

Skripsi

**PENENTUAN UMUR RELATIF SAMPEL KARANG *Montipora digitata* DI
PULAU SABUTUNG KEPULAUAN SPERMONDE MELALUI
PENGUKURAN AKTIVITAS ^{14}C DENGAN METODE LSC (*LIQUID
SCINTILLATION COUNTING*)**

WANDI ASHAR H.T

H311 16 015



**DEPARTEMEN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2022**

**PENENTUAN UMUR RELATIF SAMPEL KARANG *Montipora digitata* DI
PULAU SABUTUNG KEPULAUAN SPERMONDE MELALUI
PENGUKURAN AKTIVITAS ^{14}C DENGAN METODE LSC (*LIQUID
SCINTILLATION COUNTING*)**

*Skripsi ini diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana
Sains pada Departemen Kimia
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Hasanuddin*

WANDI ASHAR H.T

H311 16 015

**DEPARTEMEN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2022**

LEMBAR PENGESAHAN

PENENTUAN UMUR RELATIF SAMPEL KARANG *Montipora digitata* DI
PULAU SABUTUNG KEPULAUAN SPERMONDE MELALUI
PENGUKURAN AKTIVITAS ^{14}C DENGAN METODE LSC (LIQUID
SCINTILLATION COUNTING)

Disusun dan diajukan oleh

WANDI ASHAR H.T

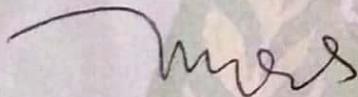
H311 16 015

Skripsi ini telah diperiksa dan disetujui oleh:

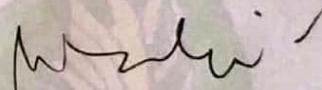
Mengetahui :

Pembimbing Utama

Pembimbing Pertama



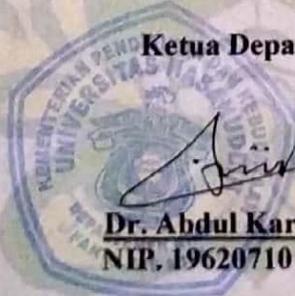
Dr. Maming, M.Si
NIP. 19631231 198903 1 031



Dr. Sci. Muhammad Zakir, M.Si
NIP. 19701103 199903 1 001

Menyetujui :

Ketua Departemen



Dr. Abdul Karim, M.Si
NIP. 19620710 198803 1002

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Wandu Ashar H.T

Nomor Mahasiswa : P1100212013

Program studi : Kimia

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa Skripsi yang berjudul **Penentuan Umur Relatif Sampel Karang *Montipora digitata* Di Pulau Sabutung Kepulauan Spermonde Melalui Pengukuran Aktivitas ^{14}C dengan Metode LSC (*Liquid Scintillation Counting*)** adalah karya saya sendiri dan tidak melanggar hak cipta orang lain. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan tesis ini hasil karya orang lain, penulis bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 05 Juli 2022



enyatakan

Wandu Ashar H.T

PRAKATA

Bismillahirrohmanirrohim.....

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 Penelitian dengan judul “**Penentuan Umur Relatif Sampel Karang *Montipora digitata* Di Pulau Sabutung Kepulauan Spermonde Melalui Pengukuran Aktivitas ^{14}C dengan Metode LSC (*Liquid Scintillation Counting*)**”.

Penulis menghaturkan banyak terima kasih kepada almarhum ayahanda **Prof. Dr. Alfian Noor, M.Sc.**, selaku Pembimbing Utama yang saat ini digantikan oleh ayahanda **Dr. Maming, M.Si.**, sekaligus Pembimbing Akademik dan juga ayahanda **Dr. Muhammad Zakir, M.Si.**, selaku Pembimbing Pertama yang menjadi orang tua di kampus dan senantiasa meluangkan waktu, tenaga, dan pikirannya dalam membimbing dan memberikan arahan yang baik sehingga penelitian ini dapat diselesaikan.

Terwujudnya skripsi ini tidak lepas dari berbagai kendala dan hambatan, namun ini merupakan sebuah proses yang harus dilewati penulis. Tak terlepas dari semua proses itu juga ada semangat dan doa yang selalu diberikan oleh orang tua dan keluarga bapak Darusman M.M selaku orang tua kedua bagi penulis yang telah menampung serta banyak mendidik penulis selama 10 tahun ini. Penulis sangat banyak berterimakasih dan bersyukur telah bertemu dengan orang-orang yang mampu mengarahkan penulis ke tahap ini. Sekali lagi terimakasih kepada:

- Tim dosen penguji ujian sarjana kimia, yaitu almarhum Bapak **Dr. Firdaus, M.Si** (ketua), semoga amal ibadah beliau diterima disisi yang maha kuasa, dan pengganti beliau Bapak **Dr. Abdul Karim M.Si** (ketua), Ibu **Dr. Nur Umriani Permatasari, S.Si, M.Si** serta Bapak **Dr. Syahrudin Kasim, S.Si, M.Si** (koord. seminar).
- Ketua Departemen Kimia FMIPA Unhas bapak **Dr. Abd. Karim, M.Si** dan Sekretaris Departemen Kimia FMIPA Unhas ibu **Dr. St. Fauziah, M.Si** beserta dosen dan staf Departemen Kimia **Ibu Sarina, Ibu Berlian (Almh), Kak Rahma, Kak Balqis dan Pak Haerul** yang telah membantu penulis dalam perjalanan selama menempuh pendidikan di Departemen Kimia FMIPA Unhas.
- Ibu **Dr. Indah Raya M.Si** dan Ibu **Prof. Dr. Nunuk Hariani Soekamto, MS.** selaku Pembimbing Akademik sekaligus memberikan banyak bimbingan, masukan, motivasi dan dorongan selama mengikuti proses perkuliahan di Departemen Kimia FMIPA Unhas.
- Seluruh Analis Laboratorium Kimia Departemen Kimia FMIPA Unhas, **Pak Iqbal, Pak Sugeng, Ibu Tini, Ibu Anti, Kak Linda, Kak Fiby dan Kak Hannah.** Terkhusus **Kak Tenri dan Kak Faaizah** terima kasih atas bantuan dan bimbingan yang diberikan selama proses penelitian.
- Rekan-rekan peneliti di Laboratorium Kimia Radiasi **Rully, Acci, Capling, Besse, Syara, Zulfa** dan adik-adik yang lain.
- Saudara Pejantan Kromofor 2016 (**Pado, Acci, Aril, Midin, Rully, Ismul, Imam, Chapling, Awal, Fajar, Dion, Khoyim dan Maman**). Terima kasih atas kebersamaan dan solidaritas sampai pada tahap ini, dalam

dinamika kampus dari awal jenjang pengaderan banyak momen yang membuat Pejantan Kromofor seperti saudara yang kuat.

- Saudara-Saudariku **Kromofor 2016 “Totalitas Hingga Akhir”**. Terima kasih atas waktu, total dalam persaudaraan, manis pahit selama menjalani proses dinamika lembaga menjadi pengalaman pribadi penulis dalam kehidupan kampus.
- Saudara-Saudariku **MIPA 2016 “Seperti Seharusnya”**. Terima kasih atas arti ke-MIPA-an dalam bersaudara seperti seharusnya, terutama kepada Pejantan Reborn 2016 yang penuh karisma dan kocak. Saya bangga jadi anak **MIPA!**
- Kakak-kakak, adik-adik dan seluruh warga serta alumni **KM FMIPA Unhas**, penulis bangga menyempatkan memimpin lembaga tercinta ini, yang memberikan banyak pengalaman. Salam *Use Your Mind Be The Best*
- Seluruh warga dan alumni **KMK FMIPA Unhas**. HMK Tempat Kita dibina, HMK Tempat Kita ditempa.
- Komunitas **“Taman Baca Creative (TBC)”** yang telah memberi ruang untuk belajar banyak hal dengan orang-orang didalamnya terutama **Kak Amri, Kak Agustan, Kak Rahmad** dan **Kak Edar**. Semoga waktu kebersamaan kemarin berbuah indah untuk jalan kedepan.
- Seluruh Anggota **KPL OZONE KIMIA Unhas**. Kimia Hijau Langit Biru Jaya Abadi.
- Pengurus **“BEM FMIPA Unhas Periode 2019-2020”**, terimakasih satu periode yang membanggakan dan momen luar biasanya, serta dedikasi yang diberikan. Terkhusus **Bendum wiwi** telah mau kebersamai

- Pengurus “**Maperwa FMIPA Unhas Periode 2020-2021**” para penghuni terakhir di angkatan, termakasih dedikasi dan loyalitasnya terkhusus Kepada ketua MAPERWA **Rudy Fachri Muswar**, semoga cepat menyusul.
- **Basecamp Family**, terimakasih atas ruang yang diberikan dan tempat tinggalnya terkhusus owner **Kak Vitra** dan kepala Pembina **Kak Jun** serta kawan-kawan **Cilok, Midin, Rully** dan semuanya.
- **Kak Ina, Kak Udin dan Kak Anti**, terimakasih telah memberikan dukungan moril dan materi serta warna berbeda dirumah.
- **Surefti Bato’ Sau’**, terima kasih atas waktunya selama ini, telah mau berdiri disamping penulis dan menjadi tempat pulang.
- Terakhir penulis hendak menyapa setiap nama yang tidak sempat disebutkan namanya satu persatu. Terimakasih sebanyak-banyaknya kepada mereka yang turut andil dalam proses yang dilalui penulis dan suka cita atas keberhasilan penulis menyelesaikan skripsi ini. Alhamdulillah.

Penulis sadar bahwa skripsi ini tidak sempurna dan banyak kekurangan baik materi maupun teknik penulisannya, karena kesempurnaan yang sejati hanya milik Allah SWT. Oleh karena itu, penulis berharap saran dan kritik yang bersifat membangun dari pembaca. Akhir kata penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi siapa saja yang membacanya khususnya bidang Kimia Radiasi.

Makassar, 06 Juni 2022

Penulis

ABSTRAK

Penentuan umur relatif sampel karang *Montipora digitata* di Pulau Sabutung Kepulauan Spermonde melalui pengukuran aktivitas ^{14}C dengan metode LSC (*Liquid Scintillation Counting*). Penelitian dengan metode sintilasi cair dalam penanggalan karbon pada penentuan umur karang yang bertumpu pada pengukuran aktivitas ^{14}C telah dilakukan. 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%, hingga menghasilkan sampel yang bersih dengan pengurangan bobot 7,72%. Absorpsi CO_2 melalui reaksi dengan HCl 10% dan KOH sebagai *Carbosorb* menghasilkan K_2CO_3 . Karbon total dalam larutan sampel adalah 0,1248 gram didapatkan melalui metode titrasi. Aktivitas spesifik karbon-14 yang terukur melalui pencacahan dengan *Liquid Scintillation Counter* Hidex 300 SL adalah $14,4791 \pm 0,1112$ DPM/gC. Umur relatif sampel karang yang dapat dihitung dari data aktivitas spesifik karbon-14 sampel karang dengan rentang aktivitas karbon modern ($14,47 \pm 0,44$ DPM/gC - $16,31 \pm 0,43$ DPM/gC) menggunakan persamaan laju peluruhan radioisotop adalah berumur karbon modern.

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

ABSTRACT

Determination of the relative age of Montipora digitata coral samples on Sabutung Island, Spermonde Islands by measuring ^{14}C activity using the LSC (Liquid Scintillation Counting) method. Research using the liquid scintillation method in carbon dating to determine coral age based on ^{14}C activity measurements has been carried out. Sample preparation was carried out physically and chemically. Chemical preparation using a mixture of NaOH with 30% H_2O_2 followed by a mixture of HClO_4 with 30% H_2O_2 , to produce a clean sample with a weight reduction of 7.72%. Absorption of CO_2 through reaction with HCl 10% and KOH as Carbosorb produced K_2CO_3 . The total carbon in the sample solution is 0.1248 grams obtained through the titration method. Specific activity of carbon-14 in the sample that were counted by Hidex 300 SL liquid Scintillation Counter are 14.4791 ± 0.1112 DPM/gC. The relative age of coral samples that can be calculated from the specific activity data of carbon-14 coral samples with a range of modern carbon activity (14.47 ± 0.44 DPM/gC - 16.31 ± 0.43 DPM/gC) using the radioisotope decay rate equation is modern carbon age.

Keywords: *Specific activity, coral reef, LSC (Liquid Scintillation Counting), radiocarbon dating.*

DAFTAR ISI

SAMPUL.....	i
LEMBAR PENGAJUAN.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	iii
PRAKATA.....	v
ABSTRAK.....	ix
ABSTRACT.....	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN.....	xvii
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 Terumbu Karang.....	7
2.1 Karang Jenis <i>Montipora digitata</i>	13
2.2 Kepulauan Spermonde.....	14
2.3 Pulau Sabutung.....	14
2.4 Radionuklida.....	16
2.5 <i>Radiocarbon Dating</i>	17
2.6 Radioaktivitas	18
2.7.1 Besaran Radioaktivitas.....	20
2.7 Absorpsi CO ₂	20
2.8 <i>Liquid Scintillation Counting (LSC)</i>	22
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	25
3.1 Bahan Penelitian.....	25
3.2 Alat Penelitian	25
3.3 Waktu dan Tempat Penelitian	25
3.4 Prosedur Penelitian.....	26
3.4.1 Pengambilan Sampel Karang	26
3.4.2 Pencucian Sampel Karang.....	27
3.4.3 Absorpsi CO ₂ pada Sampel Karang	28
3.4.4 Penentuan Total Karbon dalam Sampel Karang	30
3.4.5 Pengukuran Aktivitas ¹⁴ C pada Sampel	30

3.4.6	Penentuan Umur Sampel Karang	30
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		32
4.1	Pengambilan Sampel	32
4.2	Pencucian Sampel Karang	33
4.3	Pemisahan Karbonat dalam Sampel Karang	34
4.4	Penentuan Total Karbon	36
4.5	Pengukuran Aktivitas ^{14}C Sampel Karang <i>Montipora Digitata</i>	37
4.6	Penentuan Aktivitas Spesifik ^{14}C pada Sampel Karang <i>Montipora Digitata</i>	43
4.7	Penentuan Umur Relatif Sampel Karang <i>Montipora digitata</i>	44
BAB V PENUTUP.....		46
5.1	Kesimpulan.....	46
5.2	Saran.....	46
DAFTAR PUSTAKA		47
LAMPIRAN.....		51

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Polip dan skeleton karang (Hadi dkk, 2018).....	7
2. Ekosistem terumbu karang (Hadi dkk, 2018)	9
3. Montipora digitata (Dokumentasi pribadi, 2021).	13
4. Alat LSC Hidex 300 SL (Wisser, 2013)	263
5. Peta Kepulauan Spermonde	266
6. Peta Pulau Sabutung	277
7. Rangkaian alat absorpsi CO ₂ pada Sampel	299
8. Sampel Karang Montipora digitata (Dokumentasi pribadi, 2021).....	322
9. Peningkatan massa larutan selama proses absorpsi hingga bobot tetap	355
10. Grafik nilai DPM sampel karang terhadap waktu pencacahan	399

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Aktivitas alami sampel radiokarbon permukaan bumi	19
2. Data hasil pencacahan pada waktu optimum sampel karang <i>Montipora</i> di waktu 120 menit dengan 10 kali pengulangan	40
3. Data hasil pencacahan pada waktu optimum <i>background</i> di waktu 120 menit dengan 10 kali pengulangan	42

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Bagan Kerja Pencucian Sampel (Pencucian Fisik dan Pencucian Kimia).....	51
2. Bagan Kerja Proses Absorpsi CO ₂	522
3. Bagan Kerja Penentuan Total Karbon dalam Sampel Karang.....	533
4. Bagan Kerja Pencacahan Sampel Karang dengan LSC Hidex 300 SL.....	544
5. Perhitungan Bobot Sampel yang Hilang pada Saat Pencucian.....	555
6. Perhitungan Total Karbon Sampel Karang.....	566
7. Data Hasil Pencacahan Sampel Karang menggunakan LSC Hidex 300 SL dalam Rentang Waktu Cacahan 5-240 menit	577
8. Data Hasil Pencacahan Sampel Karang LSC Hidex 300 SL selama 120 menit dengan 10 kali Pengulangan	588
9. Data Hasil Pencacahan <i>Background</i> menggunakan LSC Hidex 300 SL Selama 120 menit dengan 10 kali Pengulangan	599
10. Perhitungan Aktivitas Spesifik ¹⁴ C dalam Sampel Karang Pulau Sabutung Kepulauan Spermonde	60
11. Perhitungan Standar Deviasi dari Aktivitas Spesifik Sampel Karang.....	61
12. Perhitungan Pembuatan Larutan	622
13. Dokumentasi	644

DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN

- A : Radioaktivitas isotop ^{14}C dalam sampel
- A_0 : Radioaktivitas Isotop ^{14}C pada saat tanaman atau hewan tersebut hidup
- AMS : *Accelerator Mass Spectrometry*
- CPM : *Counts Per Minute*
- DEA : *Dietanolamina*
- DPM : *Disintegrations Per minute*
- GPC : *Gas Proportional Counter*
- LSA : *Liquid Scintillation Analysis*
- LSC : *Liquid Scintillation Counter*
- PMT : *Photomultiplier Aktivitas Tube*
- TDCR : *Triple to Double Coincidence Ratio*
- α : Alfa
- λ : Konstanta Peluruhan Radioaktif
- β : Beta
- $t_{1/2}$: Waktu Paruh
- ^{14}C : Karbon-14

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Laut adalah bagian dari bumi yang tertutup oleh air asin. Kata laut sudah dikenal sejak dulu kala oleh bangsa kita dan bahkan oleh bangsa-bangsa di beberapa negara di Asia Tenggara seperti Filipina, Malaysia, Thailand, Singapura dan mungkin beberapa suku bangsa lain di kawasan ini. Kita semua mengetahui bahwa Indonesia merupakan negara kepulauan, luas wilayah lautnya lebih besar daripada luas daratan. Indonesia yang terletak di antara Samudra Pasifik dan Samudra Hindia mempunyai tatanan geografi laut yang rumit dapat dilihat dari topografi dasar lautnya. Dasar perairan Indonesia di beberapa tempat, terutama di kawasan barat, menunjukkan bentuk yang hampir seragam, tetapi di kawasan lain terutama kawasan timur menunjukkan bentuk yang lebih beragam (Nontji, 2002; Romimohtarto dan Juwana, 2007).

Sebagai negara maritim yang sangat besar, Indonesia memiliki potensi sumber daya alam yang sangat luar biasa. Namun Indonesia juga memiliki potensi ancaman yang dapat mengganggu kelangsungan sumber daya alam tersebut. Ancaman tersebut dapat berupa pencemaran laut akibat jalur transportasi, penangkapan ikan ilegal, eksplorasi dan eksploitasi hasil kekayaan laut yang tidak terkontrol. Semua kekayaan alam yang dimiliki Indonesia tentunya harus dikelola dengan bijak sehingga sumber daya hayati laut di wilayah pesisir dan laut Indonesia selalu dapat memberikan manfaat

bagi pengembangan ekonomi dan sosial budaya masyarakat (Rangkuti dkk, 2017). Kondisi geografi perairan Indonesia yang beragam menyebabkan Indonesia memiliki ekosistem laut dan pesisir yang beragam pula, salah satunya adalah ekosistem terumbu karang.

Terumbu karang mempunyai nilai dan arti yang esensial dari segi sosial ekonomi dan budaya, karena sebagian penduduk Indonesia yang tinggal di daerah pesisir menggantungkan hidupnya dari perikanan laut dangkal. Terumbu karang mempunyai berbagai fungsi baik biologi maupun ekologis diantaranya, sebagai gudang keanekaragaman hayati biota-biota laut, tempat tinggal sementara atau tetap, tempat mencari makan, berpijah, daerah asuhan dan tempat berlindung bagi hewan laut, dan lain-lain. Terumbu karang juga berfungsi sebagai tempat berlangsungnya siklus biologi, kimiawi dan fisik secara global yang mempunyai tingkat produktivitas yang sangat tinggi. Terumbu karang merupakan sumber bahan makanan langsung maupun tidak langsung dan menjadi sumber obat-obatan. Terumbu karang juga dapat berperan sebagai pelindung pantai dari hempasan ombak dan juga menjadi sumber utama bahan-bahan konstruksi (Suharsono, 2008).

Provinsi Sulawesi Selatan secara geografis diapit oleh Bone di sebelah Timur, Laut Flores di sebelah Selatan dan Selat Makassar di sebelah Barat. Provinsi ini memiliki banyak gugusan pulau seperti Kepulauan Spermonde di Selat Makassar, Kepulauan Taka Bonerate di Laut Flores dan Kepulauan Sembilan di Teluk Bone. Ketiga Kepulauan ini masih banyak dijumpai terumbu karang yang masih asli (alami). Kepulauan Spermonde merupakan salah satu wilayah penyebaran terumbu karang yang cukup luas. Menurut Rauf dan Yusuf (2009), jumlah pulau di Kepulauan Spermonde

adalah sekitar 120 pulau dengan luas sekitar 150 km² yang membentang dari Kabupaten Takalar sampai dengan Kabupaten Barru.

Kepulauan Spermonde memiliki kondisi tutupan terumbu karang yang jika dirata-ratakan hanya sekitar 36% saja yang masih baik. Data dari *Coral Reef Rehabilitation and Management Program* (COREMAP) pada tahun 2010 menunjukkan kerusakan karang yang terjadi disebabkan oleh fenomena *bleaching* (pemutihan karang) walaupun pada beberapa lokasi masih ditemukan tanda-tanda penggunaan alat tangkap ikan yang merusak ataupun tidak ramah lingkungan seperti bom dan sianida. Permasalahan utama dari kerusakan karang pada Kepulauan Spermonde adalah pemanfaatan yang tidak terkendali oleh manusia/masyarakat yang ada di sekitarnya. Oleh karena itu diperlukan suatu upaya untuk meminimalisir kerusakan tersebut dari pemanfaatan yang tidak ramah lingkungan menjadi pemanfaatan yang menganut kaidah-kaidah pelestarian, sehingga sumber daya terumbu karang tersebut dapat dimanfaatkan secara berkelanjutan (Rauf dan Yusuf, 2004; Ilham dkk, 2017).

Pulau Sabutung adalah salah satu pulau berpenghuni yang merupakan bagian dari Kepulauan Spermonde di Desa Mattiro Kanja, Kecamatan Liukang Tupabbiring Utara, Kabupaten Pangkep. Daerah pantainya ditumbuhi oleh vegetasi pantai seperti tumbuhan perdu dan substrat yang terdiri dari pasir dan patahan karang mati. Lebar rataaan terumbu sekitar 500 m dari pantai, karang yang tumbuh berupa bongkahan-bongkahan kecil yang mengelompok (*patches*). Pada pengamatan yang dilakukan Prayudha dan Makatipu (2008), pada area yang agak miring (*slope*) dengan kemiringan $\pm 45^\circ$ di atasnya ditemukan karang batu dari jenis *Fungia* spp., *Montipora* spp., *Porites*

cylindrica dan *Echinopora horrida*. Kecerahan pada saat pengamatan ± 5 m dengan substrat dasarnya berupa patahan karang dan pasir. Pertumbuhan karang batu sampai kedalaman ± 4 m, selanjutnya kedalaman diatas 4 m tidak terlihat adanya pertumbuhan karang batu tetapi didominasi oleh pasir.

Ekosistem terumbu karang sangat erat kaitannya dengan kondisi geografis suatu pulau, terutama pulau karang. Pulau karang merupakan pulau yang terbentuk dari proses pertumbuhan karang yang memakan waktu jutaan tahun di mana pertumbuhan karang naik sampai ke permukaan air kemudian terjadi akumulasi material organik dan anorganik. Penentuan umur terumbu karang memiliki manfaat yang sangat besar dalam mempelajari kondisi geografis asal sampel karang laut tersebut, misalnya untuk merunut dan mempelajari pembentukan suatu formasi batuan di suatu pantai. Di samping itu, penentuan umur terumbu karang juga dapat digunakan untuk mengetahui umur radiokarbon yang ada pada permukaan air laut (East dkk, 2018).

Umur terumbu karang dapat diketahui melalui metode penanggalan yang bertumpu pada peluruhan unsur radioaktif alam ^{14}C . Metode tersebut masih digunakan karena memberikan hasil data yang optimal dan digunakan secara luas untuk penanggalan temuan-temuan arkeologi. Penemuan metode ini merupakan sumbangan yang sangat berharga dalam rangka penelusuran benda-benda peninggalan bersejarah. Unsur radioaktif alam ^{14}C bersifat radioaktif, maka radionuklida tersebut akan melakukan peluruhan sehingga jumlahnya terus berkurang secara eksponensial oleh waktu. Apabila pada suatu saat jasad makhluk hidup tersebut ditemukan dalam bentuk fosil, usia dari fosil dapat diketahui melalui pengukuran kadar ^{14}C yang masih tertinggal di dalam fosil tersebut (East dkk, 2018).

Pencacahan radiasi yang dipancarkan oleh ^{14}C ini memerlukan pencacah khusus dengan radiasi latar yang sangat rendah LBC (*low background counter*), sehingga didapatkan ketelitian yang tinggi dalam menginterpretasi data hasil cacahan sampel. Untuk memastikan aktivitas ^{14}C yang terdapat pada sampel dibutuhkan alat pencacah radiasi energi rendah, yakni pencacah sintilasi cair (*Liquid Scintillation Counting*), di mana peranan Pencacah Sintilasi Cair ini untuk mengukur radiasi α serta β yang dipancarkan oleh sampel yang memiliki ^{14}C (Yuliati dan Akhadi, 2005).

Berdasarkan uraian pada latar belakang, maka penelitian ini akan dilakukan di Pulau Sabutung, Kepulauan Spermonde. Hal ini dilakukan untuk mengumpulkan data umur karang di Kepulauan Spermonde dengan menggunakan LSC (*Liquid Scintillation Counter*) untuk menentukan aktivitas ^{14}C dan usia karang pada sampel tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Berapa aktivitas spesifik ^{14}C pada sampel karang *Montipora digitata* di Pulau Sabutung Kepulauan Spermonde?
2. Apakah umur relatif sampel karang *Montipora digitata* di Pulau Sabutung Kepulauan Spermonde termasuk dalam kategori modern berdasarkan aktivitas spesifik ^{14}C yang dilakukan dengan metode LSC?

1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian

1.3.1 Maksud Penelitian

Maksud dari penelitian ini adalah untuk menentukan aktivitas spesifik ^{14}C pada sampel karang *Montipora digitata* di Pulau Sabutung Kepulauan Spermonde menggunakan alat pencacah LSC (*Liquid Scintillation Counter*).

1.3.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari dilakukannya penelitian ini adalah:

1. Mengukur aktivitas spesifik ^{14}C pada sampel karang *Montipora digitata* di Pulau Sabutung Kepulauan Spermonde dengan menggunakan alat pencacah LSC (*Liquid Scintillation Counter*).
2. Menentukan umur relatif sampel karang *Montipora digitata* di Pulau Sabutung Kepulauan Spermonde berdasarkan aktivitas spesifik ^{14}C .

1.4 Manfaat Penelitian

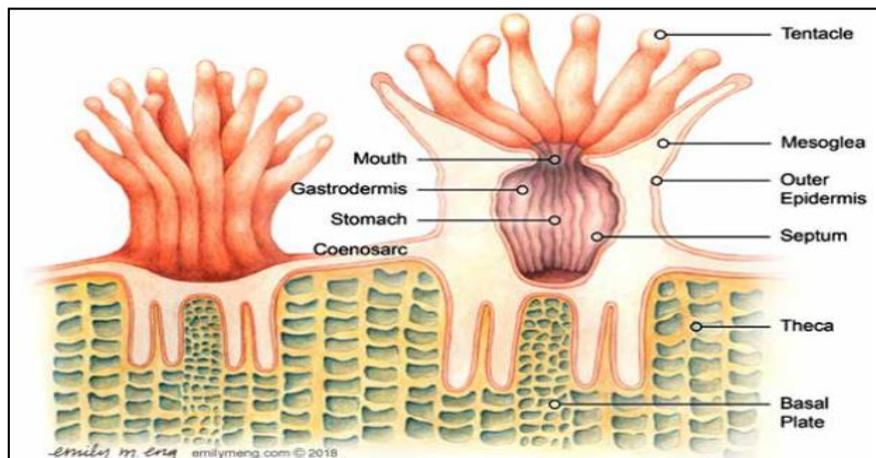
Penelitian ini bermanfaat untuk memberikan informasi mengenai aktivitas spesifik ^{14}C pada sampel karang *Montipora digitata* dan hubungannya dengan umur karang *Montipora digitata* di Pulau Sabutung kepulauan Spermonde.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Terumbu Karang

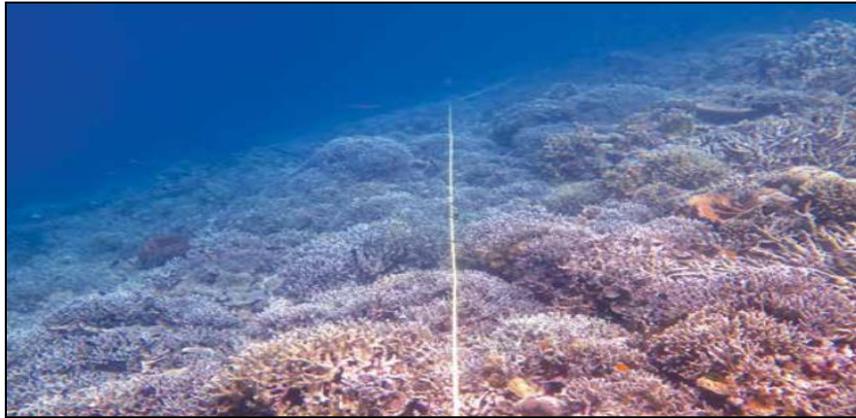
Hewan karang batu umumnya merupakan koloni yang terdiri atas banyak individu berupa polip yang bentuk dasarnya seperti mangkok dan tepi berumbai-umbai (tentakel). Ukuran polip ini umumnya sangat kecil (berapa mm) tetapi ada pula yang berukuran besar sehingga beberapa puluh sentimeter seperti pada jenis *Fungia*. Tiap polip tumbuh dan mengendapkan kapur yang membentuk kerangka. Polip ini akan memperbanyak diri dengan cara pembelahan berulang kali (*vegetative*) hingga satu koloni karang terbentuk. Di dalam jaringan polip karang, hidup berjuta-juta alga mikroskopis yang dikenal sebagai *Zooxanthellae*, antara karang dengan *Zooxanthellae* bersifat simbiosis mutualisme atau saling menguntungkan. *Zooxanthellae* memberi makan karang melalui proses fotosintesis dan mempercepat proses kalsifikasi, sebaliknya polip karang menyediakan rumah bagi *Zooxanthellae*. Gambar 1 menunjukkan bagian-bagian karang (Nontji, 2002).



Gambar 1. Polip dan skeleton karang (Hadi dkk, 2018).

Kebanyakan masyarakat awam masih menganggap karang adalah benda mati atau tidak hidup yang berbentuk batu sehingga dimanfaatkan sebagai bahan pondasi bangunan. Karang sendiri termasuk hewan yang mempunyai sel penyengat atau dikenal *Cnidaria* (*cnido*: penyengat). Taksonomi karang keras secara spesifik masuk ke dalam Kelas *Anthozoa* dan Ordo *Scleractinia*. Di Indonesia, jumlah karang yang ada adalah 83 genera dengan total jenis 569. Jika dibandingkan dengan jumlah keseluruhan genera dan jenis karang yang ada di dunia maka dapat diketahui bahwa jumlah karang di Indonesia merepresentasikan sekitar 76% genera dan 69% jenis karang di dunia (Hadi dkk, 2018).

Terumbu karang adalah sekumpulan hewan karang yang bersimbiosis dengan alga *Zooxanthellae*. Terumbu karang (*coral reef*) merupakan ekosistem yang terdapat di laut tropis, dibentuk oleh organisme laut penghasil kapur (CaCO_3). Organisme karang pembentuk terumbu (karang hermatipik) terutama jenis-jenis karang batu dan alga berkapur yang bersama-sama dengan organisme lainnya yang hidup di dasar. Ekosistem terumbu karang adalah salah satu ekosistem yang penting karena menjadi sumber kehidupan bagi beraneka ragam biota laut. Lebih dari 300 jenis karang, *krustasea*, *sponge*, *algae*, lamun, dan biota lainnya hidup di ekosistem terumbu karang seperti pada Gambar 2 yang menunjukkan kondisi terumbu karang di lautan (Rangkuti dkk, 2017).



Gambar 2. Ekosistem terumbu karang (Hadi dkk, 2018)

Sebagai organisme, karang tentunya dipengaruhi faktor lingkungan atau *abiotic*. Faktor *abiotic* berperan dalam sebaran terumbu karang. Sebaran terumbu karang tidak merata oleh karena adanya faktor pembatas atau faktor yang mempengaruhi pertumbuhan terumbu karang yaitu, (Giyanto dkk, 2017):

1. Suhu Perairan

Suhu Perairan Karang dapat hidup pada suhu perairan di atas 18 °C. Suhu ideal untuk pertumbuhan karang berkisar antara 27 °C-29 °C. Kenaikan suhu air laut di atas suhu normalnya, akan menyebabkan pemutihan karang (*coral bleaching*) sehingga warna karang menjadi putih. Bila hal tersebut berlanjut hingga beberapa minggu, akan menyebabkan kematian. Pengaruh suhu untuk pertumbuhan karang menyebabkan penyebaran karang hanya terjadi pada daerah subtropis dan tropis, yaitu pada sekitar 30° LU – 30° LS.

2. Cahaya Matahari

Cahaya Matahari Karang hidup bersimbiosis dengan alga *zooxanthellae*, yang hidup di dalam jaringan karang sehingga memerlukan cahaya matahari untuk proses fotosintesis. Oleh karena itu, karang sulit tumbuh dan berkembang pada kedalaman

dimana penetrasi intensitas cahaya matahari sangat kurang, biasanya pada kedalaman lebih dari 50 m.

3. Salinitas

Salinitas ideal bagi pertumbuhan adalah berkisar antara 30-36%. Air tawar dengan salinitas rendah dapat membunuh karang. Oleh karena itu karang tidak dijumpai di sungai ataupun muara sungai yang memiliki salinitas yang rendah.

4. Sedimentasi

Butiran sedimen dapat menutupi polip karang, dan bila berlangsung lama bisa menyebabkan kematian karang. Oleh karena itu, karang tidak dijumpai pada perairan yang tingkat sedimentasinya tinggi.

5. Kualitas Perairan

Perairan yang tercemar, baik yang diakibatkan karena limbah industri maupun rumah tangga (domestik) akan mengganggu pertumbuhan dan perkembangan karang. Perairan dapat saja menjadi keruh dan kotor karena limbah pencemar, ataupun penuh dengan sampah. Bahan pencemar tentu saja akan berpengaruh langsung terhadap pertumbuhan karang, sedangkan perairan yang keruh dapat menghambat penetrasi cahaya ke dasar perairan sehingga mengganggu proses fotosintesis pada *zooxanthellae* yang hidup bersimbiosis dengan karang.

6. Arus dan Sirkulasi Air Laut

Arus dan sirkulasi air digunakan dalam suplai makanan yang diperlukan dalam proses pertumbuhan karang dan juga suplai oksigen dari laut lepas. Selain itu, arus dan sirkulasi air juga berperan dalam proses pembersihan dari endapan material yang menempel pada polip karang. Tempat dengan arus dan ombak yang tidak terlalu besar

merupakan tempat yang ideal untuk pertumbuhan karang. Tempat dengan arus dan ombak yang besar dapat mengganggu pertumbuhan karang, misalnya pada daerah-daerah terbuka yang langsung menghadap ke laut lepas, dengan ombak yang selalu besar sepanjang masa.

7. Substrat

Larva karang yang disebut planula memerlukan substrat yang keras dan stabil untuk menempel, hingga tumbuh menjadi karang dewasa. Substrat yang labil, seperti pasir akan sulit bagi planula untuk menempel.

Menurut Maulana dkk (2016), Ekosistem terumbu karang merupakan ekosistem yang paling kaya dan produktif di muka bumi. Terumbu karang mampu memberikan manfaat bagi masyarakat pesisir untuk mencukupi kebutuhan hidupnya. Selain sumber pangan, terumbu karang juga merupakan sumber pendapatan bagi masyarakat pesisir. Bagi berbagai spesies ikan, terumbu karang merupakan tempat asuhan, tempat memijah dan tempat mencari makan. Bagi para pelancong, terumbu karang merupakan daya tarik wisata yang mengundang kekaguman karena keindahannya. Keberadaan terumbu karang juga berperan dalam melindungi wilayah pesisir dari terpaan badai, tetapi terumbu karang juga merupakan ekosistem yang rentan terhadap kerusakan. Ketergantungan yang tinggi akan sumber daya laut mengakibatkan pemanfaatan yang berlebihan dan perusakan terumbu karang.

Pertumbuhan terumbu karang sangat memakan waktu yang lama bahkan memakan waktu berjuta-juta tahun. Pembentukan terumbu karang diawali dengan proses pelekatan, pembentukan kerangka, sementasi, gradasi, erosi dan akresi yang terjadi berulang-ulang dan terjadi dalam kurun waktu jutaan tahun akhirnya

membentuk terumbu karang. Menurut teori, karena permukaan tanah yang turun dan permukaan laut yang naik atau kombinasi keduanya, maka terjadi perubahan terumbu karang tepi ke *atoll*. Terumbu karang umumnya dikelompokkan dalam tiga bentuk yaitu, *fringing reef* atau terumbu karang tepi, *barrier reef* atau terumbu karang penghalang, dan *atoll* atau terumbu karang cincin. Ketiga bentuk terumbu karang tersebut merupakan evolusi dari *atoll* (Nontji, 2002; Hadi dkk, 2018):

1. *Fringing Reef*

Fringing Reef adalah terumbu karang yang terbentuk di tepi-tepi pulau atau benua. Proses pembentukan karang tepi diawali dengan pertumbuhan koloni karang menjumbai ke arah laut lepas. Hamparan tipe terumbu ini dapat mencapai ratusan meter dari pantai, banyak ditemukan di perairan tropis.

2. *Barrier Reef*

Barrier Reef adalah terumbu karang yang tumbuh sejajar dengan benua atau pulau yang terpisah jauh oleh adanya lautan yang dalam. Pada umumnya *barrier reefs* ini tumbuh di sekitar pulau vulkanik. Namun ada beberapa yang dapat juga tumbuh di sepanjang paparan. Kedalaman air pada danau pemisah bervariasi mulai dari (20-100) meter serta lebar terumbu karang ini bervariasi mulai dari 500 meter.

3. *Atol*

Atol atau terumbu karang cincin merupakan terumbu karang yang berkembang di pulau vulkanik dimana terumbu tumbuh dan berkembang dari tepi pulau dan kemudian membentuk lingkaran yang mengelilingi pulau yang kemudian secara perlahan terlihat terpisah dari pulau karena tenggelamnya pulau.

2.1 Karang Jenis *Montipora digitata*

Karang jenis *Montipora digitata* memiliki bentuk koloni bercabang dengan percabangan yang tidak teratur serta percabangan yang pendek. Beberapa cabang saling menyatu dengan ujung percabangan tumpul. Koralit tenggelam dengan batas antara koralit yang satu dan lainnya terlihat nyata. Jenis karang ini memiliki warna coklat muda, kekuningan atau abu-abu. Tersebar di seluruh perairan Indonesia, biasanya berada di daerah dangkal. Gambar karang *Montipora digitata* dapat dilihat pada Gambar 3 (Suharsono, 2008).



Gambar 3. *Montipora digitata* (Dokumentasi pribadi, 2021).

Klasifikasi karang jenis *Montipora digitata*:

Kingdom : Animalia

Filum : Cnidaria

Kelas : Anthozoa

Ordo : Scleractinia

Famili : Acroporidae

Genus : *Montipora*

Spesies : *Montipora digitata*

2.2 Kepulauan Spermonde

Kepulauan Spermonde atau *Spermonde archipelago* merupakan salah satu wilayah penyebaran terumbu karang yang cukup luas. Membentang dari Kabupaten Takalar sampai dengan Kabupaten Barru. Jumlah pulau di Kepulauan Spermonde sekitar 120 pulau dengan luas sekitar 150 km². Kondisi Provinsi Sulawesi Selatan secara geografis diapit oleh Bone disebelah Timur, Laut Flores disebelah Selatan dan Selat Makassar di sebelah Barat. Provinsi ini memiliki banyak gugusan pulau seperti Kepulauan Spermonde di Selat Makassar, Kepulauan Taka Bonerate di Laut Flores dan Kepulauan Sembilan di Teluk Bone. Ketiga Kepulauan ini masih banyak dijumpai terumbu karang yang masih alami (Rauf dan Yusuf, 2009).

Kepulauan Spermonde memiliki 78 genera dan sub genera, dengan total spesies 262, di mana sekitar 80-87% terdapat di daerah terumbu terluar. Terjadi penurunan tutupan karang selama 12 tahun. Pada penelitian yang dilakukan Litaay dan Jompa menunjukkan terjadi penurunan tutupan terumbu karang dimana kondisi penutupan karang hidup rata-rata 25,2% di *reef edge* dan hanya sekitar 11,6% di *reef top* (batas atas ratahan terumbu/*reef flat*). Kondisi karang yang kurang baik di daerah ratahan terumbu kebanyakan disebabkan oleh aktivitas manusia terutama pada saat air surut, seperti mendorong perahu, berjalan di atas karang dan membalik bongkahan karang batu untuk mencari teripang, gurita dan kerang-kerangan (Nurdin dkk, 2013).

2.3 Pulau Sabutung

Kabupaten Pangkajene Kepulauan (Pangkep) terletak di Provinsi Sulawesi Selatan, tepatnya di pesisir selatan Selat Makassar. Secara geografis Kabupaten

Pangkep terletak pada posisi $118^{\circ} 5,67' \text{ BT} - 119^{\circ} 48,06' \text{ BT}$ dan $5^{\circ} 9,57' \text{ LS} - 4^{\circ} 28,86' \text{ LS}$ dengan luas wilayah sekitar 79572.3 ha, terdiri dari daratan utama seluas 79083,3 ha dan rangkaian kepulauan diperkirakan 489 ha. Panjang garis pantai pada daratan utama adalah 42,57 km sedangkan panjang garis pantai untuk rangkaian kepulauan 63,57 km. Kabupaten Pangkep memiliki pulau-pulau kecil yang tersebar dari utara ke selatan sepanjang Selat Makassar. Jumlah kecamatan di kabupaten ini ada sembilan kecamatan dan tiga kecamatan diantaranya masuk dalam wilayah kerja COREMAP, yaitu Kecamatan Liukang Tupabbiring, Kecamatan Liukang Tangaya dan Kecamatan Liukang Kalmas (Suyarso dan Budianto, 2010).

Pulau Sabutung berada pada posisi koordinat geografis $4^{\circ} 45' 21.1'' \text{ LS}$ dan $119^{\circ} 25' 58.1'' \text{ BT}$, secara administratif berada di Provinsi Sulawesi Selatan, Kabupaten Pangkajene Kepulauan, Kecamatan Tupabbiring Utara dengan Desa Mattiro Kanja. Luas pulau $\pm 2 \text{ Km}^2$, dengan batas wilayah sebelah Utara Desa Mattiro Bombang atau Pulau Salemo, sebelah Selatan Desa Mattiro Ulang atau Pulau Kulambing, sebelah Barat Desa Mattirowalie atau Pulau Samatellu, sebelah Timur Desa Mattiro Baji atau Pulau Saugi. Keadaan topografi Pulau Sabutung merupakan dataran dengan hutan dan semak belukar pada bagian tengah pulau. Pulau Sabutung terbentuk dari sedimen atau pengendapan material dasar laut yang akhir membentuk karang dan timbul ke permukaan hingga menjadi sebuah dataran. Kemiringan lereng pada Pulau Sabutung sekitar 0-3% dengan Morfologi pantai berpasir (Anonim, 2012).

Pulau Sabutung merupakan salah satu yang masuk dan ditetapkan sebagai Kawasan Konservasi Laut Daerah Kabupaten Pangkajene Kepulauan, sesuai dengan Surat Keputusan Bupati Pangkajene Kepulauan Nomor 180 Tahun 2009. Status

kepemilikan Pulau Sabutung yaitu milik masyarakat dan pulau ini dikelola dengan baik. Aksesibilitas Pulau Sabutung yaitu, dari Dermaga Maccini Baji di daerah pesisir Kecamatan Labakkang Kabupaten Pangkajene Kepulauan. Transportasi menuju ke Pulau Sabutung yaitu dengan menggunakan perahu motor penumpang, yang biasanya oleh masyarakat di sewa secara kolektif untuk menyebrang menuju daratan atau kembali ke pulau dengan biaya Rp 15.000/orang. Jarak tempuh dari Dermaga Maccini Baji ke Pulau Sabutung sekitar 30 menit. Daerah pantai ditumbuhi oleh vegetasi pantai seperti tumbuhan perdu, substrat terdiri dari pasir dan patahan karang mati. Lebar rataaan terumbu sekitar 500 m dari pantai, karang yang tumbuh berupa bongkahan-bongkahan kecil yang mengelompok (*patches*). Pada areal yang agak miring (*slope*) dengan kemiringan $\pm 45^\circ$ dimana di atasnya ditemukan karang batu dari jenis *Fungia* spp., *Montipora* spp., *Porites cylindrica* dan *Echinopora horrida*. Kecerahan pada saat pengamatan ± 5 m dan substrat dasarnya berupa patahan karang dan pasir. Pertumbuhan karang batu sampai kedalaman ± 4 m, selanjutnya kedalaman diatas 4 m tidak terlihat adanya pertumbuhan karang batu tetapi didominasi oleh pasir (Prayudha dan Makatipu, 2008; Anonim, 2012).

2.4 Radionuklida

Radionuklida terbagi menjadi dua yaitu, radionuklida primordial dan radionuklida kosmogenik. Radionuklida primordial adalah radionuklida yang terbentuk di permukaan bumi, sedang radionuklida kosmogenik terbentuk karena adanya interaksi nuklir antara radiasi kosmis dari angkasa luar dengan atom-atom yang ada di atmosfer bumi. Radionuklida kosmogenik yang cukup penting karena dapat

dimanfaatkan untuk penanggalan bahan-bahan yang mengandung senyawa organik adalah karbon-14 (^{14}C). Neutron yang dipancarkan dari reaksi inti radiasi kosmis primer akan kehilangan sebagian besar energinya melalui tumbukan dengan inti-inti atom di atmosfer. Neutron yang telah mencapai energi termik dapat ditangkap oleh unsur nitrogen-14 (^{14}N) yang membentuk kira-kira 78% isi atmosfer bumi. Penangkapan tersebut mendorong terjadinya reaksi inti sehingga terbentuk ^{14}C melalui proses $^{14}\text{N} (n, \beta^+) ^{14}\text{C}$. Produksi ^{14}C berlangsung terus di atmosfer bagian atas. Namun ^{14}C juga selalu melakukan peluruhan sehingga jumlahnya di atmosfer selalu konstan (East dkk, 2018).

2.5 Radiocarbon Dating

Salah satu metode yang sering dimanfaatkan untuk penentuan usia temuan benda kuno dalam bidang arkeologi adalah penanggalan radiokarbon (*radiocarbon dating*). Metode ini pertama kali dikembangkan oleh Willard F. Libby yang bekerjasama dengan James Arnold dan Ernest C. Anderson pada tahun 1940 di *Institute for Nuclear Studies*, Universitas California. Penanggalan radiokarbon bertumpu pada peluruhan unsur radioaktif alam ^{14}C , karena dapat memberikan hasil yang sangat memuaskan metode tersebut hingga kini masih tetap digunakan secara luas untuk penanggalan temuan-temuan arkeologi. Penanggalan radiokarbon adalah metode penanggalan absolut yang mapan dan matang secara luas diterapkan di berbagai bidang penelitian mulai dari ilmu arkeologi, hingga ilmu kelautan dan ilmu kehidupan. Dalam bidang arkeologi, menentukan usia benda purba merupakan salah satu kegiatan yang sangat penting, namun seringkali sangat sulit untuk dilakukan, terutama bila tidak

cukup atau bahkan tidak ada sama sekali bukti bukti sejarah yang mendukung (Quarta dkk, 2021).

2.6 Radioaktivitas

Radioaktivitas merupakan kapabilitas inti atom yang tidak stabil atau yang dikenal dengan radionuklida untuk berubah menjadi inti stabil dengan memancarkan radiasi. Proses perubahan tersebut dikenal dengan peluruhan. Zat radioaktif adalah materi yang memiliki kandungan radionuklida, sehingga peluruhan merupakan proses perubahan suatu unsur radioaktif menjadi unsur lainnya (Santiani, 2011). Oleh sebab itu, radioaktivitas merupakan transmudasi inti sebuah unsur akibat memancarkan zat radioaktif alfa, beta maupun gamma yang secara berurutan dikenal dengan inti helium, positron/elektron serta foton dengan energi tinggi (Malaka, 2019).

Peluruhan radioaktif merupakan proses terurainya beberapa inti atom yang terjadi secara spontan yang diikuti dengan pancaran partikel alfa (inti helium), partikel beta (elektron) dan radiasi gamma (gelombang elektromagnetik). Sinar-sinar yang dipancarkan tersebut merupakan sinar radioaktif, sedangkan zat yang memancarkan sinar radioaktif disebut dengan zat 13 radioaktif. Inti-inti atom ini tidak meluruh sekaligus pada suatu waktu tetapi satu per satu dalam selang waktu tertentu. Untuk itu maka zat radioaktif memiliki waktu paruh sebagai yang diperlukan suatu zat radioaktif agar sebagian atau setengah dari inti radioaktif meluruh (Fayanto dkk, 2016).

Nilai aktivitas alami rata-rata radiokarbon permukaan bumi dari beberapa negara yang mewakili bumi secara umum disajikan pada Tabel 1 (Libby, 1960; dalam Tenrisa'na dkk, 2018).

Tabel 1. Aktivitas alami sampel radiokarbon permukaan bumi

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

2.7.1 Besaran Radioaktivitas

Adapun beberapa besaran radioaktivitas adalah sebagai berikut (Syahrir, 2001):

1. Aktivitas

Aktivitas didefinisikan sebagai jumlah disintegrasi per detik dengan persamaan sebagai berikut:

$$Aktivitas = \frac{dA}{dt} = \lambda A_0 e^{-\lambda t} \quad (1)$$

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

Waktu paruh adalah interval waktu, selama mana aktivitas berkurang dengan separuhnya dengan persamaan sebagai berikut:

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

jika ini disubstitusikan dalam persamaan, maka:

$$\frac{A_0}{2} = A_0 e^{-\lambda t} \quad (3)$$

$$t_{1/2} = \ln \frac{2}{\lambda} = 0,693/\lambda \quad (4)$$

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

Waktu rata-rata merupakan 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 (Syahrir, 2001).

2.7 Absorpsi CO₂

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. Absorpsi fisika terjadi karena adanya beda konsentrasi. Pada absorpsi fisika, energy yang dibutuhkan untuk regenerasi larutan jauh lebih rendah dari pada absorpsi kimia karena tidak diperlukan tambahan energy untuk regenerasi larutan, cukup menurunkan tekanan sebagai *driving force* (gaya dorong). Contoh pengaplikasiannya 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, maka nilai koefisien perpindahan massa menjadi lebih besar dibandingkan tanpa absorpsi kimia (Kumoro dan Hardiyanto,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 dianggap tidak ekonomis dan efisien, karena hanya dapat dianalisis satu sampel sehari (Tenriana dkk., 2018).

Pada dua dekade terakhir telah diadopsi metode baru, yaitu metode absorpsi CO₂. Metode absorpsi CO₂ sering disebut juga metode *direct counting* ¹⁴CO₂, karena aktivitas sampel ¹⁴C dalam CO₂ langsung dicacah dengan pencacah sintilasi cair dan kemudian dikonversi menjadi umur. Preparasi sampel dengan metode ini melibatkan pemakaian bahan kimia penyerap CO₂ yang pada umumnya tersedia dalam bentuk larutan *Carbosorb* dan larutan sintilasi (sintilator) (Siregar dan Satrio, 2012). Menurut Eikenberg, J., (2013), bahwa metode absorpsi CO₂ merupakan metode preparasi yang paling sederhana, murah, cepat dan efisien untuk *Liquid Scintillation Counting* (LSC).

Absorpsi CO₂ dapat dengan cepat digunakan untuk menentukan peningkatan kontaminasi ¹⁴C di lingkungan, contohnya pada kontaminasi radiasi nuklir.

2.8 *Liquid Scintillation Counting (LSC)*

Liquid Scintillation Counting (LSC) adalah teknik yang digunakan dalam mendeteksi dan mengukur jumlah radioaktivitas dari radionuklida. Metode LSC menggunakan sampel radioaktivitas yang dimasukkan dalam vial sintilasi dan ditambahkan dengan campuran *scintillator* khusus. LSC digunakan dalam mendeteksi dan menentukan jumlah dari radiasi partikel alpha dan beta yang dipancarkan oleh isotop radioaktif. Dalam sistem pengukuran menggunakan LSC tidak terjadi penyerapan radiasi oleh medium sampel itu sendiri karena sampel dilarutkan secara homogen dalam campuran yang terdiri dari pelarut dengan sintilator cair. Dengan sistem yang homogen tersebut memungkinkan sampel dapat berinteraksi secara langsung dengan sintilator cair (Putra, 2016).

Karbon-14 merupakan radionuklida pemancar beta murni energi rendah (E_{β} : 0,155 MeV), dan aktivitas spesifiknya pada sampel jasad hidup sangat rendah, meskipun sampel tersebut masih segar. Oleh sebab itu, untuk keperluan pencacahan radiasi yang dipancarkan oleh ¹⁴C ini memerlukan pencacah khusus dengan radiasi latar yang sangat rendah (LBC, *low background counter*), sehingga didapatkan ketelitian yang tinggi dalam menginterpretasi data hasil cacahan sampel. Pencacahan ¹⁴C dalam bentuk senyawa benzena dapat dilakukan menggunakan pencacah pendar cair (LSC, *liquid scintillation counter*). Hingga kini telah banyak instrumentasi radiasi yang dapat dipakai untuk mengukur radiasi dengan intensitas yang sangat rendah. Oleh

sebab itu, penanggalan radiokarbon ini mampu memberikan hasil pengukuran yang paling akurat dibandingkan metode penanggalan lainnya (Yuliati dan Akhadi, 2005).

LSC Hidex 300 SL merupakan instrumen revolusioner yang menggabungkan tiga tabung PMT (*Photomultiplier Tube*) pada sistem detektor untuk mengoptimalkan pengukuran geometri dan memungkinkan perhitungan efisiensi pencacahan dengan metode *Triple to Double Coincidence Ratio* (TDCR). Alat ini digunakan untuk mengukur nilai cacahan sampel di setiap botol khusus (*vial*) yang terdapat dalam rak sampel. Hidex 300 SL memiliki dua rak sampel dengan kapasitas masing-masing 96 vial untuk kapasitas 7 mL setiap vial dan 40 vial untuk kapasitas 20 mL. Alat Hidex 300 SL diperlihatkan pada Gambar 4 (Wisser, 2013).



Gambar 4. Alat LSC Hidex 300 SL (Wisser, 2013).

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. LSC Hidex 300 SL ideal

untuk semua aplikasi penghitungan sintilasi rutin. Misalnya pemantauan rutin penghasil beta di pembangkit listrik tenaga nuklir mudah dilakukan dengan Hidex 300 SL. Hasil dapat dicetak dengan perhitungan ketidakpastian yang diperlukan sehingga memberikan operasi bebas gangguan tanpa perlu analisis data lebih lanjut (Wisser, 2013).

Pada metode LSC (*Liquid Scintillation Counting*), sampel yang mengandung radionuklida dilarutkan atau disuspensikan dalam larutan sintilator yang sesuai di dalam *glass vial* atau plastik. Partikel radioaktif dalam sampel yang terlarut dalam larutan sintilator akan bertumbukan dengan molekul pelarut menyebabkan molekul pelarut menjadi tereksitasi dan hal ini menyebabkan molekul sintilator memancarkan foton. Foton tersebut akan dideteksi oleh PMT sehingga pulsa listrik yang dihasilkan sebanding dengan energi partikel radioaktif (Jumianti dkk., 2017).