencucian

Sampel	Bobot Sebelum Pencucian (gram)	Bobot Setelah Pencucian (gram)
Stasiun I	154,355	126,640
Stasiun II	176,014	152,671

Berdasarkan Tabel 3, dapat dilihat bahwa bobot sampel yang hilang setelah pencucian sebesar 17,95% dari bobot awalnya untuk sampel sedimen pada stasiun I sedangkan bobot sampel sedimen pada stasiun II berkurang 13,26%.

4.3 Preparasi Sampel Sedimen

Preparasi sampel dilakukan dengan mengerus sedimen kering dengan mortar hingga menjadi serbuk halus, kemudian sampel direndam dengan KOH 1M selama 1 x 24 jam. Persamaan reaksi pada proses perendaman tersebut dapat dilihat pada persamaan 15.



Filtrat dari proses perendaman dimasukkan dalam botol sampel dan dicacah dengan LSC.

4.4 Penentuan Total Karbon

Penentuan total karbon dilakukan dengan metode titrasi menggunakan HCl 5M. Total karbon yang diperoleh pada stasiun I adalah 0,0384 gram dan total karbon yang diperoleh pada stasiun II adalah 0,0384 gram. Perhitungan total karbon dilakukan agar dapat mengetahui bobot gram karbon yang terdapat dalam sampel yang akan digunakan dalam menghitung aktivitas spesifik karbon-14 yang terdapat dalam sedimen. Nilai aktivitas spesifik dinyatakan dalam satuan disintegrasi per menit per satuan massa dari karbon (DPM/grC) dibagi dengan berat gram karbon. Aktivitas spesifik ini menjadi dasar dalam perhitungan umur sampel. Hasil perhitungan total karbon untuk kedua sampel sedimen dapat dilihat pada Lampiran 5.

4.5 Pengukuran Aktivitas ^{14}C dalam Sampel Sedimen dengan LSC Hidex 300 SL

Proses penanggalan radiokarbon ini digunakan karena kandungan radionuklida kosmik ^{14}C yang ada di dalam tubuh makhluk hidup ketersediannya tetap. Hal ini karena terjadi pemasukan, peluruhan karbon-14 secara kontinyu.

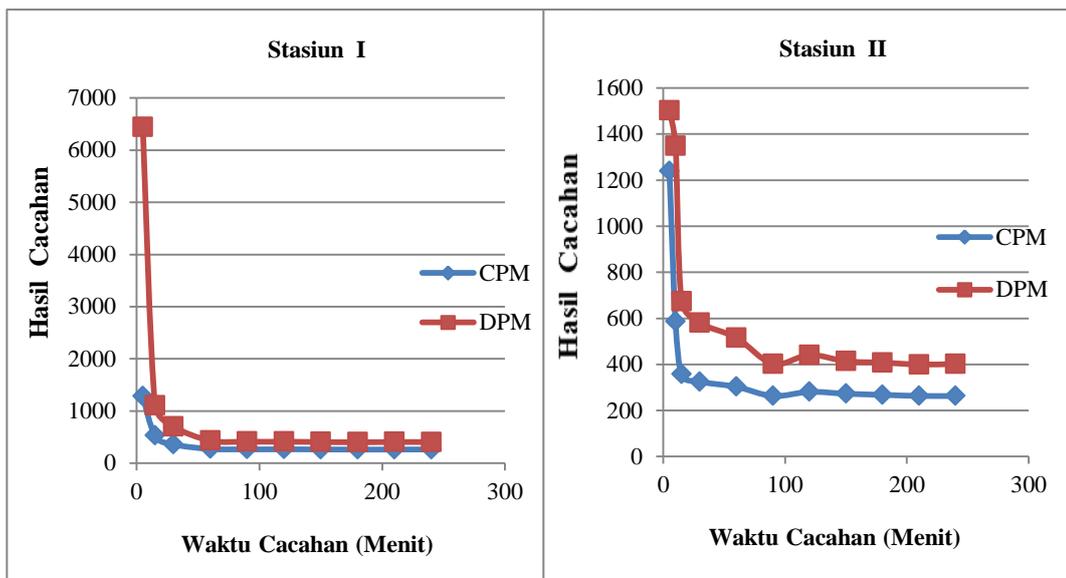
Setelah makhluk hidup itu mati atau tidak menunjukkan aktivitas kehidupan, pemasukan ^{14}C tidak terjadi lagi, sehingga karbon 14 tersebut meluruh yang menyebabkan jumlah ^{14}C akan berkurang seiring berjalanya waktu. Dalam menentukan sisa aktivitas ^{14}C yang ada dalam sampel sedimen akan berkorelasi dengan umur yang dihitung sejak contoh tersebut tidak lagi menunjukkan aktivitas kehidupan. Hal ini dapat ditentukan dengan mengacu pada waktu paruh peluruhan dari isotop ^{14}C modern. Dalam penelitian ini digunakan alat pencacah sintilasi cair yaitu LSC (*Liquid Scintillation Counter*) Hidex 300 SL untuk mengukur aktivitas ^{14}C pada sampel sedimen. Alat ini mampu memberikan hasil cacahan absolut.

Proses pengukuran aktivitas ^{14}C dalam sampel sedimen dilakukan dengan pencacahan campuran 8 mL larutan sampel dan 12 mL sintilator dalam vial 20 mL. Pencacahan sampel dilakukan dalam 2 tahap yaitu, tahap penentuan waktu optimum pencacahan dan tahap penentuan nilai rata-rata pencacahan pada waktu optimum. Dari hasil pencacahan aktivitas ^{14}C yang terkandung dalam sampel dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Data hasil pencacahan sedimen pada stasiun I dan stasiun II asal Kabupaten Mamuju dengan perangkat LSC Hidex 300 SL dalam rentang waktu cacahan 1-240 menit

No	Waktu	Aktivitas Cacahan (CPM ₁)	Aktivitas Peluruhan (DPM ₁)	Efisiensi (TDCR ₁)	Aktivitas Cacahan (CPM ₂)	Aktivitas Peluruhan (DPM ₂)	Efisiensi (TDCR ₂)
1	5	1284,266	6440,400	0,199	1238,830	1502,800	0,225
2	15	529,020	1103,680	0,479	357,700	674,070	0,53
3	30	360,600	704,860	0,511	325,000	580,080	0,56
4	60	273,770	432,250	0,633	302,910	515,960	0,587
5	90	265,630	412,040	0,644	262,940	402,510	0,653
6	120	266,540	412,460	0,646	281,010	441,190	0,636
7	150	264,640	406,110	0,651	272,850	413,820	0,659
8	180	261,850	401,380	0,652	268,010	407,930	0,656
9	210	263,100	406,560	0,647	263,200	399,710	0,658
10	240	263,970	404,640	0,652	263,020	402,020	0,654

Pada Tabel 4 dapat dilihat nilai cacahan mengalami fluktuasi. Penurunan nilai CPM pada cacahan berbanding terbalik dengan nilai TDCR dan berbanding lurus dengan nilai DPM sampel saat pencacahan. Berdasarkan Tabel 4, kestabilan cacahan pada menit ke-120 dan 90 untuk stasiun I dan stasiun II dengan melihat nilai DPM dan CPM. Pada menit ke-120 nilai CPM sebesar 266,540, dan nilai DPMnya sebesar 412,460, serta nilai TDCRnya sebesar 0,646% sedangkan pada menit ke-90 nilai CPM sebesar 262,940, dan nilai DPMnya sebesar 402,510, serta nilai TDCRnya sebesar 0,653%. Dalam bentuk grafik, aktivitas ^{14}C terhadap waktu cacahan seperti ditunjukkan dalam Gambar 7.



Gambar 7. Perbandingan nilai CPM dan DPM terhadap waktu cacahan stasiun I dan stasiun II

Berdasarkan Gambar 7, pada stasiun I kestabilan cacahan mulai terjadi pada menit 120, dimana nilai CPM dan DPM relatif tetap. Nilai TDCR pada menit ke-120 yang menunjukkan efisiensi pencacahan lebih besar daripada nilai TDCR pada menit ke-90. Sedangkan pada stasiun II kestabilan mulai terjadi pada menit 90, dimana nilai CPM dan DPM pada menit ke-90 yang menunjukkan data

kestabilan pencacahan. Nilai TDCR pada menit ke-90 yang menunjukkan efisiensi pencacahan lebih besar daripada nilai TDCR pada menit ke-120. Terjadinya fluktuasi diakibatkan oleh ketidakstabilan interaksi antara larutan karbonat dengan sintilator pada awal proses pencacahan. Ketidakstabilan interaksi disebabkan oleh efek pemadaman (*quenching*). Efek pemadaman yaitu pergeseran spektrum fluoresensi ke arah energi yang lebih rendah. Pemadaman menyebabkan berkurangnya jumlah foton dalam rangkaian kondensasi dalam proses sintilasi cair, sehingga berpengaruh pada efisiensi pencacahan. Berkurangnya jumlah foton yang dihasilkan dapat menyebabkan laju cacah berkurang dan akibatnya efisiensi pencacahan kecil.

Tabel 5. Data hasil pencacahan sedimen pada stasiun I dan stasiun II asal Kabupaten Mamuju dengan perangkat LSC Hidex 300 SL dengan 5 kali pengulangan

No	Aktivitas Cacahan (CPM ₁)	Aktivitas Peluruhan (DPM ₁)	Efisiensi (TDCR ₁)	Aktivitas Cacahan (CPM ₂)	Aktivitas Peluruhan (DPM ₂)	Efisiensi (TDCR ₂)
1	266,390	403,910	0,659	262,880	403,880	0,650
2	265,480	401,770	0,660	263,620	401,830	0,656
3	263,620	403,580	0,653	262,540	403,060	0,651
4	265,520	403,740	0,657	266,200	404,200	0,658
5	262,790	402,290	0,653	262,890	402,290	0,653
Rata-Rata	264,760	403,058	0,656	263,626	403,052	0,654

Pada penentuan nilai aktivitas rata-rata ¹⁴C pada sedimen di stasiun I dan stasiun II dilakukan 5 kali pengulangan pada menit ke-120 dan 90 seperti yang terlihat pada Tabel 5. Data dari Tabel 5 menunjukkan bahwa pada menit ke-120 nilai CPM rata-rata sebesar 264,760 dengan nilai DPM rata-rata sebesar 403,058, serta nilai TDCR sebesar 0,656%. Sedangkan pada menit ke-90 nilai CPM rata-rata sebesar 263,626, dengan nilai DPM rata-rata sebesar 403,052, serta

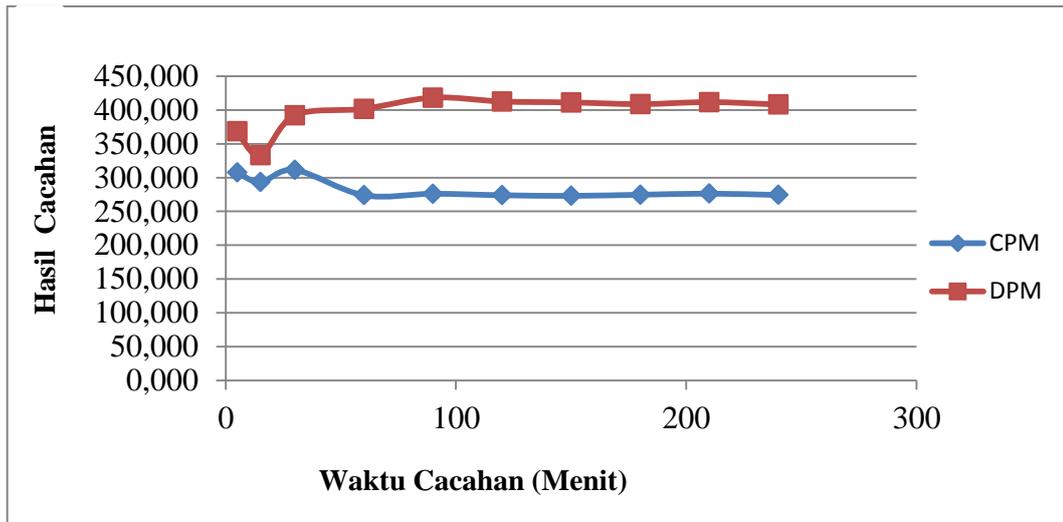
nilai TDCR sebesar 0,654%. Dari data nilai rata-rata tersebut selanjutnya digunakan untuk menentukan aktivitas spesifik dari sampel sedimen yang terkoreksi dengan aktivitas *background*.

Penentuan aktivitas ^{14}C dalam sampel marmer sesuai dengan kondisi larutan pada pencacahan sampel sedimen. Pemilihan marmer sebagai *background* karena marmer termasuk *dead carbon*, suatu material yang dianggap tidak memberikan aktivitas radioaktif atau aktivitasnya mendekati nol dan digunakan sebagai koreksi terhadap sinar kosmik atmosfer yang terhitung oleh LSC. Tahap pertama yaitu menentukan waktu optimum cacahan *background* seperti yang terlihat pada Tabel 8.

Tabel 6. Data hasil pencacahan *background* dengan perangkat LSC Hidex 300 SL dalam rentang waktu cacahan 1-240 menit

No	Waktu Cacahan (Menit)	Aktivitas Cacahan (CPM)	Aktivitas Peluruhan (DPM)	Efisiensi (TDCR)
1	5	307,640	368,490	0,834
2	15	293,370	332,960	0,801
3	30	311,260	392,260	0,793
4	60	273,890	401,800	0,681
5	90	276,120	418,350	0,660
6	120	273,920	412,600	0,663
7	150	272,990	411,220	0,663
8	180	274,660	408,760	0,671
9	210	276,270	411,720	0,671
10	240	274,290	408,220	0,671

Berdasarkan Tabel 6, dapat dilihat bahwa terjadi kestabilan cacahan pada menit ke-90 berdasarkan nilai DPM dan CPM yang relatif tetap. Pada menit ke-90 nilai CPM rata-rata sebesar 276,120, dan nilai DPM rata-rata sebesar 418,350, serta nilai TDCR sebesar 0,660%. Dalam bentuk grafik, aktivitas ^{14}C terhadap waktu cacahan seperti ditunjukkan dalam Gambar 8.



Gambar 8. Perbandingan nilai CPM dan DPM terhadap waktu cacahan

Berdasarkan Gambar 8, kestabilan mulai terjadi pada menit 90, dimana nilai CPM dan DPM menunjukkan data kestabilan pencacahan. Pada penentuan nilai aktivitas rata-rata ^{14}C pada *background* dilakukan 5 kali pengulangan pada menit ke-90 seperti yang terlihat pada Tabel 7

Tabel 7. Data hasil pencacahan *background* dengan Perangkat LSC Hidex 300 SL dengan 5 kali pengulangan

No	Waktu Cacahan (Menit)	Aktivitas Cacahan (CPM)	Aktivitas Peluruhan (DPM)	Efisiensi (TDCR)
1	90	267,910	403,450	0,664
2	90	268,150	401,330	0,668
3	90	271,110	402,540	0,673
4	90	267,380	403,320	0,662
5	90	265,770	401,720	0,661
Rata-Rata		268,064	402,472	0,666

Pada Tabel 7 dapat dilihat nilai CPM rata-rata sebesar 268,064 dengan nilai DPM rata-rata sebesar 402,472, serta nilai TDCR sebesar 0,666%. Dari data-data di atas dapat digunakan dalam menentukan aktivitas spesifik dari sampel sedimen. Pencacahan *background* dilakukan untuk mendapatkan nilai

disintegrasi per menit (DPM) ^{14}C dalam sampel yang diperoleh berdasarkan selisih dari nilai DPM sampel dan nilai DPM *background*.

4.6 Penentuan Aktivitas Spesifik Sampel Sedimen

Aktivitas spesifik sampel sedimen dapat ditentukan dari selisih hasil cacahan (DPM) sampel terhadap hasil cacahan *background* 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), dibagi dengan kadar total karbon dalam 8 mL sampel. Berdasarkan penjelasan di atas, dapat dilakukan penentuan aktivitas spesifik sampel. Aktivitas spesifik rata-rata (AS) sampel dari hasil perhitungan DPM per satuan massa karbon sampel dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Data aktivitas spesifik rata-rata ^{14}C sampel sedimen di perairan Kabupaten Mamuju

No	Sample	Aktivitas Peluruhan (DPM)	C-total (g)	As (DPM/gC)
1	Stasiun I	0,586	0,0384	15,26 ± 6,78
2	Stasiun II	0,580	0,0384	15,10 ± 4,56

Berdasarkan Tabel 10, terlihat bahwa aktivitas spesifik rata-rata ^{14}C pada sampel sedimen stasiun I sebesar $15,26 \pm 6,78$ DPM/gC dan aktivitas spesifik rata-rata ^{14}C pada sampel sedimen stasiun II sebesar $15,10 \pm 4,56$ DPM/gC. Perhitungan aktivitas spesifik sampel sedimen dapat dilihat pada lampiran 6. Nilai aktivitas spesifik rata-rata ^{14}C yang diperoleh dari sampel lebih kecil daripada nilai aktivitas spesifik rata-rata standar karbon modern yaitu $15,3 \pm 0,1$ DPM/gC. Aktivitas yang diperoleh dalam sampel menunjukkan bahwa terjadi peluruhan atom karbon yang berlangsung tiap menitnya (DPM) dalam satu gram karbon.

4.7 Perhitungan Umur Sampel Sedimen

Berdasarkan aktivitas spesifik yang diperoleh dapat ditentukan umur dari sampel sedimen yang dianalisis. Penentuan umur dapat dihitung dengan membandingkan nilai aktivitas spesifik karbon moderen ($15,3 \pm 0,1$ DPM/grC) terhadap aktivitas spesifik sampel yang diperoleh dengan menggunakan persamaan laju peluruhan radiokarbon:

$$t = \frac{t_{1/2}}{\ln 2} \ln \frac{A_0}{A_t} \quad (16)$$

Keterangan :

A_t = Radioaktivitas isotop ^{14}C dalam sampel

A_0 = Radioaktivitas isotop ^{14}C pada saat tanaman atau hewan tersebut hidup
($15,3 \pm 0,1$) DPM (Libby, 1960)

$t_{1/2}$ = waktu paruh = 5730 ± 50 tahun

$\ln 2 = 0,693$

Berdasarkan pada perhitungan yang dilakukan, diperoleh umur sedimen pada stasiun I dan stasiun II asal Kabupaten Mamuju dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Data hasil perhitungan umur sedimen berdasarkan pada aktivitas karbon-14 dalam sampel

Sedimen	Umur (tahun)
Stasiun I	$21,42 \pm 3,9$
Stasiun II	$106,52 \pm 19,7$

Berdasarkan Tabel 9, diperoleh umur sedimen stasiun I pada Muara Sungai Mamuju sebesar $21,42 \pm 3,9$ tahun dan umur sedimen stasiun II pada Muara Sungai Karema sebesar $106,52 \pm 19,7$ tahun. Nilai standar deviasi yang

diperoleh cukup besar, hal ini terjadi karena beberapa faktor diantaranya proses pengulangan pencacahan yang sedikit dan metode ini sulit menentukan secara absolut pengukuran umur sampel dalam kisaran puluhan ribu tahun. Berdasarkan perhitungan umur yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa umur sedimen pada stasiun II lebih tua daripada umur sedimen pada stasiun I. Noor (2017) telah melaporkan arah arus air di perairan Mamuju bergerak dari arah barat ke timur. Hal ini menyebabkan arus air bergerak menuju stasiun I. Arus air kurang mempengaruhi proses sedimentasi pada stasiun II sehingga sedimen pada stasiun II lebih tua dibandingkan pada stasiun I.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan pada sampel sedimen asal Kabupaten Mamuju melalui pengukuran dengan LSC Hidex 300 SL dapat disimpulkan bahwa aktivitas spesifik (As) sedimen stasiun I pada Muara Sungai Mamuju sebesar $15,26 \pm 6,78$ DPM/gC dengan umur sedimen yang didapatkan berdasarkan pengukuran aktivitas ^{14}C adalah $21,42 \pm 3,9$ tahun, dan aktivitas spesifik (As) sedimen stasiun II pada Muara Sungai Karema sebesar $15,10 \pm 4,56$ DPM/gC dengan umur sedimen yang didapatkan berdasarkan pengukuran aktivitas ^{14}C adalah $106,52 \pm 19,7$ tahun.

5.2 Saran

1. Penelitian lebih lanjut mengenai teknik preparasi dan analisis sampel sedimen perlu dilakukan untuk meningkatkan akurasi hasil pencacahan radiokarbon.
2. Penelitian lebih lanjut dengan memvariasikan kedalaman sampel sedimen dan menambah lebih banyak proses pengulangan pencacahan sampel.

DAFTAR PUSTAKA

- Adkins, J.F., Griffin, S., Kashgaria, M., Cheng, H., Druffel, E.R.M., Boyle, E.A., Edwards, R.L., Shen, C.C., 2002, Radiocarbon Dating of Deep-Sea Corals, *Radiocarbon Journal*, **44** (2), 567-580.
- Antoni, 1995, *Studi Distribusi Radioisotop Sulfur -35 Dalam Organ Tubuh Karrper (Cyprinus Carpio) Dengan Metode Pencacahan Sintilasi Cair*, Skripsi tidak diterbitkan, Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin, Makassar.
- Aprilia, S., 2013, *Penentuan Umur Sedimen Laut Di Kepulauan Spermonde Melalui Pengukuran Aktivitas Karbon-14 Dengan Metode LSC (Liquid Scintillation Counting)*, Skripsi tidak diterbitkan, Jurusan Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Hasanuddin, Makassar.
- Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Mamuju, 2013, *Mamuju dalam Angka Katalog BPS: 1101001.7604*, Mamuju.
- Beiser, A., 1992, *Konsep Fisika Modern*, Terjemahan oleh The Houw liong, 1992, Erlangga, Jakarta.
- Currie, L.A., 2004, The Remarkable Metrological History of Radiocarbon Dating [II], *Journal of Research of the National Institute of Standards and Technology*, **109** (2), 185-217.
- Endarto, D., 2005, *Pengantar Geologi Dasar*, Lembaga Pengembangan Pendidikan (LPP), Surakarta.
- Epimadya, A. D. D. 2002. *Analisis Logam Berat Besi (Fe) dan Molibdenium (Mo) pada Sedimen di Sekitar Perairan Pulau Lumu-Lumu*. Skripsi tidak diterbitkan, Jurusan Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Hasanuddin, Makassar.
- Faisal, W., 2009, Peran Metode Pertanggalan Radiometris di Bidang Arkeologi dan Geologi, *Jurnal Iptek Nuklir Ganendra*, **12** (2), 70-81.
- Ghalib, A.K., 2009, *The True Power of Atom Memahami Segala Misteri dan Keajaiban Energi Atom*, Diva Press, Jogjakarta.
- Ilyas, S.D.A., dan Halide, H., 2012, *Radioekologi*, Jurusan Fisika FMIPA, Universitas Hasanuddin, Makassar.
- Jauhari, 2014, *Penentuan Umur Terumbu Karang Di Kepulauan Spermonde Melalui Pengukuran Aktivitas Karbon-14 Dengan Metode LSC (Liquid Scintillation Counting)*, Skripsi tidak diterbitkan, Jurusan Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Hasanuddin, Makassar.

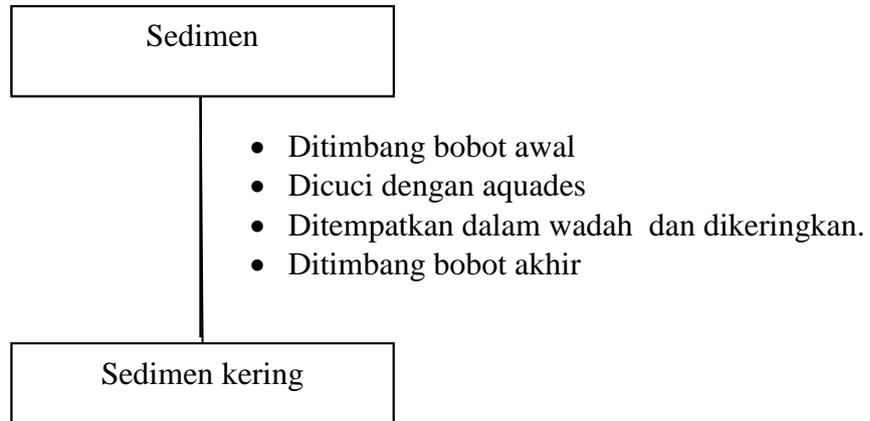
- Kartohardjono, S., Anggara, Subihi, dan Yuliusman, 2007, Absorpsi CO₂ dari Campurannya dengan CH₄ atau N₂ Melalui Kontaktor Membran Serat Berongga Menggunakan Pelarut Air, *Makara Journal of Technology Scinece*, **11** (2), 97-102.
- Key, 2001, Radiocarbon, *Radiocarbon*, 2339-2353.
- Lasabuda, R., 2013, Pembangunan Wilayah Pesisir Dan Lautan dalam Perspektif Negara Kepulauan Republik Indonesia, *Jurnal Ilmiah Platax*, **1** (2), 92-101.
- Libby, W.F., 1960, *Radiocarbon Dating*, University of Chicago Press, Chicago.
- Mara, I.M., 2012, Analisis Penyerapan Gas Karbondioksida (CO₂) dengan Larutan NaOH Terhadap Kualitas Biogas Kotoran Sapi, *Jurnal Teknologi*, **2** (1), 38-46.
- Noor, A., 2003, *Pengantar Kimia Radiasi*, Edisi Keenam, Yayasan Mitra Sains Indonesia, Makassar.
- Noor, R.J., 2017, *Dinamika Sedimen dan Pengaruhnya Terhadap Terumbu Karang*, Tesis tidak diterbitkan, Jurusan Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin, Makassar.
- Panggabean, 2002, *Adaptasi Metode Analisis C-14 dalam Air Laut*, Pusat Pengembangan Pengelolaan Limbah Radioaktif, 139-142.
- Pettijohn F.J., 1975, *Sedimentary Rocks*, Harper & Row Publishers, New York.
- Rifardi, 2012, *Ekologi Sedimen Laut Modern*, Edisi Revisi, Jilid Ketiga, UR Press, Pekanbaru.
- Rustiah, W., 2002, *Analisis Logam Berat Cu dan Cd pada Sedimen di Sekitar Perairan Laut Dangkal Selat Buton Kab. Muna*, Skripsi tidak diterbitkan, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin, Makassar.
- Satrio dan Abidin, Z., 2007, Perbandingan Metode Sintesis Benzena Dan Absorpsi Co₂ Untuk Penanggalan Radioisotop ¹⁴C , *Jurnal Ilmiah Aplikasi Isotop Dan Radiasi*, **3** (1), 1-34.
- Siregar, D.A., 2008, Perbedaan Proses Pencucian Sampel Tulang Hewan dari Ciharuman, Jawa Barat untuk Menentukan Umur dengan Metode Radiokarbon, *Jurnal Geoaplika*, **3** (3), 119 – 131.
- Siregar, D.A., dan Soehaimi, 2009, Penarikan Radiokarbon Bagi Penentuan Umur Bagi Penentuan Aktivitas Tektonik Kwartir di sepanjang Aliran Sungai Opak dan Samas Yogyakarta, *Geo Science*, **19** (2), 117-126.

- Suliyanto, dan Muradi, 2009, *Perhitungan Efisiensi Detektor Sintilasi untuk Pemantauan Radioaktivitas Beta*, Disajikan pada Seminar Nasional V Sumber Daya Mineral Teknologi Nuklir pada tanggal 21 Oktober 2009 di Yogyakarta, Badan Tenaga Atom Nasional, Jakarta.
- Sulzman, E.W., 2000, *The Carbon Cycle*, University Corporation for Atmospheric Research, Colorado.
- Sunardi, 2006, *116 Unsur Kimia Deskripsi dan Pemanfaatannya*, Yrama Widya, Bandung.
- Supriyadi, 2006, Analisis Karakteristik Lingkungan Perairan dalam Menunjang Sistem Pengelolaan Tambak bermangrove di Desa Socah Kabupaten Bangkalan, *Jurnal Litbang Pertanian*. **25** (3), 75-80.
- Syahir, 2001, *Analisis Kandungan Radionuklida Uranium Dalam Air Laut Pantai Barat, Makassar*, Skripsi tidak diterbitkan, Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin, Makassar.
- Tjahaja, I.P., dan Mutiah, 2000, Metode Pencacahan Sintilasi Cair: Salah Satu Alternatif untuk Pengukuran α dan β Total dalam Sampel Lingkungan, *Indonesian Journal of Nuclear Science and Technology*, **1** (1), 31-46.
- Usman, A.A., 2012, *Pendeteksian Aktivitas Zat Radioaktif dengan Menggunakan Detektor Geiger-Muller*, (Online), (<http://Asyharifisika.blogspot.com>, diakses pada tanggal 26 November 2016).
- Wahyudi, 2001, Penentuan Umur Sedimen Laut dan Paleo-temperatur Air Permukaan Laut Berdasarkan Perubahan Radio Isotop $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ Dalam Foraminifera, *Jurnal Teknologi Kelautan*, **5** (1), 71-80.
- Warmada, I.W., dan Titisari, A.D., 2004, *Agromineralogi (Mineralogi untuk Ilmu Pertanian)*, Jurusan Teknik Geologi, Yogyakarta.
- Wisjachudin F., dkk., 2000, Pertanggalan Radio Karbon pada Jabung Salah Satu Candi di Jawa Timur, *Prosiding Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Penelitian Dasar Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Nuklir*, **1** (1), 187-192.
- Wisser, S., 2013, *Liquid Scintillation Counting*, Radiation Chemistry Laboratory, Hasanuddin University, Makassar.
- Wiyatmo, Y., 2009, *Fisika Nuklir*, Pustaka Pelajar, Yogyakarta.
- Yariato, S., Susilo,B., dan Sutrisno, S., 2001, *Kondisi Optimal untuk Penentuan Radioaktivitas Serangga Hama Bertanda P-32 dengan Menggunakan Pencacah Sintilasi Cair*, Puslitbang Teknologi Isotop dan Radiasi, BATAN, Jakarta, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

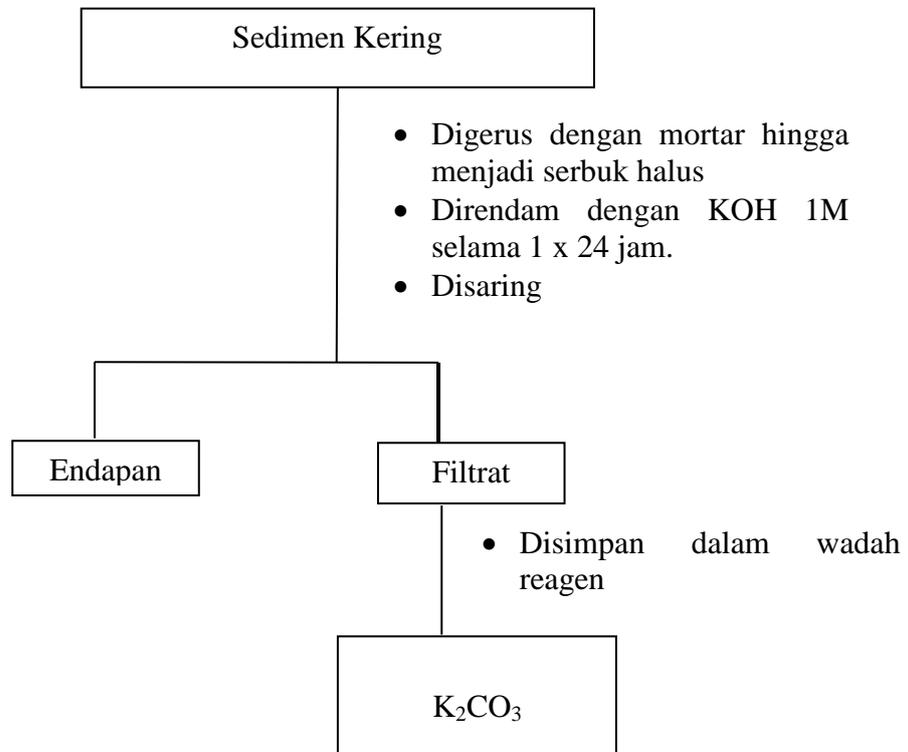
Yuliati, H. dan Akhadi, M., 2005, *Radionuklida Kosmogenik Untuk Penanggalan*, Puslitbang Keselamatan Radiasi dan Biomedika Nuklir, Buletin Alara, **6** (3), 163-171.

Yuniawati, Sona, S., 2014, Potensi Karbon pada Limbah Pemanenan Kayu *Acacia Crassicarpa* (*Carbon Potential of Waste Timber Harvesting Acacia Crassicarpa*), *Jurnal Ilmu Lingkungan*, **12** (1), 21-31.

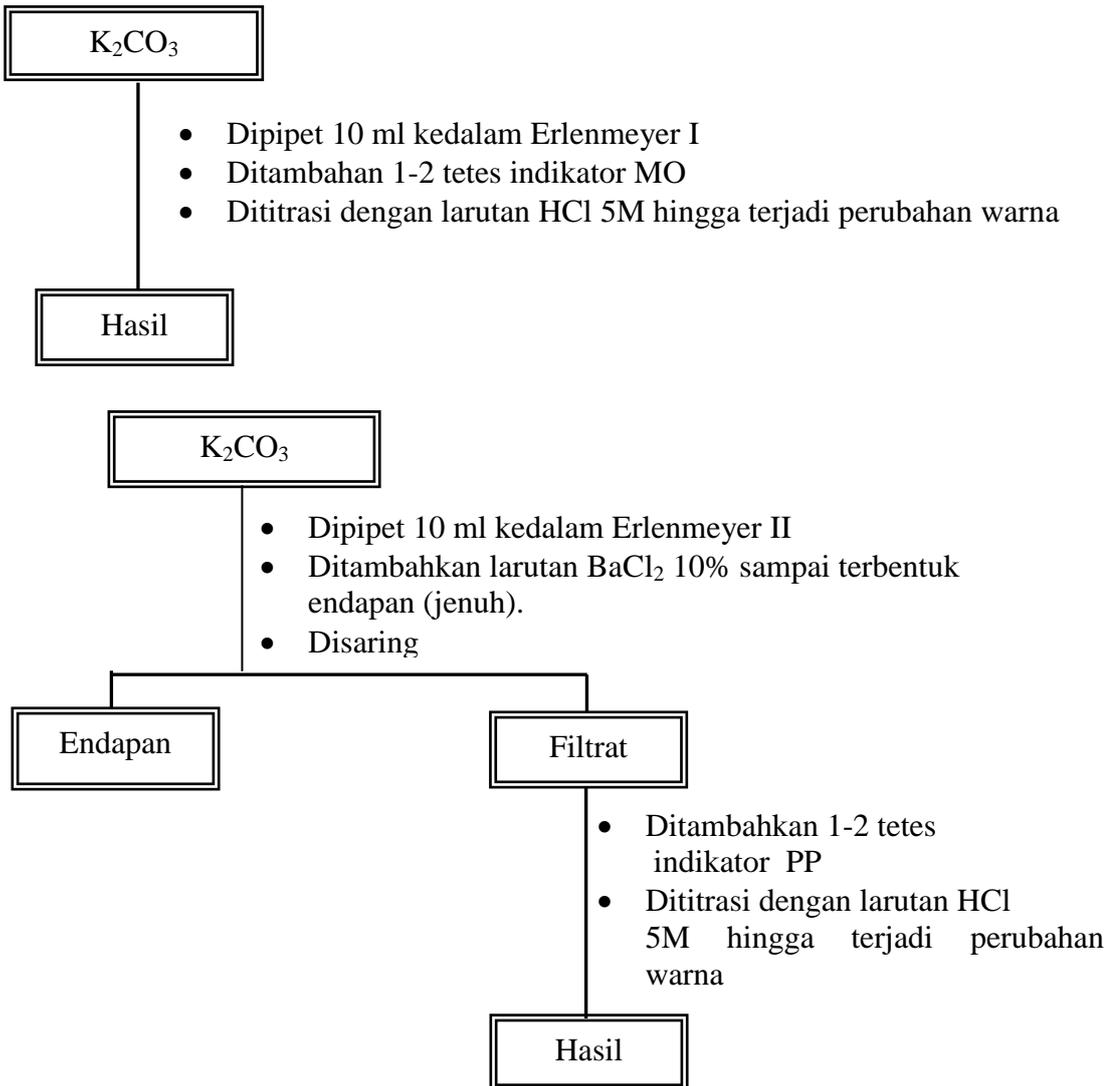
Lampiran 1. Bagan Kerja Pencucian Sampel



Lampiran 2. Bagan Kerja Proses Preparasi Sampel

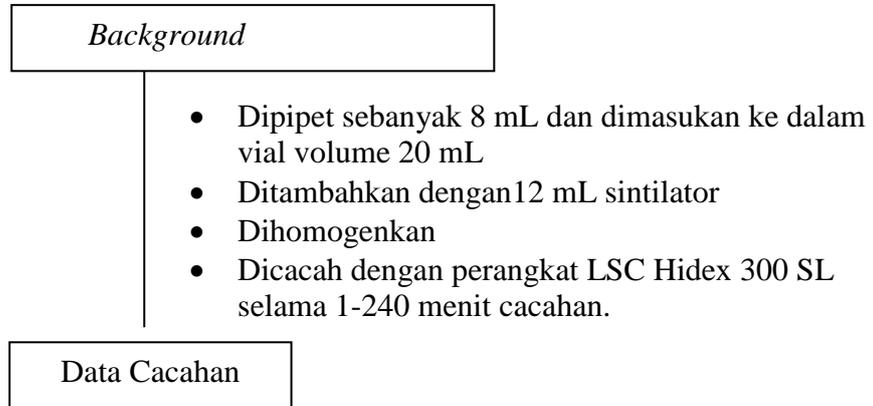


Lampiran 3. Bagan Kerja Penentuan Total Karbon Sedimen

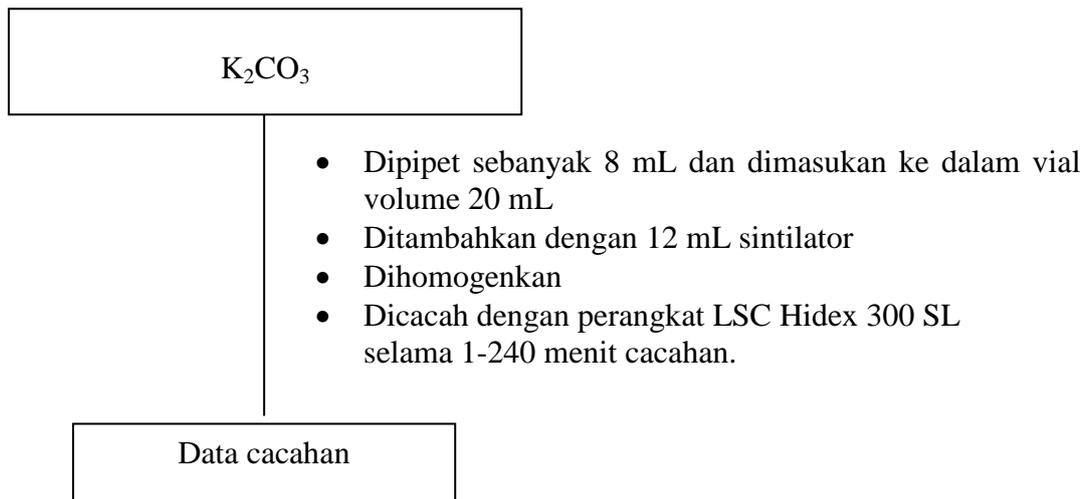


Lampiran 4. Bagan Kerja Pencacahan Sampel Sedimen dengan LSC Hidex 300 SL

a. Pencacahan Latar (*Background*)



b. Pencacahan Sampel



Lampiran 5. Perhitungan Total Karbon Sampel Sedimen

a. Stasiun I (Sedimen Asal Muara Sungai Mamuju)

$$\text{Volume titrasi HCl pertama (V)} = 1,2 \text{ mL}$$

$$\text{Volume titrasi HCl kedua (v)} = 1 \text{ mL}$$

$$\text{Konsentrasi HCl (M)} = 5 \text{ M}$$

$$V_{\text{tot}} = 2 (V-v)$$

$$2 (1,2 - 1) \text{ mL} = 0,4 \text{ mL}$$

$$0,4 \text{ mL} = 0,0004 \text{ L}$$

$$\begin{aligned} V_{\text{tot}} \times M \text{ HCl} \times \text{Ar C} \times 8/5 \text{ mL} &= 0,0004 \text{ L} \times 5 \text{ M} \times 12 \text{ gram/mol} \times 8/5 \text{ mL} \\ &= 0,0384 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\text{Total massa karbon (C) dalam sampel} = 0,0384 \text{ gram}$$

b. Stasiun II (Sedimen Asal Muara Sungai Karema)

$$\text{Volume titrasi HCl pertama (V)} = 0,6 \text{ mL}$$

$$\text{Volume titrasi HCl kedua (v)} = 0,4 \text{ mL}$$

$$\text{Konsentrasi HCl (M)} = 5 \text{ M}$$

$$V_{\text{tot}} = 2 (V-v)$$

$$2 (0,6 - 0,4) \text{ mL} = 0,4 \text{ mL}$$

$$0,4 \text{ mL} = 0,0004 \text{ L}$$

$$\begin{aligned} V_{\text{tot}} \times M \text{ HCl} \times \text{Ar C} \times 8/5 \text{ mL} &= 0,0004 \text{ L} \times 5 \text{ M} \times 12 \text{ gram/mol} \times 8/5 \text{ mL} \\ &= 0,0384 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\text{Total massa karbon (C) dalam sampel} = 0,0384 \text{ gram}$$

Lampiran 6. Perhitungan Aktivitas Spesifik ^{14}C dalam Sampel Sedimen

a. Stasiun I (Sedimen Asal Muara Sungai Mamuju)

DPMs	DPMb	DPMk	Total Karbon (gram)	DPM/g C (At)
403,910	403,450	0,460	0,0384	11,97916667
401,770	401,330	0,440	0,0384	11,45833333
403,580	402,540	1,040	0,0384	27,08333333
403,740	403,320	0,420	0,0384	10,9375
402,290	401,720	0,570	0,0384	14,84375
Rata-Rata Aktivitas Spesifik (As = At)				15,26041667

b. Stasiun II (Sedimen Asal Muara Sungai Karema)

DPMs	DPMb	DPMk	Total Karbon (gram)	DPM/g C (At)
403,880	403,450	0,430	0,0384	11,19791667
401,830	401,330	0,500	0,0384	13,02083333
403,060	402,540	0,520	0,0384	13,54166667
404,200	403,320	0,880	0,0384	22,91666667
402,290	401,720	0,570	0,0384	14,84375
Rata-Rata Aktivitas Spesifik (As = At)				15,10416667

$$\begin{aligned} \text{Aktivitas Spesifik As/At} &= \text{DPMs} - \text{DPMb} \\ &= \text{DPMk} / \text{Total Karbon} \end{aligned}$$

Keterangan:

DPMs = Disintegration Per Minute Sampel

DPMb = Disintegration Per Minute *Background*

DPMk = DPM terkoreksi (DPMs-DPMb)

As = At = Aktivitas Spesifik Karbon-14 Sampel (DPM/g C)

Lampiran 7. Perhitungan Umur Sedimen dengan Persamaan Laju Peluruhan Radiokarbon

a. Stasiun I (Sedimen Asal Muara Sungai Mamuju)

$$A_t = \text{Radioaktifitas Karbon-14 dalam Sampel} = 15,26$$

$$A_o = \text{Radioaktifitas Karbon-14 Sampel Hidup} = 15,3$$

$$t_{1/2} = \text{Waktu Paruh Isotop Karbon-14} = 5730 \text{ tahun}$$

$$\ln 2 = 0,693$$

$$\begin{aligned} t &= \frac{t_{1/2}}{\ln 2} \ln \frac{A_o}{A_t} \\ &= \frac{5730}{0,693} \ln \frac{15,3}{15,26} \\ &= 21,42 \text{ tahun} \end{aligned}$$

b. Stasiun II (Sedimen Asal Muara Sungai Karema)

$$A_t = \text{Radioaktifitas Karbon-14 dalam Sampel} = 15,10$$

$$A_o = \text{Radioaktifitas Karbon-14 Sampel Hidup} = 15,3$$

$$t_{1/2} = \text{Waktu Paruh Isotop Karbon-14} = 5730 \text{ tahun}$$

$$\ln 2 = 0,693$$

$$\begin{aligned} t &= \frac{t_{1/2}}{\ln 2} \ln \frac{A_o}{A_t} \\ &= \frac{5730}{0,693} \ln \frac{15,3}{15,10} \\ &= 106,52 \text{ tahun} \end{aligned}$$

Lampiran 8. Perhitungan Standar Deviasi dari Aktivitas Spesifik dan Umur Sedimen

1. Aktivitas Spesifik

a. Stasiun I (Sedimen Asal Muara Sungai Mamuju)

No.	xi	No.	(x̄-xi)	(x̄-xi) ²
1.	11,97916667	1.	3,281	10,767
2.	11,45833333	2.	3,802	14,456
3.	27,08333333	3.	-11,823	139,781
4.	10,9375	4.	4,323	18,688
5.	14,84375	5.	0,417	0,174
Rata-rata(x̄)	15,26041667	Jumlah	0,000	183,865

Penentuan standar deviasi (S) berdasarkan rumus:

$$S = \sqrt{\frac{\sum(x̄ - xi)^2}{n - 1}} = \sqrt{\frac{183,865}{5 - 1}} = \sqrt{45,966}$$

$$S = 6,779841764$$

Sehingga didapatkan aktifitas spesifik dengan standar deviasi = 15,26 ± 6,78 DPM/gC

b. Stasiun II (Sedimen Asal Muara Sungai Karema)

No.	xi	No.	(x̄-xi)	(x̄-xi) ²
1.	11,19791667	1.	3,906	15,259
2.	13,02083333	2.	2,083	4,340
3.	13,54166667	3.	1,563	2,441
4.	22,91666667	4.	-7,813	61,035
5.	14,84375	5.	0,260	0,068
Rata-rata(x̄)	15,10416667	Jumlah	0,000	83,143

Penentuan standar deviasi (S) berdasarkan rumus:

$$S = \sqrt{\frac{\sum(x̄ - xi)^2}{n - 1}} = \sqrt{\frac{83,143}{5 - 1}} = \sqrt{20,786}$$

$$S = 4,55916659$$

Sehingga didapatkan aktifitas spesifik dengan standar deviasi = 15,10 ± 4,56 DPM/gC

2. Umur Sedimen

1) Stasiun I (Sedimen Asal Muara Sungai Mamuju)

No.	DPM Sampel	DPM Blanko
1.	403,910	403,450
2.	401,770	401,330
3.	403,580	402,540
4.	403,740	403,320
5.	402,290	401,720
Rata-rata	403,058	402,472

Penentuan standar deviasi (S) berdasarkan perhitungan:

$$DPMs = \frac{\text{Rata - rata DPM sampel}}{\text{Waktu optimum pencacahan}} = \frac{403,058}{120} = 3,358816667$$

$$DPMb = \frac{\text{Rata - rata DPM blanko}}{\text{Waktu optimum pencacahan}} = \frac{402,472}{90} = 4,471911111$$

$$\begin{aligned} DPM_{\text{total}} &= \sqrt{DPMs + DPMb} \\ &= \sqrt{3,358816667 + 4,471911111} \\ &= \sqrt{7,830727778} \\ &= 2,798343756 \end{aligned}$$

$$S = \frac{DPM_{\text{total}}}{\text{Aktivitas spesifik / umur sedimen}} = \frac{2,798343756}{15,2604166 / 21,41927261} = 3,927709779$$

Sehingga didapatkan umur sedimen dengan standar deviasi = $21,42 \pm 3,9$ DPM/gC

2) Stasiun II (Sedimen Asal Muara Sungai Karema)

No.	DPM Sampel	DPM Blanko
1.	403,880	403,450
2.	401,830	401,330
3.	403,060	402,540
4.	404,200	403,320
5.	402,290	401,720
Rata-rata	403,052	402,472

Penentuan standar deviasi (S) berdasarkan perhitungan:

$$DPMs = \frac{\text{Rata - rata DPM sampel}}{\text{Waktu optimum pencacahan}} = \frac{403,052}{90} = 3,358766667$$

$$\text{DPMb} = \frac{\text{Rata - rata DPM blanko}}{\text{Waktu optimum pencacahan}} = \frac{402,472}{90} = 4,471911111$$

$$\text{DPMtotal} = \sqrt{\text{DPMs} + \text{DPMb}}$$

$$= \sqrt{3,358766667 + 4,471911111}$$

$$= \sqrt{7,830677778}$$

$$= 2,798334822$$

$$S = \frac{\text{DPMtotal}}{\text{Aktivitas spesifik / umur sedimen}}$$

$$= \frac{2,798334822}{4,55916659 / 106,5150316}$$

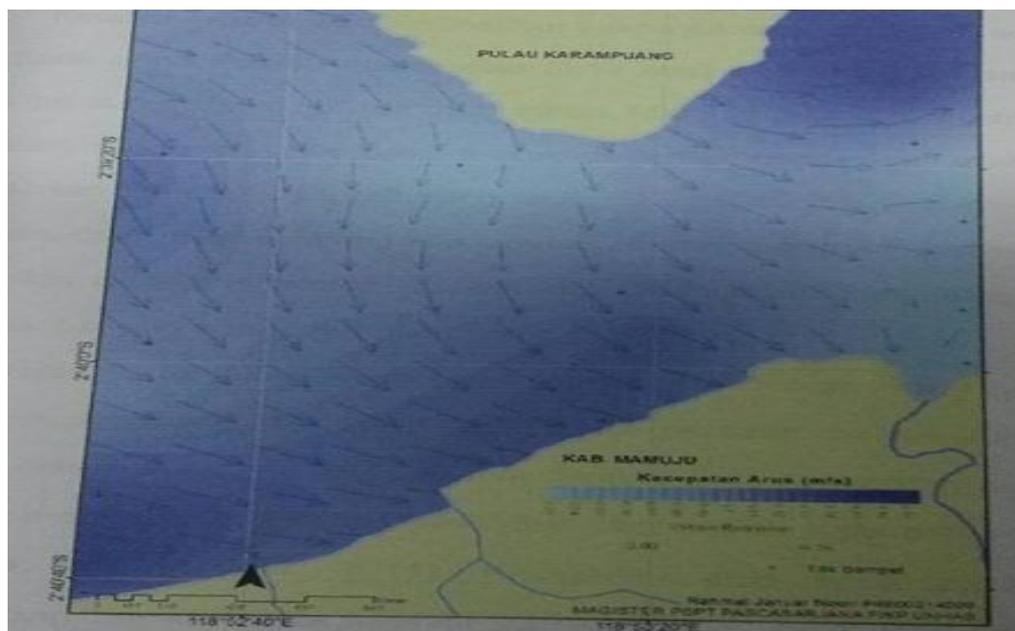
$$= 19,73394022$$

Sehingga didapatkan umur sedimen dengan standar deviasi $106,52 \pm 19,7$ DPM/gC

Lampiran 9. Peta Pengambilan Sampel Sedimen



(Peta Kabupaten Mamuju)



(Arah Arus Air di Perairan Mamuju)

Lampiran 10. Dokumentasi Penelitian



Sampel Sedimen Asal Kabupaten Mamuju



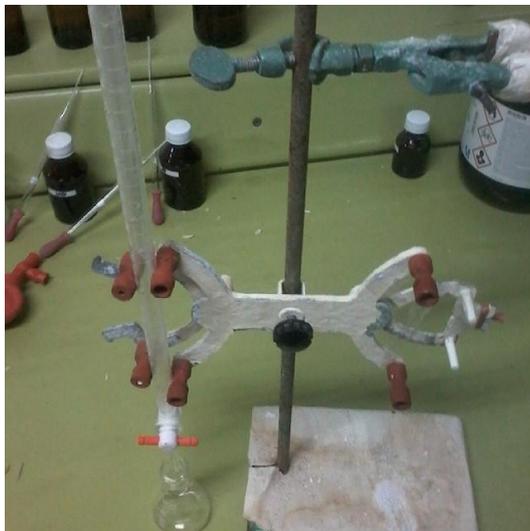
Penggerusan Sampel Sedimen



Penimbangan Sampel Sedimen



Perendaman Sampel dengan KOH



Proses Penentuan Total Karbon dengan Titrasi



Proses Pencacahan Sampel dengan LSC Hidex 300 SL