

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara kepulauan terbesar di dunia yang wilayah lautnya mencapai lebih dari dua pertiga total luas wilayah nasional. Laut Indonesia memiliki peran strategis tidak hanya sebagai penghubung antarwilayah, tetapi juga sebagai bagian penting dari sistem oseanografi global dan siklus biogeokimia laut dunia (Nontji, 2015). Interaksi antara perairan tropis yang hangat, intensitas radiasi matahari yang tinggi, serta aktivitas biologis yang intensif menjadikan perairan Indonesia sebagai wilayah dengan dinamika karbon laut yang kompleks dan aktif (Gattuso et al., 2015). Dalam konteks global, laut berperan sebagai penyerap utama karbon dioksida (CO_2) atmosfer melalui pertukaran gas, sehingga perubahan kimia perairan laut tropis berimplikasi langsung terhadap keseimbangan karbon regional dan global (Zeebe dan Wolf-Gladrow, 2010).

Peningkatan emisi CO_2 akibat aktivitas antropogenik telah menyebabkan peningkatan konsentrasi karbon dioksida di atmosfer dan laut. Sekitar sepertiga dari CO_2 antropogenik diserap oleh laut, yang selanjutnya memicu perubahan sistem karbonat laut dan penurunan pH perairan, suatu fenomena yang dikenal sebagai *ocean acidification* (Allemand et al., 2019). Proses ini menggeser kesetimbangan karbonat laut dengan menurunkan konsentrasi ion karbonat (CO_3^{2-}) dan meningkatkan dominasi spesies karbon anorganik terlarut dalam bentuk bikarbonat (HCO_3^-), sehingga mengurangi kejenuhan mineral kalsium karbonat seperti aragonit dan kalsit (Zeebe dan Wolf-Gladrow, 2010). Perubahan ini berdampak signifikan terhadap organisme laut penghasil kalsium karbonat, khususnya terumbu karang, karena proses pembenturan kerangka kalsium karbonat (CaCO_3) sangat bergantung pada ketersediaan ion karbonat di perairan. Penurunan pH dan kejenuhan karbonat dapat menghambat pembentukan kerangka kalsium karbonat serta meningkatkan kerentanan terumbu karang terhadap pelarutan (Gattuso et al., 2015).

Terumbu karang merupakan ekosistem laut yang dibangun oleh organisme penghasil kalsium karbonat (CaCO_3). Kerangka kalsium karbonat yang dihasilkan karang tidak hanya berfungsi sebagai struktur fisik ekosistem, tetapi juga berperan sebagai arsip lingkungan laut. Proses pertumbuhan kerangka karang yang berlangsung secara berlapis memungkinkan terumbu karang merekam informasi kimia perairan secara kronologis, termasuk perubahan sistem karbon laut dari waktu ke waktu (Druffel, 2014). Komposisi kimia karang pada khususnya kandungan karbon anorganik, merefleksikan kondisi karbon terlarut di perairan laut pada saat pembentukan kerangka, sehingga sensitif terhadap variasi pertukaran CO_2 udara–laut dan proses biogeokimia karbon (Zeebe dan Wolf-Gladrow, 2010). Oleh karena itu, terumbu karang banyak dimanfaatkan dalam studi perubahan iklim, dinamika karbon laut, serta rekonstruksi kondisi oseanografi masa lalu, baik melalui analisis isotop karbon stabil maupun radioaktif yang terinkorporasi dalam matriks CaCO_3 (Guilderson et al., 2015).

Salah satu wilayah laut Indonesia yang memiliki kompleksitas oseanografi dan ekologi tinggi adalah Kepulauan Spermonde di perairan Selat Makassar. Kepulauan

Spermonde terletak dalam kawasan Segitiga Karang dan memiliki sistem terumbu karang yang luas dengan gradien lingkungan yang bervariasi, mulai dari pulau-pulau dekat daratan hingga pulau-pulau yang berhadapan langsung dengan laut lepas (Cleary et al., 2016). Penyebaran terumbu karang pada Kepulauan Spermonde memiliki 78 genera dan sub genera dengan total spesies yang dimiliki mencapai 262 spesies yang mana sekitar 80-87% terdapat pada daerah terumbu luar (Nyompa, 2022). Variasi kondisi lingkungan tersebut memengaruhi kualitas perairan, laju sedimentasi, serta proses biogeokimia karbon di wilayah ini. Kepulauan Spermonde telah lama menjadi lokasi penting bagi penelitian lingkungan laut karena kemampuannya merepresentasikan dinamika karbon laut tropis secara spasial dan temporal (Tenrisa'na et al., 2021).

Salah satu pulau di Kepulauan Spermonde yang memiliki potensi besar untuk kajian lingkungan laut adalah Pulau Karanrang. Karanrang adalah nama sebuah pulau kecil berpenghuni yang berada di gugusan Kepulauan Spermonde, perairan Selat Makassar dan secara administratif masuk pada wilayah Desa Mattiro Bulu, Kecamatan Liukang Tupabbiring Utara, Kabupaten Pangkajene dan Kepulauan, Sulawesi Selatan, Indonesia. Pulau Karanrang memiliki wilayah seluas 213.558,7460980 m² (Farid et al., 2013). Berdasarkan penelitian yang dilakukan Nurjirana et al. (2017) persentase tutupan karang hidup pada pulau karanrang Kepulauan Spermonde didapatkan hasil yang termasuk kategori baik yaitu sebanyak 57,5% yang didominasi oleh Coral branching dan Coral foliosa. Kondisi tersebut memungkinkan terjadinya akumulasi karbonat secara berkelanjutan dalam kerangka karang, sehingga informasi kimia perairan laut dapat terekam dengan baik.

Selain sebagai indikator ekologi, terumbu karang juga merupakan arsip isotop karbon laut. Karbon yang tergabung ke dalam kerangka karang berasal dari karbon anorganik terlarut di laut, sehingga komposisi isotop karbon dalam CaCO₃ mencerminkan kondisi sistem karbon laut pada saat pembentukan kerangka tersebut (Guilderson et al., 2015). Isotop karbon terdiri atas isotop stabil dan isotop radioaktif yang masing-masing memberikan informasi berbeda terkait sumber, proses, dan dinamika karbon. Salah satu isotop radioaktif karbon yang banyak digunakan dalam studi lingkungan laut adalah karbon-14 (¹⁴C). Karbon-14 terbentuk secara alami di atmosfer dan masuk ke dalam sistem laut melalui pertukaran gas udara-laut. Aktivitas ¹⁴C dalam karbonat laut mencerminkan dinamika pertukaran karbon antara atmosfer dan laut serta proses sirkulasi massa air laut (McNichol dan Aluwihare, 2019). Oleh karena itu, pengukuran aktivitas ¹⁴C pada terumbu karang banyak dimanfaatkan untuk penentuan umur relatif, studi sirkulasi laut, serta rekonstruksi perubahan lingkungan laut (Santos et al., 2016).

Metode penentuan umur menggunakan ¹⁴C yang telah dilakukan dengan menghitung C₆H₆ menggunakan penghitung sintilasi cair. Namun, metode ini dilakukan dengan persiapan sampel yang cukup rumit, memakan waktu, dan membutuhkan pertimbangan keterampilan teknis yang dianggap tidak ekonomis dan tidak efisien. Dengan latar belakang tersebut, diterapkan metode baru yaitu penyerapan CO₂ sebagai metode alternatif yang mulai digunakan dalam dua dekade terakhir (Satrio dan abidin, 2007). Pendekatan penyerapan CO₂ didasarkan pada prinsip dasar yang sama dengan metode benzena-LSC. Perbedaan utamanya adalah CO₂ yang dihasilkan dari sampel diserap langsung ke dalam koktail yang sesuai dengan afinitas CO₂ yang tinggi dan

langsung dihitung oleh LSC tanpa perubahan lebih lanjut. Metode ini sederhana, aman, dan menghasilkan pengurangan waktu dan biaya analisis yang signifikan dibandingkan dengan metode konvensional. Senyawa hidroksida, seperti KOH dan NaOH dapat menjadi alternatif penyerap dalam pengukuran radiokarbon pada sampel terumbu karang dengan LSC melalui penyerapan langsung CO_2 praperlakuan (Canducci et al., 2013).

Tahap pelepasan dan penangkapan CO_2 merupakan bagian kritis dalam analisis radiokarbon. Pada tahap ini, karbonat dalam sampel direaksikan dengan asam kuat untuk menghasilkan gas CO_2 , yang selanjutnya harus ditangkap secara efisien agar seluruh karbon dalam sampel dapat dianalisis. Kehilangan sebagian CO_2 pada tahap ini dapat menyebabkan ketidakakuratan hasil pengukuran aktivitas ^{14}C dan berpotensi menimbulkan kesalahan interpretasi data (McNichol dan Aluwihare, 2019). Oleh karena itu, pemilihan absorben CO_2 yang efektif menjadi aspek metodologis yang sangat penting dalam analisis radiokarbon. Larutan basa kuat seperti natrium hidroksida (NaOH) dan kalium hidroksida (KOH) merupakan absorben CO_2 yang umum digunakan dalam analisis karbon dan radiokarbon. Kedua senyawa ini mampu bereaksi cepat dengan CO_2 membentuk karbonat dan bikarbonat yang relatif stabil (Skoog et al., 2014). Meskipun NaOH dan KOH sama-sama bersifat basa kuat, perbedaan sifat fisikokimia antara ion Na^+ dan K^+ , terutama ukuran ion dan energi hidrasi, memengaruhi mobilitas ion serta kinetika absorpsi CO_2 dalam larutan basa (Li et al., 2019). Selain itu, perbedaan jenis kation juga berpengaruh terhadap sifat fisik larutan, seperti viskositas dan struktur solvasi air, yang pada akhirnya memengaruhi efisiensi penyerapan CO_2 , khususnya pada larutan KOH dan NaOH dengan konsentrasi setara (Zhang et al., 2021). Dalam konteks analisis radiokarbon, perbedaan ini menjadi penting karena efisiensi penangkapan CO_2 secara langsung secara langsung memengaruhi jumlah karbon yang tersedia untuk dianalisis. Selain itu, variasi konsentrasi perlu dibandingkan karena peningkatan konsentrasi basa meningkatkan ketersediaan ion OH^- sebagai spesies reaktif, yang terbukti mempercepat laju reaksi dan meningkatkan kapasitas absorpsi CO_2 hingga mencapai titik kejenuhan larutan (Aboudheir et al., 2003).

Sejumlah penelitian terkait perbandingan absorben telah dilakukan dan umumnya hanya membandingkan absorben dan belum ada yang membandingkan konsentrasi. Penelitian sebelumnya oleh Hartoko et al. (2016) membandingkan kapasitas absorben senyawa hidroksida menunjukkan bahwa perbedaan efisiensi absorpsi antara NaOH dan KOH, di mana KOH memiliki kapasitas absorpsi CO_2 sedikit lebih tinggi (0,450 mol CO_2 /mol KOH) dibandingkan NaOH (0,425 mol CO_2 /mol NaOH). Sedangkan penelitian yang dilakukan oleh Saputra (2025) melakukan perbandingan efektivitas absorben NaOH dan KOH yang menunjukkan efisiensi penyerapan CO_2 menggunakan KOH sebesar 51,35% dan NaOH sebesar 77,5%. Namun, penelitian tersebut belum secara khusus membandingkan efisiensi absorpsi NaOH dan KOH dengan variasi konsentrasi. Padahal, aspek metodologis ini berpotensi memengaruhi keandalan dan reproduktibilitas hasil pengukuran radionuklida karbon-14. Berdasarkan uraian tersebut, diperlukan penelitian yang membandingkan efektivitas konsentrasi natrium hidroksida dan kalium hidroksida sebagai absorben CO_2 pada preparasi sampel terumbu karang. Penelitian ini dilakukan pada terumbu karang Pulau Karanrang, Kepulauan Spermonde, dengan variasi konsentrasi larutan absorben. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan

dasar metodologis yang lebih kuat dalam pemilihan absorben CO_2 untuk analisis radiokarbon, khususnya pengukuran aktivitas ^{14}C pada sampel karbonat laut, serta mendukung peningkatan akurasi dan kualitas data radiokimia lingkungan.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. berapakah efektivitas NaOH 0,5 N, NaOH 1 N, NaOH 1,5 N, KOH 0,5 N, KOH 1 N, dan KOH 1,5 N sebagai absorben CO_2 pada preparasi sampel terumbu karang pulau karanrang kepulauan spermonde?
2. manakah konsentrasi NaOH dan KOH yang paling efektif untuk digunakan sebagai absorben CO_2 pada preparasi sampel terumbu karang pulau karanrang kepulauan spermonde?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. mengevaluasi efektivitas NaOH 0,5 N, NaOH 1 N, NaOH 1,5 N, KOH 0,5 N, KOH 1 N, dan KOH 1,5 N sebagai absorben CO_2 pada terumbu karang Pulau Karanrang Kepulauan Spermonde
2. menentukan konsentrasi NaOH dan KOH yang paling efektif untuk digunakan sebagai absorben CO_2 pada terumbu karang Pulau Karanrang Kepulauan spermonde

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah memberikan kontribusi ilmiah dalam bidang kimia radiokimia, khususnya terkait metode preparasi sampel karbonat untuk analisis radionuklida ^{14}C . Hasil penelitian ini dapat memperkaya kajian tentang efektivitas larutan hidroksida sebagai absorben CO_2 serta menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan pengukuran radiokarbon pada terumbu karang dan material karbonat lainnya.

BAB II

METODE PENELITIAN

2.1 Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu sampel terumbu karang Pulau Karanrang Kepulauan Spermonde, H_2O_2 30%, NaOH 1 N, NaOH 0,5 N, HClO_4 1 N, gas N_2 HP (*High Purity*), HCl 10%, NaOH (Merck), KOH (Merck), AgNO_3 (Merck), silika gel, phenolptalin, metil *orange*, kertas saring, dan akuades.

2.2 Alat Penelitian

Alat-alat yang digunakan adalah alat-alat gelas yang umum digunakan dalam laboratorium, labu semprot, buret, *bulb*, labu leher tiga, tabung gas nitrogen, katup, corong pisang, tabung *inping*, statif, sarung tangan, keranjang, oven, palu, GPS, sonikator, *cyclo disc*, dan alat *snorkelling*.

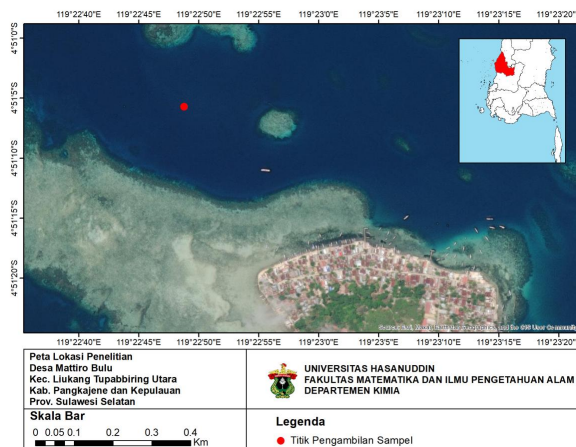
2.3 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan April-November 2025, pengambilan sampel dilakukan di Pulau Karanrang, Kepulauan Spermonde, Kabupaten Kepulauan Pangkajene. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Kimia Radiasi Departemen Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin, Laboratorium Kimia Fisika Departemen Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin, dan Laboratorium Terpadu Teknik Kimia Politeknik Negeri Ujung Pandang.

2.4 Prosedur Penelitian

2.4.1 Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel dilakukan di Pulau Karanrang Desa Mattiro Bulu, Kec. Liukang Tupabbiring Utara, Kab. Pangkajene dan Kepulauan, Prov. Sulawesi Selatan dengan lokasi pengambilan pada koordinat S $4^{\circ}51'05.7''$ E $119^{\circ}22'48.8''$ dengan kedalaman 5 meter dari permukaan laut. Pengambilan sampel terumbu karang dibantu oleh warga lokal yang bisa menyelam menggunakan alat bantu SCUBA.



Gambar 1. Peta lokasi pengambilan sampel

2.4.2 Pembuatan Larutan NaOH 1 N

Padatan NaOH ditimbang sebanyak 20 g ke dalam gelas kimia lalu dilarutkan dengan akuades. Larutan dimasukkan kedalam labu ukur 500 mL lalu ditambahkan akuades dan dihomogenkan.

2.4.3 Pembuatan Larutan HClO₄ 1%

Larutan HClO₄ 70% dipipet sebanyak 7,1 mL lalu dimasukkan kedalam labu ukur 500 mL lalu ditambahkan akuades dan dihomogenkan.

2.4.4 Pembuatan Larutan HCl 10%

Larutan HCl 37% dipipet sebanyak 135 mL lalu dimasukkan kedalam labu ukur 500 mL lalu ditambahkan akuades dan dihomogenkan.

2.4.5 Pembuatan NaOH 0,5 N

Padatan NaOH p.a ditimbang sebanyak 1 g ke dalam gelas kimia lalu dilarutkan dengan akuades. Larutan dimasukkan kedalam labu ukur 50 mL lalu ditambahkan akuades hingga tanda batas.

2.4.6 Pembuatan NaOH 1 N

Padatan NaOH p.a ditimbang sebanyak 2 g ke dalam gelas kimia lalu dilarutkan dengan akuades. Larutan dimasukkan kedalam labu ukur 50 mL lalu ditambahkan akuades hingga tanda batas.

2.4.7 Pembuatan NaOH 1,5 N

Padatan NaOH p.a ditimbang sebanyak 3 g ke dalam gelas kimia lalu dilarutkan dengan akuades. Larutan dimasukkan kedalam labu ukur 50 mL lalu ditambahkan akuades hingga tanda batas.

2.4.8 Pembuatan KOH 0,5 N

Padatan KOH p.a ditimbang sebanyak 1,4 g ke dalam gelas kimia lalu dilarutkan dengan akuades. Larutan dimasukkan kedalam labu ukur 50 mL lalu ditambahkan akuades hingga tanda batas.

2.4.9 Pembuatan KOH 1 N

Padatan KOH p.a ditimbang sebanyak 2,8 g ke dalam gelas kimia lalu dilarutkan dengan akuades. Larutan dimasukkan kedalam labu ukur 50 mL lalu ditambahkan akuades hingga tanda batas.

2.4.10 Pembuatan KOH 1,5 N

Padatan KOH p.a ditimbang sebanyak 4,2 g ke dalam gelas kimia lalu dilarutkan dengan akuades. Larutan dimasukkan kedalam labu ukur 50 mL lalu ditambahkan akuades hingga tanda batas.

2.4.11 Pencucian Sampel Terumbu Karang (Adkins et al., 2002).

Pencucian merupakan tahap awal dalam preparasi sampel sebelum pemisahan karbonat sampel. Pencucian dilakukan dengan dua tahap yaitu pencucian fisik dan pencucian kimia.

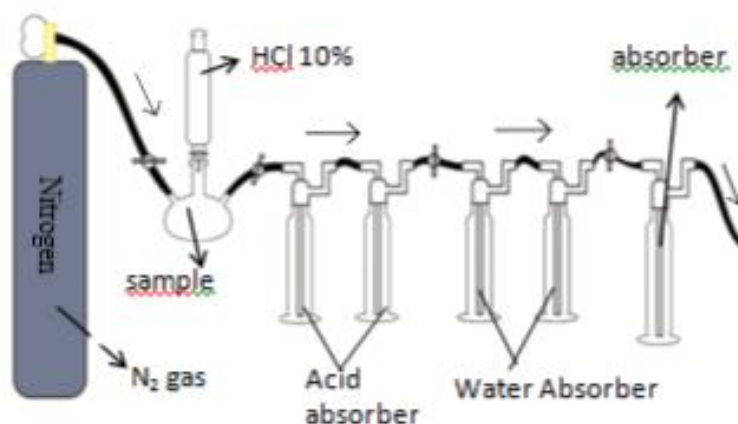
Pencucian Fisik (Pencucian Tahap Awal). Sampel terumbu karang dicuci pada air mengalir dengan disikat beberapa kali yang dilanjutkan dengan pembilasan dengan aquades hingga bersih. Setelah pencucian fisik, sampel terumbu karang ditempatkan dalam wadah dan dikeringkan. Kemudian terumbu karang dipotong menjadi beberapa potongan kecil.

Pencucian Kimia (Pencucian Tahap Kedua). Pencucian kimia dimulai dengan perendaman sampel terumbu karang ke dalam H_2O_2 30% dan NaOH 1 N 1:1 dalam gelas kimia 250 mL dan diultrasonik selama ± 10 menit. Kemudian larutan pencuci dipisahkan dari sampel dengan sesekali sampel disikat dan dibilas kembali dengan akuades untuk menghilangkan noda hitam yang berada pada sela tersempit sampel. Selanjutnya sampel terumbu karang direndam kembali dalam H_2O_2 30% dan HClO_4 1 N 1:1 dalam gelas kimia 250 mL selama 30 detik sampai 2 menit. Proses terakhir dalam pencucian kimia adalah sampel terumbu karang dilakukan pembilasan kembali dengan akuades yang dilakukan berulang kali. Selanjutnya, sampel terumbu karang dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C sampai kering. Untuk menghitung bobot sampel yang hilang dapat dihitung melalui persamaan 1.

$$\% \text{ Berat Sampel yang Hilang} = \frac{\text{Bobot Sampel yang Hilang}}{\text{Bobot Sampel Sebelum Pencucian}} \times 100 \% \quad (1)$$

2.4.12 Absorpsi Karbon Dioksida

Sampel terumbu karang kering yang telah ditimbang beratnya dihaluskan dengan *cyclo disc* hingga menjadi serbuk halus. Karbon pada sampel terumbu karang sebagai CaCO_3 diekstraksi sebagai gas CO_2 setelah direaksikan dengan HCl 10%. Gas CO_2 kemudian akan diserap oleh NaOH (0,5 N, 1 N, dan 1,5 N) dan KOH (0,5 N, 1 N, dan 1,5 N) sebagai absorben. Sebelum proses absorpsi, rangkaian alat yang disiapkan meliputi tabung gas N_2 , labu leher tiga, corong pisah dan alat absorpsi CO_2 (Satrio dan Sidauruk, 2010).



Gambar 2. Rangkaian alat absorpsi CO₂

Keterangan:

1. Tabung gas Nitrogen
2. Katup
3. Corong pisah
4. Labu leher 3
5. Tabung *impinger* berisi AgNO₃
6. Tabung *impinger* berisi silica gel
7. Tabung *impinger* berisi absorben NaOH atau KOH

Gas CO₂ yang dihasilkan dialirkan pada rangkaian alat absorpsi melalui *impinger* yang masing-masing berisi kertas saring yang telah dibasahi AgNO₃ untuk menyerap asam dan silica gel untuk menyerap air ikut terbawa. Di akhir rangkaian, sampel ditampung pada kolom yang berisikan cairan absorpsi. Aliran gas N₂ dihentikan dan semua keran ditutup. Larutan hasil absorpsi sebelum dan setelah proses absorpsi ditimbang untuk mengetahui perubahan massa yang terjadi yang kemudian digunakan untuk menentukan total CO₂ dalam sampel terumbu yang berhasil diserap.

2.4.13 Penentuan Total Karbon dan Efisiensi Penyerapan

Total karbon dalam sampel hasil absorpsi (Na₂CO₃ dan K₂CO₃) dapat dihitung dengan metode Warder titrasi dua indikator yaitu phenolphthalein dan metil orange serta menggunakan titran HCl. Sampel hasil absorpsi dipipet sebanyak 10 mL ke dalam erlenmeyer 250 mL dan ditambahkan indikator phenolphthalein 2-3 tetes. Setelah ditambah indikator phenolphthalein sampel akan berwarna merah muda menandakan adanya sisa basa dalam sampel. Selanjutnya dilakukan titrasi pertama untuk menentukan V₁ menggunakan HCl 0,5 N hingga warna merah muda hilang. Setelah itu ditambahkan indikator metil orange 2-3 tetes, lalu titrasi kembali menggunakan HCl 0,5 N hingga perubahan warna menjadi orange/merah lalu catat volume total HCl V₂. Prosedur penentuan total karbon dilakukan secara duplo. Jumlah total karbon dapat ditentukan melalui persamaan 2.

$$\text{Massa CO}_2 \text{ (g)} = \frac{(V_2 - V_1) \times M \text{ HCl} \times \text{FP} \times \text{Mr CO}_2}{1000} \quad (2)$$