

SKRIPSI

**PENENTUAN UMUR TERUMBU KARANG DI PULAU PANIKIANG
KAB. BARRU KEPULAUAN SPERMONDE MELALUI PENGUKURAN
AKTIVITAS ^{14}C DENGAN METODE LSC (*Liquid Scintillation Counting*)**

ARISANDI

H311 13 308



**DEPARTEMEN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2019**



Optimization Software:
www.balesio.com

**PENENTUAN UMUR TERUMBU KARANG DI PULAU PANIKIANG
KAB. BARRUKEPULAUAN SPERMONDE MELALUI PENGUKURAN
AKTIVITAS ^{14}C DENGAN METODE LSC (*Liquid Scintillation Counting*)**

*Skripsi ini diajukan sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar sarjana sains*

Oleh:

ARISANDI

H311 13 308



MAKASSAR

2019



SKRIPSI

**PENENTUAN UMUR TERUMBU KARANG DI PULAU PANIKIANG
KAB. BARRU KEPULAUAN SPERMONDE MELALUI PENGUKURAN
AKTIVITAS ^{14}C DENGAN METODE LSC (*Liquid Scintillation Counting*)**

Disusun dan diajukan oleh:

ARISANDI

H311 13 308

Skripsi ini telah diperiksa dan disetujui oleh:

Pembimbing Utama

Pembimbing Pertama




Dr. Alfian Noor, MSc
19510515 197412 1 001


Drs. Maming, M.Si
NIP. 19631231 198903 1 031

PRAKATA

Bismillahirrohmaanirrohim.....

Segala puji hanya bagi Allah SWT, Tuhan semesta alam, Tuhan yang Maha Esa, karena atas berkat, rahmat, taufik dan hidayah-Nya yang tiada terkira besarnya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan hasil penelitian dengan judul “**Penentuan Umur Terumbu Karang Di Pulau Panikiang Kab. Barru Kepulauan Spermonde Melalui Pengukuran Aktivitas ¹⁴C Dengan Metode LSC (*Liquid Scintillation Counting*)**”.

Shalawat serta salam semoga tetap tercurah kepada junjungan Nabi Muhammad SAW, manusia terbaik sepanjang masa, yang telah menjadi guru terbaik dan menjadi suri tauladan bagi umat Islam di seluruh dunia.

Kepada kedua orangtua saya, ayahanda **Raihasbi** dan ibunda **Harina Amir**, terima kasih untuk setiap kasih sayang, semangat, perhatian, dukungan baik moril maupun materil, dan untuk setiap doa yang senantiasa dan tak henti-hentinya diberikan kepada saya. Semoga Allah SWT selalu melimpahkan rahmat, kesehatan, karunia, dan keberkahan bukan hanya di dunia tapi juga di akhirat In Syaa Allah. Aamiin. Terima kasih pula kepada adik-adik saya, **Ahmad Yani, Muh. Ikram Hidayat, Putri Nabila, dan Muh. Auji**, yang senantiasa memberikan semangat dan doa kepada saya.

Terima kasih kepada ayahanda **Prof. Dr. Alfian Noor, M.Sc.**, selaku Pembimbing Utama sekaligus Pembimbing Akademik dan ayahanda **Prof. Dr. Alfian Noor, M.Sc.**, selaku Pembimbing Pertama yang menjadi orangtua di rumah saya, dan senantiasa meluangkan waktu, tenaga, dan pikirannya dalam



membimbing dan memberikan arahan yang baik sehingga penelitian ini dapat diselesaikan.

Penulis juga tak lupa mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ayahanda **Dr. Eng Amiruddin**, selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin beserta semua staf pegawai.
2. Ayahanda **Dr. Andi Ilham Latunra, M.Si.**, selaku Wakil Dekan III FMIPA Unhas, yang telah mengajari penulis tentang arti penting menjadi seorang pemimpin. Terimakasih atas semua bimbingan dan bantuannya.
3. Ayahanda **Drs. Abd. Karim, M.Si.**, selaku Ketua Jurusan Kimia, Ibu **Dr. St. Fauziah, M.Si.**, selaku Sekretaris Jurusan Kimia dan semua dosen-dosen kimia serta staf pegawai yang telah membantu proses perkuliahan selama ini.
4. Ayahanda **Prof. Dr. Ahyar Ahmad**, Ibunda **Dr. St. Fauziah, M.Si.**, dan Ibunda **Syadza Firdausiah, S.Si., M.Si.**, selaku dosen penguji ujian Sarjana Kimia.
5. Analis Laboratorium **K.Tenri, Kak Fibhy, Kak Linda, Kak Anti, Ibu Tini, Pak Sugeng, dan Pak Iqbal**. Terkhusus untuk **Kak Tenri**, terima kasih atas segala saran-saran dan bantuan untuk pengerjaan penelitian ini.
6. Rekan-rekan penelitian di Laboratorium Kimia Radiasi **Kak Amri, Kak Willy**, dan **Wahyudin** atas segala bantuannya.
7. Saudara-saudaraku penghuni grup ‘**Tuna Asmara**’, **Afdal, Chune, Wahyudin, Sup, Danang, Fatur, Anton dan Wawan** atas rasa kebersamaan



dan saling menguatkan dalam proses pencapaian gelar sarjana. Terima kasih. Semoga Allah SWT, senantiasa memberikan keberkahan dalam hidup kalian.

8. Saudara-saudaraku “**TITRASI 2013**” kalian adalah saudara seperjuangan. Terima kasih untuk hari-hari yang telah kita lalui bersama dalam suka maupun duka. Kalian adalah kenangan yang takkan mungkin saya lupakan. Terkhusus kepada Ketua Angkatan TITRASI 2013, **Wahyudin** dan Ketua Golongan MIPA 5, **Muh. Afdhal**, terimakasih atas semua pengorbanan dan tanggungan beban yang dipikul selama ini. Semoga bernilai ibadah.
9. Organisasi “**HMK FMIPA Unhas**” yang telah menjadi wadah bagi saya mengembangkan pengetahuan diluar ilmu perkuliahan, dan kakak - kakak angkatan 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, dan adik-adik 2014, 2015 dan 2016, 2017 yang senantiasa berbagi ilmu pengetahuan dan pengalaman.
10. Komunitas “**Taman Baca Creative (TBC)**” yang telah menjadi wadah pembelajaran sekaligus tempat saya mengambil banyak pelajaran dari orang-orang di dalamnya. Semoga hal-hal baik yang kita bersamai selama ini bernilai ibadah.
11. Pengurus “**BEM FMIPA Unhas Periode 2016-2017**” terimakasih atas satu tahun yang luar biasa dengan segala usaha-usaha yang membanggakan, terimakasih untuk segala bentuk dedikasi tanpa batas selama satu periode kepengurusan, semoga semua proses pembelajaran kita selama satu periode kepengurusan bernilai ibadah. In Syaa Allah.
12. Kepengurusan “**MAPERWA FMIPA UNHAS Periode 2017-2018**”, para

ula terakhir di angkatannya, terimakasih atas dedikasi dan kerjasamanya
husus kepada kanda ketua MAPERWA **Adhan Apriadi Putra**.



13. Saudara–saudaraku “**MIPA 2013**” kalian sungguh luar biasa. Terima kasih atas kebersamaannya selama ini. Terkhusus ketua angkatan MIPA 2013, **Azizul Samad**, salam, Use your mind be the best! Saya bangga menjadi anak MIPA!
14. **Melati Triana**, terima kasih atas semuanya.
15. Terakhir penulis hendak menyapa setiap nama yang tidak dapat penulis cantumkan satu persatu, terima kasih atas doa yang senantiasa mengalir tanpa sepengetahuan penulis. Terima kasih sebanyak-banyaknya kepada orang-orang yang turut bersuka cita atas keberhasilan penulis menyelesaikan skripsi ini. Alhamdulillah

Penulis sadar bahwa skripsi ini tidak sempurna dan banyak kekurangan baik materi maupun teknik penulisannya, karena sejatinya kesempurnaan hanyalah milik Allah. Oleh karena itu, penulis berharap saran dan kritikan yang bersifat membangun dari pembaca.

Akhir kata penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi siapa saja dalam pengembangan ilmu pengetahuan kimia khususnya bidang Kimia Radiasi.

Makassar, 09 Januari 2019

Penulis



ABSTRAK

Penentuan Umur Terumbu Karang Di Pulau Panikiang Kab. Barru Kepulauan Spermonde Melalui Pengukuran Aktivitas ^{14}C Dengan Metode LSC (*Liquid Scintillation Counting*). Penelitian ini telah dilakukan dengan menggunakan sampel terumbu karang yang diambil dari pulau Panikiang, Kab. Barru, Kepulauan Spermonde. Preparasi sampel dilakukan secara fisik dan kimia. Preparasi secara kimia menggunakan campuran NaOH dengan H_2O_2 30% dilanjutkan dengan campuran HClO_4 dengan H_2O_2 30%, dan terakhir dengan larutan HCl hingga menghasilkan sampel yang bersih dengan pengurangan bobot 7,94%. Absorpsi CO_2 melalui reaksi dengan HCl 10% dan KOH sebagai *Carbosorb* menghasilkan K_2CO_3 . Karbon total dalam larutan sampel adalah 0,2496 gram didapatkan melalui metode titrasi. Penentuan umur didasarkan pada pengukuran aktivitas spesifik sampel yang diperoleh dari hasil cacahan menggunakan LSC (*Liquid Scintillation Counter*) Hidex 300 SL. Aktivitas spesifik sampel adalah $14,68 \pm 4,04$ DPM/gC. Umur sampel terumbu karang yang dihitung dari aktivitas spesifik adalah $342,04 \pm 37,66$ tahun.

Kata kunci: Aktivitas spesifik, terumbu karang, LSC (*Liquid Scintillation Counting*), penanggalan radiokarbon.



ABSTRACT

Determination Of Age Of Coral Reefs On Panikiang Island, Barru District, Spermonde Islands Through Measurement Activity ^{14}C Using LSC (Liquid Scintillation Counting) Method. This research was using a sample of coral reefs taken from the Panikiang Island, Barru, Spermonde Islands. This research has been carried out by using sample preparation with physic and chemical. Sample preparation was done physically and chemically. Chemical preparation was carried out by using a mixture of NaOH with 30% H_2O_2 followed by a mixture of HClO_4 with 30% H_2O_2 , and finally with HCl solution to produce a clean sample with a weight reduction of 7,94%. Absorption of CO_2 through reaction with HCl 10% and NH_4OH as *Carbosorb* produced K_2CO_3 . The total carbon in the sample solution is 0,2496 gram sobtained through titration method. Radiocarbon dating method based on the measurement of the specific activity of the samples obtained from the results of counts LSC (*Liquid Scintillation Counter*) Hidex 300 SL. The specific activity of coral sample is $14,68 \pm 4,04$ DPM/gC. Age of coral sample which were calculated from the specific activity were $342,04 \pm 37,66$ years.

Keyword : Specific Activity, Coral Reef, LSC (*Liquid Scintillation Counting*), Radiocarbondating.



DAFTAR ISI

	Halaman
PRAKATA.....	iv
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	5
1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian.....	6
1.3.1 Maksud Penelitian.....	6
1.3.2 Tujuan Penelitian.....	6
1.4 Manfaat Penelitian.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Kepulauan Spermonde.....	7
2.2 Terumbu Karang.....	9
2.3 Karbon.....	10
2.4. Radiokarbon.....	10
2.4.1 Pembentukan Radiokarbon	11
	x



2.4.2	Penanggalan Radiokarbon.....	13
2.5	Radioaktivitas.....	15
2.5.1	Peluruhan radioaktif.....	15
2.5.2	Laju Peluruhan Radioaktif.....	16
2.5.3	Hukum Radioaktivitas.....	17
2.6	Metode absorbs CO ₂ Dalam Pra-Perlakuan Sampel Untuk Terumbu Karang.....	18
2.7.	Liquid Scintillation Counting.....	19
2.7.1	Liquid Scintillation Counting (LSC) Hidex 300 SL.....	20
2.7.2	Disintegrations Per Minute (DPM) Counts Per Minute (CMPM) dan Triple TO Double Coincidence Ratio (TDCR).....	22
2.7.3	Pemadaman dan Mekanisme Pemadaman.....	23
2.7.4	Sintilator.....	24
BAB III METODE PENELITIAN.....		26
3.1	Bahan Penelitian.....	26
3.2	Alat Penelitian.....	26
3.3	Waktu dan Tempat Penelitian.....	26
3.4	Prosedur Penelitian.....	26
3.4.1	Pengambilan Sampel Terumbu Karang.....	26
3.4.2	Pencucian Sampel Terumbu Karang.....	27
3.4.3	Preparasi Sampel Terumbu Karang.....	28
3.4.4	Penentuan Total Karbon dalam Sampel Terumbu Karang.....	29
3.4.5	Pengukuran Aktivitas ¹⁴ C dalam sampel Terumbu Karang dengan LSC Hidex 300 SL.....	29
3.4.6	Perhitungan Umur Sampel Terumbu Karang.....	30



BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	31
4.1 Pengambilan Sampel.....	31
4.2 Pencucian Sampel Terumbu Karang.....	32
4.3 Preparasi Sampel Terumbu Karang.....	33
4.4 Penentuan Total Karbon.....	34
4.5 Pengukuran Aktivitas ¹⁴ C dalam Sampel Terumbu Karang.....	35
4.6 Perhitungan Umur Sampel Terumbu Karang.....	41
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	42
5.1 Kesimpulan.....	42
5.2 Saran.....	42
DAFTAR PUSTAKA.....	43
LAMPIRAN.....	47



DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Pembagian zona terumbu karang Kep. Spermonde	8
2. Gambaran Pembentukan distribusi dan pengurangan alami ^{14}C di Alam.....	11
3. Alat LSC Hidex 300 SL.....	21
4. Proses pemadaman (<i>quenching</i>)	24
5. Proses sintilasi penyerapan energi radiasi dan pemancaran cahaya.....	25
6. Desain alat absorpsi CO_2 sampel terumbu karang.....	28
7. Sampel terumbu karang.....	31
8. Grafik hubungan hasil DPM dan CPM sampel terumbu karang terhadap waktu.....	37
9. Grafik hubungan hasil DPM dan CPM background terhadap waktu	39



DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Aktivitas alami sampel radiocarbon di permukaan bumi	14
2. Jenis Peluruhan Radioaktif	16
3. Data Hasil Pencacahan Sampel Terumbu Karang menggunakan LSC Hidex 300 SL dalam rentang waktu cacahan 2-240 menit	35
4. Data Hasil Pencacahan Background menggunakan Perangkat LSC Hidex 300 SL dalam rentang waktu cacahan 2-240 menit	38
5. Data hasil pencacahan Sampel Terumbu Karang menggunakan LSC Hidex 300 SL selama 120 menit dengan 7 kali pengulangan	39
6. Data hasil pencacahan Background menggunakan LSC Hidex 300 SL selama 60 menit dengan 7 kali pengulangan	40



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Bagan Kerja Pencucian Sampel Terumbu Karang	47
2. Bagan Kerja Absorpsi CO ₂	48
3. Penentuan Total Karbon Sampel dengan Metode Titrasi.....	59
4. Bagan Kerja Pencacahan sampel terumbu karang dengan LSC Hidex 300 SL	50
5. Perhitungan Bobot Sampel yang Hilang Pada Saat Pencucian.....	51
6. Perhitungan Total Karbon Sampel Terumbu Karang dalam 8 mL larutan	52
7. Perhitungan Aktivitas Spesifik ¹⁴ C dalam Sampel Terumbu Karang ..	53
8. Perhitungan Umur Terumbu Karang dengan Persamaan Laju Peluruhan Radiokarbon.....	54
9. Data Hasil Pencacahan Sampel Terumbu Karang menggunakan LSC Hidex 300 SL dalam rentang waktu cacahan 2-240 menit	55
10. Data Hasil Pencacahan Background menggunakan Perangkat LSC Hidex 300 SL dalam rentang waktu cacahan 2-240 menit	56
11. Data hasil pencacahan Sampel Terumbu Karang menggunakan LSC Hidex 300 SL selama 120 menit dengan 7 kali pengulangan ...	57
12. Data hasil pencacahan Background menggunakan LSC Hidex 300 SL selama 60 menit dengan 7 kali pengulangan	58
13. Perhitungan Standar Deviasi dari Aktivitas Spesifik dan Umur Sampel Terumbu Karang	59



DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN

CPM	=	Counts per Minute
DPM	=	Disintegrations per minute
LBC	=	Low Background Counter
LSC	=	Liquid Scintillation Counting
PMT	=	Photo Multiplier Tube
TDCR	=	Triple To Double Coincidence Ratio
QIP	=	Quenching Index Parameter



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara dengan pusat distribusi terumbu karang untuk seluruh Indo-Pasifik, dengan luas area terumbu karang lebih dari 60.000 km² yang tersebar luas di beberapa wilayah kepulauan. Sebagian besar terumbu karang berada di wilayah Sulawesi, Bali, Lombok, Papua, Pulau Jawa, Kepulauan Riau dan pantai barat serta ujung barat daya Pulau Sumatera (Darlan, 2012).

Kepulauan Spermonde adalah salah satu kawasan laut paling penting di Sulawesi Selatan. Perairan Kepulauan Spermonde ini diidentifikasi seluas ± 400.000 ha. Luas terumbu karang yang terdapat di perairan Indonesia adalah lebih dari 60.000 km² yang tersebar luas dari perairan kawasan barat Indonesia sampai kawasan timur Indonesia. Jumlah spesies karang yang hidup di Indonesia sekitar 350 spesies, 250 spesies diantaranya hidup di kepulauan Spermonde dalam area terumbu karang seluas 150 km². Kepulauan Spermonde memiliki tingkat keragaman karang yang cukup tinggi karena terdapat 78 genera dan sub genera, dengan total spesies 262. Beberapa data menunjukkan jika dilihat dari tingkat penyebaran karang, sekitar 70-80% terdapat di daerah terumbu terluar (COREMAP, 2003).

Berdasarkan pengelompokan penutupan karang di Kepulauan Spermonde, karang di sini dengan kategori baik, kategori sedang sampai buruk diperoleh dengan penutupan antara 22-70% dengan jenis karang yang dominan adalah



Acropora spp. Kondisi kualitas perairan di Kepulauan Spermonde dengan kisaran suhu 28,12-30,02 °C, pH 7,08-8,25, kecerahan 2,90-5,00 m, DO 4,64-6,08 ppm. Hubungan karakteristik lingkungan dengan terumbu karang dicirikan dengan dua kelompok yaitu kelompok *dead coral* dan *soft coral*. Kelompok *soft coral* menunjukkan adanya korelasi positif antara kedalaman maksimum karang hidup dengan kecerahan air. Kelompok *dead coral* menandakan bahwa kematian karang sudah lama berlangsung sebagai akibat tingginya sedimen, sehingga karang mengalami stress akibat tekanan lingkungan cenderung mengeluarkan lendir, selanjutnya lendir tersebut menjadi biang pelekatan partikel sedimen (Kasnir, 2011).

Terumbu karang memiliki peran yang sangat besar, karena ekosistem terumbu karang berpengaruh langsung terhadap seluruh kehidupan di laut dan pantai yang ada di wilayah tersebut. Terumbu karang yang terbentuk dari batuan kapur CaCO_3 , memiliki banyak manfaat terutama sebagai tempat hidup, tempat berkembangnya biota laut, tempat mencari makan (*feeding ground*), tempat asuhan dan pembesaran (*nursery ground*) dan tempat pemijahan (*spawning ground*) bagi berbagai biota laut. Selain itu, terumbu karang penting sebagai pelindung pantai dari degradasi dan abrasi serta mampu merekam segala aktifitas, kebiasaan atau perilaku gempa bumi di masa lalu dengan menentukan umurnya (Aulia dkk., 2012).

Pada tahun 2013, Arman dkk melakukan penentuan umur terumbu karang serta laju pertumbuhan terumbu untuk mengetahui karakteristik perairan seperti peningkatan suhu permukaan laut yang salah satunya diakibatkan oleh El-nino di Kepulauan Seribu. Karakteristik perairan dapat diidentifikasi melalui laju pertumbuhan linier terumbu karang terutama pada saat terjadi



El-nino dalam skala besar seperti tahun 1997-1998 dan 1982-1983. Penurunan laju pertumbuhan linier juga diakibatkan oleh faktor kondisi perairan yang terjadi pada skala kecil (lokal) seperti akibat adanya peningkatan kadar polutan, nutrien dan sedimentasi.

Pertumbuhan karang dipengaruhi oleh banyak faktor lingkungan seperti cahaya, suhu, sedimentasi, dan aktivitas biologi. Suhu dan curah hujan merupakan dua faktor lingkungan penting yang besar pengaruhnya terhadap pertumbuhan karang. Dinamika kedua faktor tersebut terkait dengan adanya perubahan musim. Laju pertumbuhan terumbu karang secara langsung proporsional terhadap suhu. Demikian pula, curah hujan berkorelasi dengan densitas dari rangka karang. Adanya variasi dari kedua faktor tersebut menyebabkan adanya perbedaan laju pertumbuhan karang-karang terumbu di antara lokasi dan musim yang berbeda. Secara umum, peningkatan suhu air laut akibat pemanasan global yang terjadi hanya beberapa derajat sedikit di atas 2-3 °C dapat mengurangi laju pertumbuhan atau kematian yang luas pada spesies-spesies karang (Rani dkk, 2004).

Penentuan umur suatu sampel dapat ditentukan dengan mengukur radioaktivitas unsur yang terdapat dalam sampel tersebut dan dengan mengukur umur karang, dapat diperoleh informasi yang nantinya akan digunakan untuk merunut dan mempelajari formasi batuan di suatu pantai dan dipermukaan bumi, mengetahui umur sampel karang laut, sehingga sejarah terbentuknya bumi dapat diungkapkan lebih jelas dengan dukungan data yang

Julianti dan Akhadi, 2005).



Faure (1986), umur terumbu karang dapat diketahui dengan metode penanggalan radiokarbon. Penanggalan tersebut didasari oleh adanya isotop karbon (^{14}C) yang terkandung dalam organisme hidup yang akan mengalami peluruhan pada saat organisme tersebut mati dengan waktu paruh 5730 tahun Faure. Radionuklida ^{14}C memiliki aktivitas spesifik yang sangat rendah meskipun sampel tersebut masih segar. Oleh karena itu, untuk keperluan pencacahan diperlukan alat pencacah khusus dengan radiasi latar yang sangat rendah (LBC, *Low Background Counter*). Instrumen pencacah yang memenuhi standar pengukuran radiasi tersebut adalah pencacah sintilasi cair atau LSC (*Liquid Scintillation Counting*), yang secara geometri pengukurannya dapat mencapai efisiensi pencacahan sekitar 99,99%. Hal tersebut disebabkan oleh pencacah sintilasi cair dilengkapi dengan detektor yang peka terhadap radiasi dan sampel radioaktif yang akan diukur dilarutkan ke dalam sintilator cair yang dapat memancarkan kelipatan foton. Sehingga mendapatkan ketelitian yang tinggi dalam menginterpretasi data hasil cacahan (Tjahaja dan Mutia, 2000).

Proses penanggalan ^{14}C yang didasarkan pada proses peluruhan radiokarbon berlangsung melalui pancaran partikel β^+ . Karena peluruhan β merupakan jenis peluruhan yang paling umum dikenal, sebab hampir semua nuklida tidak ada 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).

Penerapan metode LSC (*Liquid Scintillation Counting*) melalui

an aktivitas ^{14}C dalam penentuan umur suatu materi telah banyak an peran penting, bukan hanya dalam penemuan usia benda benda kuno nia arkeologi, tetapi juga berkembang dalam penentuan umur sedimen,



karang, kerang, air, tanah dan lain-lain (Siregar, 2008). Seperti penelitian yang pernah dilakukan oleh Maming, dkk., (2014), di Laboratorium Kimia Radiasi FMIPA Unhas yang menerapkan metode LSC dalam menganalisis sampel karang laut yang berasal dari Kepulauan Spermonde di daerah Sulawesi Selatan. Beberapa penelitian lainnya tentang penentuan umur terumbu karang juga pernah dilakukan, misalnya oleh Ditta (2016), mengambil sampel di sekitar kepulauan Spermonde menggunakan Karbosorb hidroksida dengan menggunakan metode LSC yang melalui hasil pengukuran, diketahui bahwa usia sampel terumbu karang Kepulauan Spermonde berusia 403.61 tahun, akan tetapi mayoritas pantai yang tersebar di Kepulauan Spermonde tidak memiliki data tersebut melihat luasnya persebaran pantai Kepulauan Spermonde.

Berdasarkan uraian diatas maka, akan dilakukan penelitian di Pulau Panikiang Kabupaten Barru Kepulauan Spermonde untuk mengumpulkan data umur terumbu karang di Kepulauan Spermonde. Penelitian ini akan menerapkan metode LSC (*Liquid Scintillation Counting*) dalam penentuan umur terumbu karang laut berdasarkan pada pengukuran aktivitas ^{14}C yang terkandung dalam sampel.

1.2 Rumusan Masalah

Masalah yang akan dibahas pada penelitian ini, yaitu:

- 1) Berapa aktivitas ^{14}C pada sampel terumbu karang menggunakan metode *Liquid Scintillation Counting* (LSC)?
- 2) Berapa umur terumbu karang di Pulau Panikiang Kabupaten Barru

Kepulauan Spermonde melalui pengukuran aktivitas ^{14}C menggunakan metode *Liquid Scintillation Counting* (LSC)?



1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian

1.3.1 Maksud Penelitian

Maksud penelitian ini adalah untuk mengetahui dan mempelajari pengukuran aktivitas ^{14}C pada penentuan umur terumbu karang di Pulau Panikiang Kabupaten Barru Kepulauan Spermonde menggunakan metode *Liquid Scintillation Counting* (LSC).

1.3.2 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini, yaitu :

- 1) Menentukan aktivitas ^{14}C pada penentuan umur terumbu karang di Pulau Panikiang Kabupaten Barru Kepulauan Spermonde melalui metode LSC (*Liquid Scintillation Counting*).
- 2) Menentukan umur terumbu karang di Pulau Panikiang Kabupaten Barru Kepulauan Spermonde melalui metode LSC (*Liquid Scintillation Counting*).

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan pengetahuan tentang penentuan umur terumbu karang di Pulau Panikiang Kabupaten Barru Kepulauan Spermonde berdasarkan pengukuran aktivitas ^{14}C dengan metode *Liquid Scintillation Counting* (LSC).



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

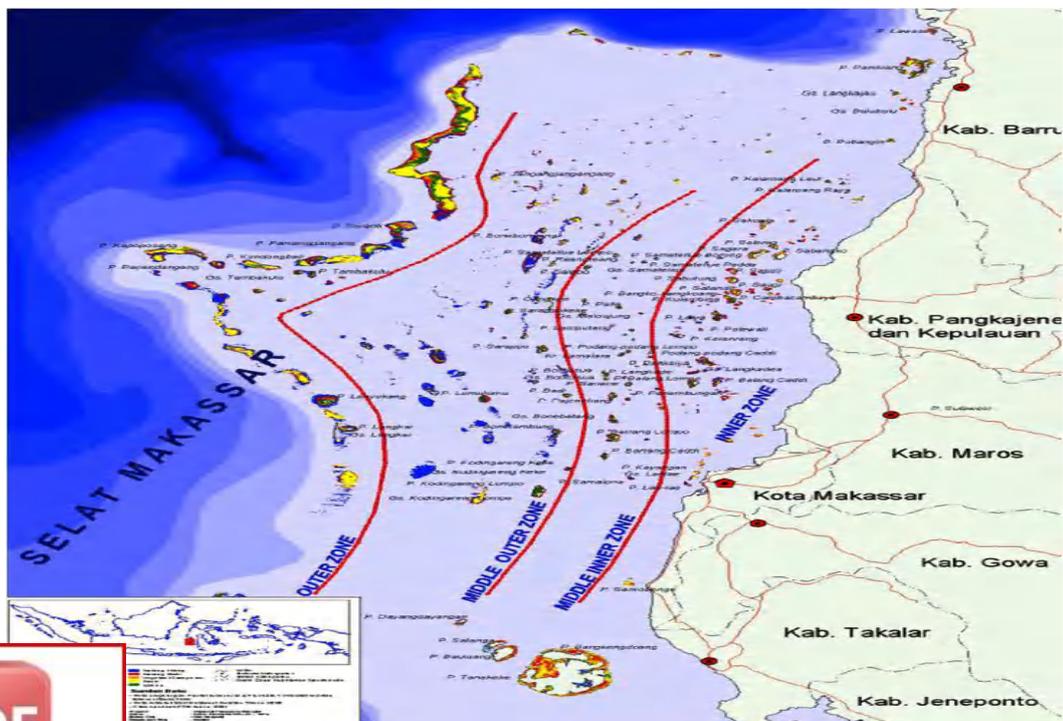
2.1 Kepulauan Spermonde

Kepulauan Spermonde adalah salah satu sumber keanekaragaman hayati terkaya Indonesia yang berada pada koordinat 4 27'00"-5 29'00" LS dan 119 2'00"-119 33'00" BT. Posisi ini menunjukkan kepulauan ini berada pada bagian Selatan Selat Makassar atau di sisi Barat-Daya Semenanjung Sulawesi Selatan (*Spermonde Shelf*), terlepas dari Dangkalán Sunda. Lebar paparan Spermonde dari daratan utama (*mainland*) kearah Barat sekitar 40 kilometer dengan kedalaman maksimum 60 meter. Perairan Kepulauan Spermonde ini diidentifikasi seluas kurang lebih 400.000 ha. Kepulauan Spermonde terdiri dari gugusan pulau karang yang terputus-putus dan merupakan jenis terumbu karang penghalang (*barrier reefs*). Kepulauan ini memiliki biodiversitas tinggi dan direkomendasikan sebagai pilot proyek untuk riset dalam biodiversitas dan ekosistem laut di kawasan Asia Pasifik. Pada masa depan, kepulauan Spermonde dicanangkan sebagai laboratorium hidup dan zona riset serta menjadi kawasan riset prioritas yang dibiayai negara (COREMAP, 2003).

Kepulauan Spermonde memiliki tingkat keragaman karang yang cukup tinggi karena terdapat 78 genera dan sub genera, dengan total spesies 262, seperti yang pernah dicatat oleh Moll (1983). Dilihat dari tingkat penyebaran karang, sekitar 80-87% terdapat di daerah terumbu terluar. Namun demikian, Jompa (1996), mencatat adanya pengurangan tingkat penutupan karang hidup dan jenis (*diversity*) sebanyak 20% dalam kurun waktu 12 tahun dibandingkan dengan yang dicatat oleh Moll (1983), untuk beberapa lokasi yang Jompa, 1996).



Hutchinson (1945), dalam Moka (1995), membagi Kepulauan Spermonde kedalam empat zona sepanjang utara sampai selatan. Zona pertama atau zona terdekat dengan daratan banyak dipengaruhi oleh daratan utama Sulawesi Selatan dengan dasar pantai berupa pantai lumpur. Zona kedua lebih kurang 5 km dari pantai makassar, mempunyai kedalaman yang kurang lebih 30 m dan memiliki banyak pulau diantaranya. Zona ketiga, sejauh lebih kurang 12,5 km mempunyai kedalaman bervariasi antara 30-50 m. Pada zona ini daerah-daerah yang dangkal banyak dijumpai. Zona keempat Kepulauan Spermonde yang merupakan zona terumbu karang penghalang yang mempunyai jarak terdekat kurang lebih 30 km dari daratan Sulawesi Selatan. Sisi timur dari pulau-pulau yang terdekat di zona ini mempunyai kedalaman ± 50 m. Pada sisi barat, tebing terumbu sangat terjal dengan kedalaman mencapai ± 800 m. Pembagian zona terumbu karang Kepulauan Spermonde diperlihatkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Pembagian zona terumbu karang Kepulauan Spermonde (Muller dkk., 2012)



2.2 Terumbu Karang

Indonesia diperkirakan memiliki luas terumbu karang sekitar 18% dari total keseluruhan terumbu karang dunia, dan sekitar 51% dari total luas terumbu karang di Asia Tenggara. Sebagian besar dari terumbu karang ini bertipe terumbu karang tepi (*fringing reefs*), berdekatan dengan garis pantai dan mudah diakses oleh masyarakat tempatan. Selama 50 tahun terakhir, proporsi penurunan kondisi terumbu karang Indonesia telah meningkat dari 10% menjadi 50%. Pada 1989-2000, terjadi penurunann tutupan karang hidup dari 36% menjadi 29% (Thamrin, 2007).

Terumbu karang adalah struktur di dasar laut berupa deposit kalsium karbonat di laut yang dihasilkan terutama oleh hewan karang. Menurut Nybakken (1992), terumbu karang terutama disusun oleh karang-karang jenis anthozoa dari kelas *Scleractinia*. Struktur bangunan batuan kapur (CaCO_3) tersebut cukup kuat, sehingga koloni karang mampu menahan gaya gelombang air laut. Asosiasi organisme-organisme yang dominan hidup disini disamping *Scleractinian coral* adalah alga yang juga mengandung kapur (Dawes,1981).

Ekosistem terumbu karang umumnya terdapat pada perairan yang relatif dangkal dan jernih serta pada suhu yang hangat (lebih dari 22°C) dan memiliki kadar karbonat yang sangat tinggi. Binatang karang atau terumbu karang ini akan hidup dengan baik pada perairan tropis dan sub tropis serta pada perairan jernih sehingga cahaya matahari akan terus dapat menembus hingga dasar perairan. Sinar matahari tersebut diperlukan untuk proses fotosintesis, sedangkan kadar

yang tinggi diperlukan untuk membentuk kerangka hewan penyusun karang (Thamrin, 2012).



2.3 Karbon (C)

Warmada (2004), karbon merupakan unsur primer dari semua kehidupan organik yang terbentuk di bumi. Karbon juga tersebar pada material geologi, laut dan atmosfer. Pembentukan karbon dioksida sangat cepat di atmosfer dan meningkat lebih dari 3 milyar ton per tahun. Secara terminologi, siklus karbon mempunyai makna bermacam-macam bagi banyak orang. 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.

Karbon dalam makhluk hidup memiliki perbedaan penting dari karbon yang dikandung bahan-bahan bukan makhluk hidup seperti, batu bara, minyak bumi, dan mineral. Karbon dari makhluk hidup mengandung sejumlah kecil atom karbon jenis tertentu yang disebut karbon-14 (¹⁴C), sedangkan karbon dari bukan makhluk hidup hanya mengandung atom-atom ¹²C dan ¹³C. Ketiga macam atom karbon yang berbeda tersebut dinamakan isotop karbon dimana ketiganya memiliki perilaku sama secara kimiawi, namun memiliki berat atau massa yang berbeda (Hoeda, 2012).

2.4 Radiokarbon

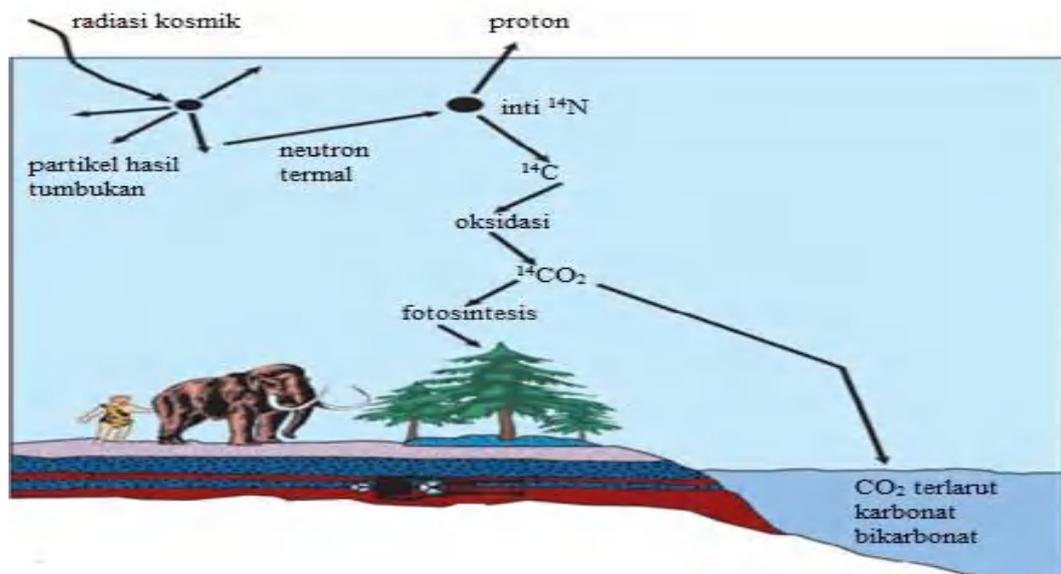
Tumbuh-tumbuhan hijau melalui proses fotosintesis menyerap udara yang mengandung campuran isotop karbon, sedangkan pada organisme campuran isotop karbon diserap melalui rangkaian makanannya. Penentuan umur suatu fosil makhluk hidup dengan menggunakan radiokarbon ini didasari pada perbandingan radiokarbon 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. Jika membandingkan antara derajat radioaktivitas dalam organisme yang telah mati dengan yang ada dalam organisme yang masih hidup maka dapat ditentukan berapa umur organisme tersebut dengan melihat waktu peluruhan radio karbonnya (Faure, 1986).

2.4.1 Pembentukan Radiokarbon

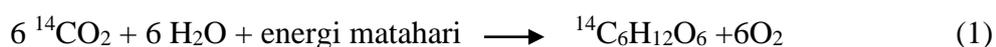
Adapun pembentukan ^{14}C dapat diperlihatkan pada Gambar 2. Gambar tersebut diperlihatkan bagaimana pembentukan radiokarbon secara alamiah yang terjadi di alam. Pada gambar tersebut Libby (1960), melalui pemikirannya memperlihatkan perhitungan pencacahan dalam tahap yang lambat, yang mana ^{14}C nantinya akan berkembang dalam penentuan umur suatu materi (Currie, 2004).



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



Berdasarkan Gambar 2, diperlihatkan bahwa radionuklida ^{14}C dapat jatuh ke bumi bersama-sama dengan angin, hujan maupun salju. Apabila masuk ke atmosfer ^{14}C akan bereaksi dengan oksigen membentuk karbon dioksida ($^{14}\text{CO}_2$). Selanjutnya melalui proses fotosintesis dan bantuan klorofil daun pada tanaman akan menghasilkan karbohidrat atau glukosa ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) melalui persamaan reaksi sebagai berikut (Yuliati dan Akhadi, 2005):



Ketika berada di bumi, $^{14}_6\text{C}$ meluruh secara tunak, akan tetapi tembakan sinar kosmik secara tetap memperbaharui persediaannya. Sesaat setelah dihasilkan dalam atmosfer, atom $^{14}_6\text{C}$ menempel pada molekul oksigen membentuk CO_2 radioaktif. Makhluk hidup, seperti tanaman hijau mengambil karbon dioksida supaya tetap hidup, sehingga setiap tanaman mengandung karbon radioaktif yang terserap bersama dengan karbon dioksida yang diserapnya. Begitu pula pada binatang, akan memakan tanaman yang mengandung karbon dioksida radioaktif sehingga binatang pun mengandung isotop karbon yang bersifat radioaktif. Percampuran radiokarbon sangat efisien sehingga memiliki proporsi yang sama antara ^{14}C dan karbon biasa ^{12}C (Wiyatmo, 2006).

Saat sinar kosmik memasuki atmosfer maka terjadi tumbukan dengan inti atom yang berada pada lintasannya sehingga menimbulkan hujan partikel sekunder. Diantara partikel sekunder tersebut terdapat neutron yang timbul dari inti target yang bersintegrasi. Masing-masing neutron dapat bereaksi terhadap inti hidrogen dalam atmosfer untuk membentuk radiokarbon dengan pemancaran

Proton mengambil seluruh elektron dan menjadikan sebuah atom Radiokarbon meluruh menjadi $^{14}_7\text{N}$ dengan umur paruh sekitar tahun (Wiyatmo, 2009).



2.4.2 Penanggalan Radiokarbon (*Carbon Dating*)

Metode penanggalan radiokarbon digunakan untuk mengetahui usia berbagai benda. Pengukuran didasarkan pada hasil perhitungan aktivitas ^{14}C atau perbandingan banyaknya isotop radioaktif ^{14}C yang ada pada benda tersebut dengan menggunakan standar suatu radioaktif yang telah diketahui jumlah isotopnya (Suci dkk., 2013). Lebih lanjut, Rahmaniah (2014), menyatakan bahwa metode penanggalan radiokarbon dipilih berdasarkan asumsi bahwa proporsi radionuklida (isotop radioaktif) kosmogenik ^{14}C di dalam tubuh makhluk hidup selalu konstan karena pemasukan, pengeluaran, maupun peluruhan berlangsung kontinyu. Setelah makhluk hidup tidak menunjukkan aktivitas kehidupan, pemasukan ^{14}C tidak terjadi lagi. Namun, karena sifat ^{14}C yang radioaktif, radionuklida tersebut meluruh sehingga jumlah ^{14}C akan berkurang secara eksponensial oleh waktu. Dengan menentukan sisa aktivitas ^{14}C yang dikandung oleh sampel terumbu karang akan berkorelasi dengan umur yang dihitung sejak contoh tersebut tidak lagi menunjukkan aktivitas kehidupan. Umur tersebut dapat dihitung dengan penggunaan waktu paruh peluruhan dari isotop ^{14}C .

Peluruhan radiokarbon dalam makhluk hidup diawali pada saat makhluk hidup itu mati, jasad makhluk hidup tersebut tidak lagi menyerap radiokarbon, sehingga radiokarbon yang dikandungnya terus menerus akan meluruh menjadi $^{14}_7\text{N}$ setelah 5.730 tahun sehingga benda itu memiliki $\frac{1}{2}$ jumlah radiokarbon relatif terhadap kandungan karbon total seperti yang dikandungnya semasa hidup. Dengan menentukan perbandingan radiokarbon terhadap karbon biasa, maka kita akan dapat menentukan umur mumi, alat-alat kayu, pakaian, kulit, batu bara, dan

benda lain dari kebudayaan purba sampai dengan umur 50.000 tahun sembilan kali umur $^{14}_6\text{C}$ (Wiyatmo, 2009).



Metode penanggalan radiokarbon adalah metode yang digunakan untuk mengetahui usia berbagai benda, baik benda organik maupun anorganik yang didasarkan pada hasil perhitungan aktivitas ^{14}C yang terkandung dalam benda tersebut atau didasarkan pada perbandingan banyaknya isotop radioaktif ^{14}C yang ada pada benda tersebut dengan sebuah sumber standar yang telah diketahui jumlah isotop radioaktifnya yang dapat dilihat pada Tabel 1 (Nicelia, dkk., 2013; Guta dan Polach, 1985).

Tabel 1. Aktivitas alami sampel radiokarbon di permukaan bumi

Sumber	Lintang Geomagnetik	Aktivitas Spesifik Absolut
White Spuroce, Yukon	60	14,84±0,30
Norwegian Spruce, Swedia	55	15,37±0,54
Kayu Elm, Chicago	53	14,72±0,54
Fraxinus Excelsior, Switzerland	49	15,16±0,30
Honeysuckle Leaves, Oak Ridge, Tenn	47	14,60±0,30
Ranting Jarum Pohon Pine, Mount Wheeler New Mexico	44	15,82±047
Briar, Afrika Utara	40	14,47±0,44
Oak, Sherafut, Palestina	34	15,19±0,40
Kayu tidak Terdeteksi, Tehera, Iran	28	15,57±0,31
Fraxinus mandshurica, Japan	26	14,84±0,30
Kayu tidak terdeteksi, Panama	20	15,94±0,51
Chlorophora excels, Liberia	11	15,08±0,34
Sterculia exelsa, Copabana, Bolivia	1	15,47±0,50
Kayu Ulin, Majoro, Pulau Marshall	0	14,53±0,60
Jenis Kayu tidak diketahui, Ceylon	2	15,29±0,67
Kayu Pohon Besar, Tierra del Fuego	45	15,37±0,49
Eucllyptus, New South Wales, Australia	45	16,31±0,43
Minyak Anjing Laut terbuat dari daging Anjing laut dari Antartik	65	15,69±0,30

Sumber: Libby, 1960

terumbu karang mengandung unsur radioaktif yang diukur dari isotop karbon, yakni karbon-14 (^{14}C). Unsur ^{14}C memancarkan partikel beta (β) meluruh setengah dalam kurun waktu 5.730 tahun menjadi ^{14}N yang



stabil (Clark dan Fritz, 1997). Radionuklida ^{14}C bertahan dalam bahan seperti pohon dan karang yang sudah berumur puluhan ribu tahun. Hal ini berguna untuk penanggalan radiokarbon (Sulzman, 2000).

2.5 Radioaktivitas

Radioaktivitas adalah pemancaran sinar radioaktif secara spontan oleh inti atom tidak stabil menjadi inti atom yang stabil. Proses perubahan ini disebut peluruhan dan inti atom yang tak-stabil disebut radionuklida. Suatu inti atom dikatakan dalam keadaan tidak stabil apabila jumlah proton jauh lebih besar dari jumlah neutron. Dalam 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). Sedangkan menurut Susetyo (1988), radioaktivitas adalah proses perubahan keadaan inti atom secara spontan yang disertai radiasi berupa zarah atau gelombang elektromagnetik.

2.5.1 Peluruhan Radioaktif

Proses peluruhan ^{14}C berlangsung melalui pemancaran partikel β atau positron membentuk isotop ^{14}N yang stabil. Supaya kandungan $^{14}_6\text{C}$ dapat diukur, karbon dalam sampel suatu organisme yang mati setelah selang waktu t biasanya dikonversi menjadi gas seperti karbondioksida yang kemudian dimasukkan dalam detektor yang peka terhadap sinar beta. Aktivitas suatu massa karbon dari sebuah makhluk hidup yang sekarang masih hidup adalah A_0 dan aktivitas massa karbon dari sampel yang akan ditentukan umurnya adalah A , maka umur sampel tersebut

ditentukan berdasarkan Persamaan 2 berikut (Hidayat, 2008):

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



Keterangan:

A = Radioaktivitas isotop ^{14}C dalam sampel

A₀ = Radioaktivitas isotop ^{14}C pada saat tanaman atau hewan tersebut hidup
(15,3 dpm/gC) (Libby, 1960)

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

ln 2 = 0,693

Menurut Wiyatmo (2006), terdapat lima jenis peluruhan radioaktif yaitu peluruhan gamma, peluruhan alfa, peluruhan beta, penangkapan elektron dan pemancaran positron. Tabel 2 menyajikan kelima jenis peluruhan tersebut yang meliputi transformasi nuklir beserta contohnya pada nuklida.

Tabel 2. Jenis Peluruhan Radioaktif

Peluruhan	Transformasi	Contoh
Peluruhan Alfa	${}^A_ZX \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2}Y + {}^4_2\text{He}$	${}^{238}_{92}\text{U} \rightarrow {}^{234}_{90}\text{Th} + {}^4_2\text{He}$
Peluruhan Beta	${}^A_ZX \rightarrow {}^A_{Z+1}Y + e^-$	${}^{14}_6\text{C} \rightarrow {}^{14}_7\text{N} + e^-$
Emisi Positron	${}^A_ZX \rightarrow {}^A_{Z-1}Y + e^+$	${}^{64}_{29}\text{Cu} \rightarrow {}^{64}_{28}\text{Ni} + e^+$
Peluruhan Elektron	${}^A_ZX + e^+ \rightarrow {}^A_{Z-1}Y$	${}^{64}_{29}\text{Cu} + e^- \rightarrow {}^{64}_{28}\text{Ni}$
Peluruhan Gamma	${}^A_ZX^* \rightarrow {}^A_ZX + \gamma$	${}^{87}_{38}\text{Sr}^* \rightarrow {}^{87}_{38}\text{Sr} + \gamma$

Catatan: * Menunjukkan keadaan nuklir tereksitasi dan γ menyatakan foton sinar gamma

Sumber: Wiyatmo, 2006

2.5.2 Laju Peluruhan Radioaktif

Proses peluruhan mengikuti hukum laju reaksi orde satu, yaitu bahwa kecepatan peluruhan hanya bergantung pada jumlah inti radioaktif dalam contoh.

Kecepatan peluruhan, dapat dilihat pada Persamaan 3 dan 4:

$$-dN / dt = \lambda N \quad (3)$$

$$dN / N = -\lambda dt \quad (4)$$



keterangan:

$-dN / dt$ = kecepatan disintegrasi inti radioaktif

λ = tetapan peluruhan

N = jumlah inti radioaktif

Tetapi dalam eksperimen merunut radioaktif, yang ingin diketahui adalah kecepatan cacah suatu aktivitas sampel (A). Aktivitas sampel didefinisikan sebagai cacah yang sama dengan kecepatan disintegrasi dikalikan efisiensi pengukuran. Kecepatan cacah dapat dilihat pada Persamaan 5:

$$A = C \frac{dN}{dt} = C\lambda N \quad (5)$$

Cara yang sama pada N akan diperoleh $A = A_0 e^{-\lambda t}$. Persamaan A inilah yang mengatur hubungan antar jumlah inti yang ada dengan yang dapat diamati oleh detektor sebagai fungsi waktu (Agusalim, 2004).

2.5.3 Hukum Radioaktivitas

Hasil ekperimen membuktikan bahwa peluruhan radioaktif berjalan secara ekponensial dan menunjukkan bahwa peluruhan adalah peristiwa statistik. Sifat statistik ini menyebabkan atom yang akan meluruh pada detik berikutnya tidak dapat dipastikan karena hanya merupakan kebolehjadian. Kebolehjadian setiap atom untuk meluruh dalam setian detik adalah $\lambda \times dt$, dimana λ adalah suatu tetapan yang disebut tetapan desintegrasi sesuai Persamaan 6.

$$dN = -\lambda dt N_0 \quad (6)$$

sehingga:

$$\frac{dN}{N} = -\lambda dt \quad (7)$$

$$N(t) = N_0 e^{-\lambda t} \quad (8)$$

Persamaan (8), $N(t)$ = jumlah atom radioaktif pada waktu t (Syahir, 2001).



2.6 Metode Absorpsi CO₂ Dalam Pra-Perlakuan Sampel Untuk Analisis ¹⁴C Terumbu Karang

Absorpsi merupakan proses pemisahan dengan mengontakkan campuran gas dan cairan sebagai absorben, penyerap tertentu akan menyerap satu atau lebih pada komponen gas. Absorpsi dapat berlangsung dalam dua proses, yaitu absorpsi fisika dan absorpsi kimia (Treyball, 1981). Absorpsi fisika terjadi karena adanya beda konsentrasi. Pada absorpsi fisika, energi yang dibutuhkan untuk regenerasi larutan jauh lebih rendah daripada absorpsi kimia karena tidak diperlukan tambahan energi untuk regenerasi larutan, cukup menurunkan tekanan sebagai *driving force* (gaya dorong). Contoh aplikasinya pada absorpsi CO₂ dengan air, dimana CO₂ akan berdifusi ke dalam air tanpa terjadi reaksi kimia. Saat absorpsi kimia terjadi perpindahan massa melalui reaksi kimia. Suatu keuntungan dalam absorpsi kimia adalah karena adanya reaksi kimia, maka nilai koefisien perpindahan massa menjadi lebih besar dibandingkan dengan tanpa absorpsi kimia (Kumoro dan Hadiyanto, 2000).

Metode penentuan umur menggunakan ¹⁴C selama ini dilakukan dengan cara mencacah C₆H₆ dengan pencacah sintilasi cair, mencacah C dalam bentuk grafit dengan *Accelerator Mass Spectrometry*, dan mencacah CH₄ dengan *Mini Gas Proportional Spectrometry*. Metode-metode ini dilakukan dengan preparasi sampel yang cukup rumit, lama, dan memerlukan pertimbangan keterampilan teknis yang memadai sehingga untuk penelitian hidrologi khususnya

tidak ekonomis dan efisien, karena hanya dapat dianalisis satu sampel (Atrio dkk, 2007).



Pada tahun 1999, Faisal dkk mengemukakan bahwa metode absorpsi CO₂ lebih efisien karena aktivitas ¹⁴C dapat langsung dianalisis dari CO₂, dibanding dengan metode lain yang harus melalui proses sintesis CO₂ menjadi asetilen atau bahkan benzen, kemudian menentukan aktivitasnya. Jelas hal ini diperlukan waktu yang relatif lama serta biaya yang cukup tinggi. Menurut Horvatincic dkk (2004), bahwa metode absorpsi CO₂ merupakan metode preparasi yang paling sederhana, murah, cepat dan efisiensi untuk *Liquid Scintillation Counting* (LSC). Absorpsi CO₂ dapat dengan cepat digunakan untuk menentukan peningkatan kontaminasi ¹⁴C di lingkungan, contohnya pada kontaminasi nuklir.

Menurut Satrio dan Abidin (2007), absorpsi CO₂ sering disebut juga sebagai metode *direct counting* ¹⁴CO₂, karena kandungan ¹⁴C dalam CO₂ langsung dicacah dengan pencacah sintilasi cair. Preparasi sampel dengan metode ini melibatkan pemakaian bahan kimia penyerap CO₂ yang pada umumnya tersedia dalam bentuk larutan *Carbosorb* dan larutan sintilasi (sintilator).

2.7 *Liquid Scintillation Counting* (LSC)

Karbon-14 (¹⁴C) merupakan radionuklida pemancar sinar beta energi rendah (B_β: 0,155 MeV), data aktivitas spesifiknya pada sampel sangat rendah, meskipun sampel tersebut masih segar. Oleh sebab itu, untuk keperluan pencacahan radiasi yang dipancarkan oleh ¹⁴C ini memerlukan pencacahan khusus dengan radiasi latar yang sangat rendah LBC (*Low Background Counter*), sehingga didapatkan

yang tinggi dalam menginterpretasi data hasil cacahan sampel.

an ¹⁴C dalam bentuk senyawa benzene dapat dilakukan dengan



menggunakan pencacahan pendar cair LSC (*Liquid Scintillation Counting*). Oleh sebab itu, penanggalan radiokarbon ini mampu memberikan hasil pengukuran yang paling akurat dibandingkan dengan metode penanggalan lainnya (Yuliati dan Akhadi, 2005).

Pencacah sintilasi cair terdiri dari komponen dasar yang berupa tabung pengganda 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).

2.7.1 *Liquid Scintillation Counting* (LSC) Hidex 300 SL

LSC Hidex 300 SL adalah alat pencacah sintilasi cair dengan proses perpindahan sampel secara otomatis dan memiliki tiga tabung PMT (*photomultiplier tube*). Alat ini digunakan untuk mengukur nilai cacahan sampel disetiap botol khusus (*vial*) yang terdapat dalam rak sampel. Hidex 300 SL memiliki dua rak sampel dengan kapasitas masing-masing 96 vial untuk kapasitas

setiap vial serta 40 vial untuk kapasitas 20 ml. Alat Hidex 300 SL ditunjukkan pada Gambar 2 (Wisser, 2013).





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

Wisser (2013), menyatakan terdapat perbedaan antara instrumen LSC konvensional dan instrumen LSC Hidex 300 SL. Perbedaannya terletak pada jumlah PMT yang digunakan sebagai sistem detektor. LSC konvensional hanya menggunakan dua PMT sedangkan LSC Hidex 300 SL menggunakan tiga tabung PMT sebagai sistem detektor untuk mengoptimalkan pengukuran geometri dan memungkinkan perhitungan efisiensi pencacahan dengan metode TDCR (*Triple to Double Coincidence Ratio*).

Liquid Scintillation Counting (LSC) memiliki beberapa keuntungan dibandingkan dengan metode penghitungan yang lebih konvensional lainnya, diantaranya (Cabeza dan Pujol, 1994):

1. Tidak ditemukan masalah absorpsi jika digunakan sampel yang homogen.
2. Sistem sintilasi cair memberikan informasi energi, dimana hal ini sangat berharga untuk memperkirakan penyebab asal dari hasil yang tidak biasa dan membuat hipotesis tentang keberadaan radionuklida dalam sampel.
3. Partikel alfa dan beta bahkan dapat dipisahkan berdasarkan perbedaan bentuk sinyal yang dihasilkan. Aktivitas alfa dan beta dapat ditentukan dari satu pengukuran tunggal pada sampel yang sama.

dan dalam perhitungan energi untuk partikel alfa dan khusus untuk energi partikel beta yang efisiensinya mendekati 100%.



5. Sintilasi cair juga dapat digunakan untuk mengukur tritium, dan sangat akurat dalam mengukur ^{14}C pada sampel.

2.7.2 *Disintegrations Per Minute (DPM), Counts Per Minute (CPM) dan Triple To Double Coincidence Ratio (TDCR).*

Pencacah sintilasi cair digunakan untuk mendeteksi pancaran partikel β dari radioisotop ^{14}C yang berasal dari sampel. Dalam mengetahui aktivitas ^{14}C biasanya dinyatakan dalam satuan aktivitas yang merupakan peluruhan per menit (*DPM*) dan saat pencacahan dilakukan maka diperoleh hasil cacahan per menit (*CPM*). Sedangkan hubungan antara hasil cacahan dan aktivitas satuan dalam radioaktif dikenal dengan istilah efisiensi pencacahan atau *Triple To Double Coincidence Ratio* (TDCR). TDCR digunakan sebagai parameter kestabilan proses pencacahan sampel dengan analisis ^{14}C . Disintegrasi per satuan massa ^{14}C dapat digunakan dalam penentuan aktivitas spesifik ^{14}C yang meluruh setiap menit (*dpm*) dalam setiap satu gram unsur karbon (Rahmania, 2014).

Penurunan nilai CPM kadang terjadi pada pengukuran aktivitas ^{14}C karena jumlah inti yang mengalami peluruhan selama interval waktu tertentu menurun secara eksponensial. Penurunan nilai CPM suatu sampel berbanding lurus dengan penurunan nilai DPM tetapi berbanding terbalik dengan nilai TDCR sampel (Rahmania, 2014).

TDCR digunakan sebagai parameter kestabilan proses pencacahan sampel dengan analisis ^{14}C . Metode TDCR merupakan metode pengukuran aktivitas

husus dikembangkan untuk beta murni dan penentuan aktivitas, di mana deteksi dihitung dari model fisik dan statistik distribusi foton yang



dipancarkan oleh suatu sumber. Detektor dengan 3 PMT memungkinkan *triple* ke ganda rasio penghitungan TDCR, yang merupakan metode penghitungan mutlak untuk memperoleh penghitungan efisiensi sampel tanpa sumber standar eksternal atau internal. Tidak seperti metode standar eksternal, TDCR adalah metode universal berlaku untuk kedua kimia dan warna pendinginan, untuk sampel air dan organik dan untuk koktail yang berbeda dan berbagai isotop. Metode TDCR dapat digunakan tidak hanya untuk menghitung isotop beta khas tapi juga untuk kegiatan mutlak penentuan radiasi Cerenkov mis dari $^{90}\text{Y}/^{90}\text{Sr}$ (Eikenberg, 2013).

2.7.3 Pemadaman (*Quenching*) dan Mekanisme Pemadaman

Pemadaman merupakan gejala yang dapat mengurangi efisiensi pencacahan (Yarianto, dkk., 2001). Pemadaman adalah peristiwa pengurangan efisiensi pada proses transfer dalam larutan sintilator. Pemadaman menyebabkan menurunnya keluaran cahaya tiap partikel, konsekuensinya menghasilkan pulsa keluaran yang lebih kecil di dalam PMT atau tidak dapat menghasilkan pulsa yang dapat terdeteksi (Agusalim, 2004).

Pemadaman (*quenching*) dibagi menjadi dua, yaitu pemadam kimia dan pemadam warna (Thomson, 2013):

- a. Pemadaman kimia (*chemical quenching*) terjadi selama transfer energi dari pelarut ke sintilator. Setiap spesies kimia yang elektronegatif (menangkap elektron) akan mempengaruhi proses transfer energi dengan menangkap

elektron π yang terikat dengan pelarut aromatik dan dengan demikian akan

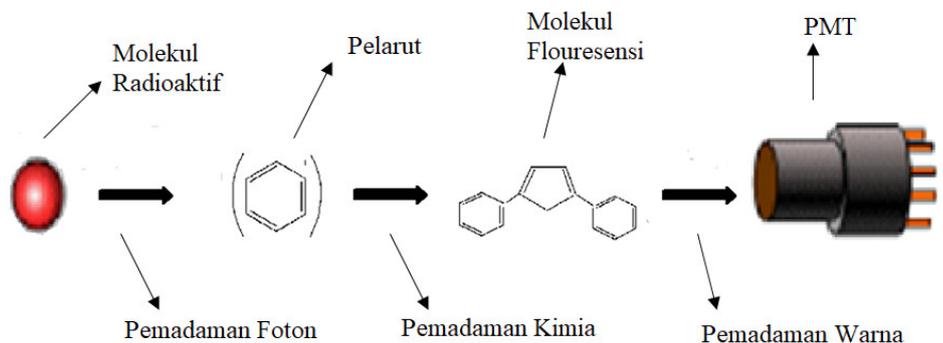


mengurangi ketersediaan elektron π yang diperlukan untuk transfer energi yang efisien.

- b. Pemadaman warna (*color quenching*) merupakan proses pelemahan dari foton cahaya. Foton yang dihasilkan, diserap oleh warna dalam larutan sehingga mengurangi keluaran cahaya yang tersedia untuk pengukuran oleh PMT.

Pemadaman dapat terjadi karena adanya oksigen atau kotoran dalam botol kering (*dry vial*) sebagai wadah pelarut sintilasi. Oksigen dapat memadamkan pelarut tereksitasi (selanjutnya dinotasikan X^*). Pemadaman ini dapat dikurangi dengan menambah konsentrasi oksigen yang terlarut (Yarianto, dkk., 2001).

Elistina (2007), meredam pemadam dan menaikkan efisiensi pencacahan diperlukan parameter indikator pemadam *Quenching Indicator Parameter* (QIP). Proses pemadaman (*quenching*) diperlihatkan pada Gambar 4 (Eikenberg, 2013):



Gambar 4. Proses pemadaman (*quenching*) (Eikenberg, 2013)

2.7.4 Sintilator

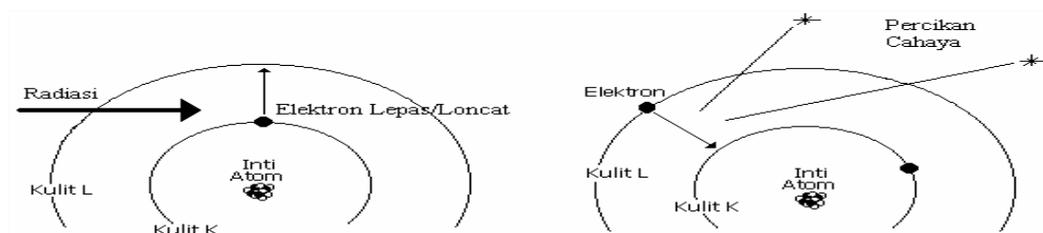
Metode pencacahan sintilasi cair sampel yang mengandung radionuklida dilarutkan atau disuspensikan ke dalam larutan sintilator (*scintillator solution* atau *cocktail*) yang sesuai di dalam vial gelas atau plastik. Bahan sintilator yaitu bahan

yang memancarkan kelipan (foton) jika berinteraksi dengan partikel radiasi (Yarianto, dkk., 2001).



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

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. Proses sintilasi ini dapat diperlihatkan pada Gambar 5 (Tjahaja dan Mutia, 2000).



Gambar 5. Proses sintilasi penyerapan energi radiasi (kiri) dan pemancaran cahaya (kanan) (Tjahaja dan Mutia, 2000)

