

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia memiliki total 3,3 juta hektar hutan mangrove yang merupakan hutan mangrove terluas di dunia dan mencakup 50% dari hutan mangrove Asia, di mana ekosistem mangrove di Indonesia merupakan yang terbesar di dunia (Verisandria et al. 2018). Ekosistem ini memainkan peran yang sangat penting secara ekologis, sosial budayadan ekonomi. Fungsi ekologis ekosistem mangrove di antaranya penyerapan karbon, remediasi erosi, polutan dan intrusi air laut (Alongi 2014). Bagi masyarakat pesisir, perlindungan terhadap hutan mangrove merupakan langkah mitigasi dan adaptasi yang efektif terhadap krisis iklim (Joetidawati 2017). Pemanasan global dapat berdampak pada perubahan iklim dan kenaikan permukaan air laut akibatnya dapat terjadi bencana alam seperti erosi, banjir dan pergeseran lahan basah serta perubahan kualitas air (Donato et al. 2011). Salah satu upaya mitigasi yang dapat dilakukan yaitu dengan membatasi penggunaan energi serta menjaga keseimbangan konsentrasi gas rumah kaca, sedangkan potensi negara maritim dalam menghadapi perubahan iklim terletak pada kemampuan ekosistem pesisir sebagai penyerap karbon (Rahman et al. 2024).

Penyerapan karbon oleh ekosistem mangrove berkontribusi langsung dalam mengurangi konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer yang merupakan penyebab utama efek rumah kaca dan pemanasan global (Alongi 2014). Peningkatan gas-gas efek rumah kaca sebagai hasil berbagai aktivitas manusia dapat menyebabkan terjadinya pemanasan global. Salah satu dampak dari pemanasan global yaitu perubahan iklim (Ainurrohman and Sudarti 2022). Dampak dari perubahan iklim ini yaitu mencairnya gunung es di daerah kutub yang dapat menyebabkan kenaikan permukaan air laut (Anggraeni et al. 2023). Peningkatan permukaan air laut ini merupakan ancaman serius bagi ekosistem pesisir, termasuk ekosistem mangrove yang sensitif terhadap perubahan muka air laut (Akram and Hasnidar 2022).

Ekosistem hutan mangrove di Indonesia memiliki potensi besar sebagai penyerap karbon di wilayah pesisir yang terdapat secara ekologis bahwa hutan mangrove berperan penting dalam mitigasi perubahan iklim dan pemanasan global (Donato et al. 2011). Potensi cadangan karbon di ekosistem ini jauh lebih besar dibandingkan ekosistem hutan lainnya, karena mangrove mampu menyimpan karbon empat kali lebih banyak dibandingkan vegetasi darat lainnya (Lamusu and Arifin 2024). Hal ini disebabkan oleh proses pembusukan bahan organik yang lambat, sehingga mangrove lebih berfungsi sebagai penyerap karbon dari pada sebagai sumber karbon (Alongi 2014). Ekosistem mangrove mengakumulasi karbon melalui berbagai bagian tanaman seperti batang, daun, ranting, akar serta melalui sedimen (Kusuma et al. 2024). Sedimen mangrove memainkan peran besar sebagai media simpan karbon jangka panjang karena akumulasi bahan organik seperti guguran daun dan ranting yang terdekomposisi oleh mikroorganisme (Pangastuti et al. 2025).

Kemampuan sedimen dalam menyimpan karbon pada ekosistem pesisir diperkirakan di atas 50% yang menjadikan simpanan karbon di hutan mangrove lebih besar dari pada simpanan karbon di ekosistem hutan lainnya (Irawati et al. 2021).

Keberadaan mangrove di wilayah pesisir sangat diyakini sebagai salah satu upaya penurunan kandungan CO₂ dari atmosfer (Imburi et al. 2024). Mangrove merupakan parameter *blue carbon*, karena peranannya dalam memanfaatkan CO₂ untuk fotosintesis dan menyimpannya dalam bentuk biomassa dan sedimen (Marchand et al. 2003). Hutan mangrove menyimpan karbon di permukaan tanah dan bawah permukaan tanah, dengan sebagian besar karbon tersimpan dalam sedimen (Donato et al. 2011). Dalam sedimen mangrove yang kaya bahan organik dapat menyumbang sekitar 49–98% dari total penyimpanan karbon (Sanderman et al. 2017). Peningkatan CO₂ atmosfer yang berkontribusi terhadap pemanasan global sangat mungkin dikurangi melalui sequestrasi karbon ke dalam tanah (Siringoringo 2013). Sumber sedimen pada hutan mangrove berasal dari daratan, lautan serta guguran daun, ranting dan organisme mati yang terdekomposisi di daerah mangrove (Adame et al. 2010). Sedimen tersebut kaya akan bahan organik dan mineral yang mendukung pertumbuhan mangrove dan karakteristik substrat menjadi faktor penting dalam produktivitas biomassa serta kandungan karbon tanah (Wahyuningsih et al. 2024).

Biomassa merujuk pada total bahan organik hidup yang berada di atas permukaan tanah pada pohon mencakup daun, ranting, cabang, batang utama dan kulit, yang dihitung berdasarkan berat kering oven per satuan luas ton/ha (Sun et al. 2020). Dalam ekosistem hutan mangrove kandungan karbon berasal dari biomassa hidup, biomassa mati dan tanah (Handavu et al. 2021). Diperkirakan sekitar 45–50 % dari berat kering tanaman terdiri atas karbon yang menjadi dasar konversi biomassa menjadi stok karbon (T. Vashum 2012). Biomassa memiliki fungsi penting sebagai penyimpan karbon yang dikenal sebagai tempat penyimpanan karbon yang mencakup bagian tumbuhan jatuh ke tanah baik yang masih hidup maupun yang telah mati (Khan et al. 2025). Kandungan karbon dalam tanaman menunjukkan seberapa besar kemampuan tanaman menyerap CO₂ dari atmosfer melalui struktur seperti selulosa pada batang, akar, ranting dan daun (Doraisami et al. 2024).

Karbon sedimen merupakan karbon yang berasal dari seluruh bahan organik pada tanah yang diambil dengan kedalaman tertentu meliputi akar maupun serasah berukuran kecil dengan diameter tidak mencapai 2 mm (Li et al. 2024). Sedimen berperan sebagai media tumbuh dan tempat berbagai komponen termasuk karbon tersimpan dan terakumulasi dengan kemampuan tanah penyimpan karbon yang dapat bertahan hingga ribuan tahun serta mencapai kedalaman sampai 6 meter dari permukaan tanah (Muazzasari et al. 2025). Endapan sedimen pada kawasan hutan mangrove mampu mengurangi erosi, sehingga terjadi peningkatan penyerapan karbon organik yang memegang peranan penting dalam keseimbangan ekosistem. Hutan Mangrove dianggap sebagai alat yang sangat efektif dalam menjaga keseimbangan iklim dan memperlambat kenaikan muka air laut di kawasan tropis dan sub-tropis serta menjadi pelindung utama ekosistem padang lamun dan terumbu

karang dari sedimentasi (Kristensen et al., 2008). Selain itu, komposisi sedimen juga berperan penting terhadap kandungan karbon organik yang terdapat pada bagian bawah tanaman karena pada sedimen terdapat aktivitas pertukaran gas oksigen dan karbondioksida sehingga besar kecilnya partikel pada sedimen juga berpengaruh langsung terhadap kandungan karbon yang ada pada kawasan tersebut (Alongi 2012). Hal ini yang menunjukkan bahwa ekosistem mangrove juga mampu berperan dalam upaya mitigasi dan perubahan iklim dunia (Fitria 2021).

Kabupaten Maros merupakan daerah yang berdekatan dengan ibukota provinsi Sulawesi Selatan, dimana aktivitas yang terjadi cukup tinggi sehingga akan berpotensi menghasilkan emisi gas rumah kaca yang tinggi (Rompegading and Handayani 2023). Potensi sumberdaya alam yang terdapat di Kabupaten Maros cukup tinggi dan memiliki wilayah pesisir dengan garis pantai sepanjang ± 27 km (Ansari et al. 2024). Salah satu diantaranya adalah potensi ekosistem pesisir sebagai penyerap karbon yang terdapat pada kawasan pesisir di Kecamatan Borong Kalukua dan Bonto Bahari, Kabupaten Maros, memiliki ekosistem mangrove yang berpotensi besar dalam menyerap dan menyimpan karbon, baik melalui biomassa maupun sedimen (Saru et al. 2018).

Mangrove di kedua wilayah ini memainkan peran penting dalam mitigasi perubahan iklim karena kemampuannya menyerap karbon dioksida dari atmosfer secara efisien (Alongi 2012). Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa hutan mangrove dapat menyimpan karbon sebesar 102–150 ton C/ha pada biomassa di atas permukaan tanah dan hingga lebih dari 1.000 ton C/ha ketika termasuk kandungan karbon dalam sedimen (Donato et al. 2011). Keberadaan mangrove yang relatif terjaga di Borong Kalukua dan Bonto Bahari menunjukkan bahwa kawasan ini memiliki nilai strategis dalam pengelolaan karbon biru (Rahman et al. 2024). Ekosistem mangrove ini memiliki potensi signifikan dalam penyerapan dan penyimpanan karbon, baik melalui biomassa vegetasi maupun akumulasi karbon dalam sedimen (Murdiyarto et al. 2015).

Berdasarkan uraian di atas, maka dari itu perlu dilakukan penelitian yang terfokus untuk mengukur potensi serapan karbon secara kuantitatif di kedua wilayah ini sebagai dasar ilmiah dalam mendukung kebijakan konservasi mangrove dan mitigasi perubahan iklim berbasis ekosistem lokal.

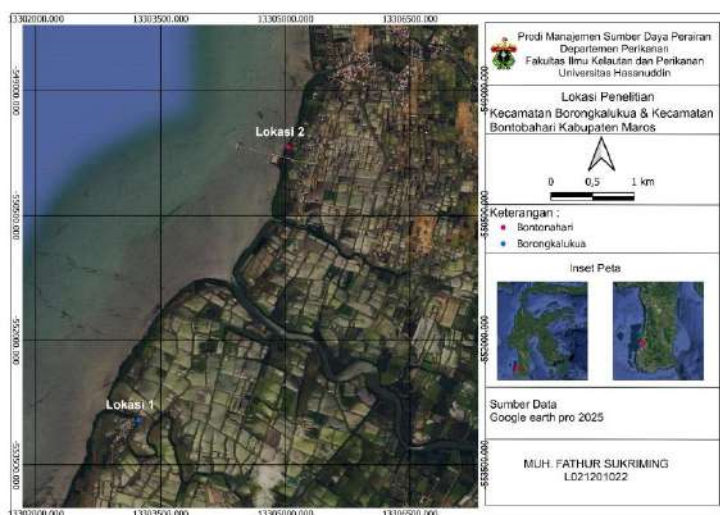
1.2. Tujuan dan Manfaat

Tujuan penelitian ini untuk menganalisis dan membandingkan nilai *bulk density*, kandungan karbon organik dan stok karbon organik sedimen pada ekosistem mangrove di dua lokasi berbeda, yaitu Borong Kalukua dan Bonto Bahari di Kabupaten Maros, Sulawesi Selatan. Manfaat penelitian ini adalah untuk memberikan informasi mengenai potensi ekosistem mangrove sebagai penyerap dan penyimpan karbon di wilayah pesisir serta sebagai dasar dalam upaya konservasi, rehabilitasi dan pengelolaan sumber daya pesisir yang berkelanjutan, khususnya dalam mendukung perhitungan cadangan karbon biru (*blue carbon*) sebagai bentuk mitigasi perubahan iklim.

BAB II METODE PENELITIAN

2.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan dimulai pada tanggal 20 April 2024 sampai dengan tanggal 03 Mei 2024. Lokasi pengambilan sampel di Desa Borong Kalukua dan Desa Bonto Bahari Kabupaten Maros (Gambar 1). Pengeringan Sampel dilakukan di Laboratorium Analisis C-Organik yang terdapat pada sedimen ekosistem mangrove dilakukan di Laboratorium Kimia dan Kesuburan Tanah, Departemen Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian (Sukriming, 2025)

2.2 Alat dan Bahan

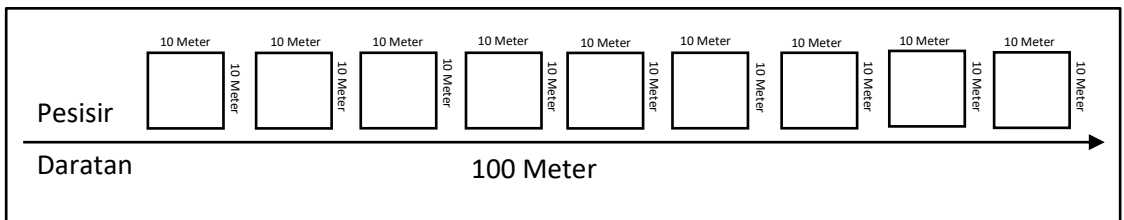
Alat yang digunakan pada penelitian ini core sampel untuk mengambil sedimen, timbangan digital untuk mengukur berat sedimen, oven berfungsi untuk mengeringkan sampel sedimen, kertas aluminium foil sebagai wadah untuk membungkus sampel sedimen pada saat pengeringan, bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *plastic strap*, tali rapiadan sedimen mangrove.

2.3 Prosedur Penelitian

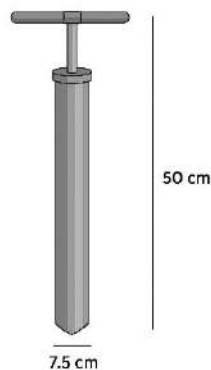
2.3.1. Pengambilan Sampel Sedimen

Pengambilan data dilakukan dengan pemasangan transek pada tiap lokasi, penentuan titik awal pemasangan transek secara acak, garis transek ditarik lurus dan dibuat transek setiap lokasi. Sepanjang transek dibuat berukuran 10 m x 10 m persegi. Pengambilan dilakukan dengan cara 9 kali ulangan untuk setiap lokasi. Sedimen mangrove diambil dengan *corer* dengan tinggi 50 cm dan diameter 7,5 cm

dilakukan pada transek di dalam plot (Gambar 3). *Corer* di masukkan ke dalam tanah secara vertikal dengan kedalaman 50 cm kemudian *corer* diputar untuk memotong akar halus yang berada di dalam tanah, kemudian *corer* ditarik secara perlahan dengan tetap memutar *corer* supaya sedimen padat dan penuh pada *corer*. Sampel yang diperoleh dibelah secara horizontal dan dimasukkan ke dalam kantong plastik dan diberi label untuk selanjutnya dianalisa di laboratorium. Berikut model transek yang digunakan pada Gambar 2 :



Gambar 2. Transek plot kuadrat 10 m x 10 m



Gambar 3. Sedimen Corer

2.4. Parameter Penelitian

Data yang dihitung adalah *bulk density* dan persentase karbon organik pada sedimen. Perhitungan yang digunakan dalam analisis data menurut yaitu:

2.4.1. Persamaan untuk menghitung *Bulk density* (BD)

Bulk density tanah merupakan berat partikel persatuan volume tanah beserta porinya. Rumus yang digunakan untuk menghitung *bulk density* (BD) adalah (Hickmah et al. 2021).

$$BD = \frac{\text{oven} - \text{dry mass (g)}}{\text{sampel volume (cm}^3\text{)}}$$

Keterangan : Oven-dry mass = Massa sampel yang dikeringkan (g)

Sampel volume = Volume sampel (cm³)

Untuk Volume sampel menggunakan rumus untuk Sampel Silinder

$$\text{Volume (cm}^3\text{)} = \pi \times \left(\frac{d}{2}\right)^2 \times t$$

Keterangan : d = diameter inti (cm), t = kedalaman / tinggi lapisan (cm), $\pi \approx 3.1416$

2.4.2. Perhitungan Karbon Organik Total :

sampel yang diambil di keringkan di oven 105°C selama 24 jam untuk menghilangkan udara lalu di timbang berat kering. Sampel lalu ditimbang sebelum dimasukan ke dalam desikator untuk didinginkan. Sampel lalu dipanaskan di dalam muffle furnace dengan suhu 550°C selama 5 jam. Sampel didinginkan dengan di dalam desikator kemudian ditimbang berat akhirnya. Persentase kandungan karbon organik total dengan menggunakan berat awal setelah pengeringan melalui metode *Loss on Ignition* dengan persamaan (Putri et al. 2024):

a. %LOI :

$$\%LOI = \frac{W_o - W_t}{W_t} \times 100$$

Keterangan :

Wo = berat sedimen sebelum pembakaran;

Wt = berat sedimen setelah pembakaran.

B. Konversi %LOI ke %C Organik mengikuti konversi yang dilakukan untuk menghasilkan persentase organik karbonnya, mengikuti konversi yang dilakukan oleh Ouyang dan Lee (2020).

$$\%OC = 0,21 \times \%LOI^{1,21}$$

c. Perhitungan Sediment-Organik Carbon Stock (SOCS) menggunakan persamaan:

$$SCO \text{ (g/cm}^2\text{)} = DBD \times \frac{\%OC}{100} \times SDI$$

Keterangan : SCO = Stok Karbon Organik (g / cm²), DBD = *Dry bulk density* g/cm³, %OC = Kandungan Karbon Organik , SDI = *Soil Depth Interval* (cm)

$$SCO \text{ (MgC/ha)} = 10^2 \times SCO \text{ (g/cm}^2\text{)}$$

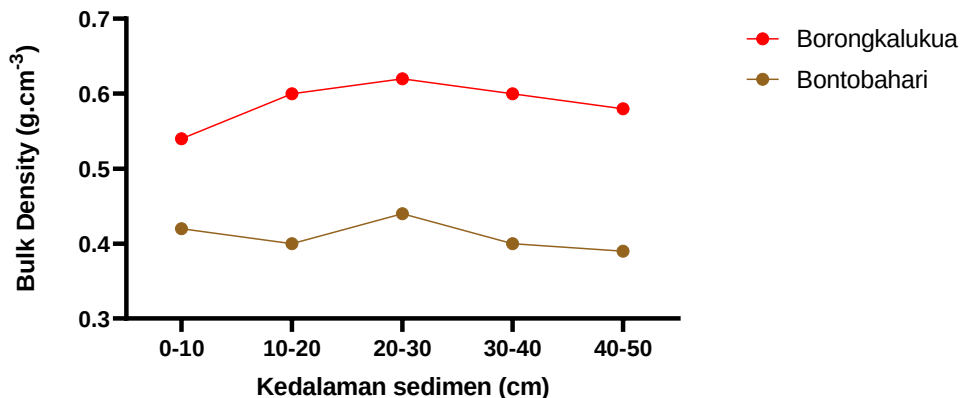
Keterangan : SCO = Karbon Organik Sedimen, 100 = Faktor Konversi dari (g/cm²) ke (MgC/ha)

2.5. Analisis Data

Analisis data dilakukan menggunakan perangkat lunak Microsoft Excel. Data hasil pengukuran nilai *bulk density*, kandungan karbon organik dan stok karbon organik sedimen dianalisis secara deskriptif kuantitatif untuk melihat distribusi nilai antar kedalaman dan antar lokasi. Data ini berupa grafik batang dan garis dibuat menggunakan Microsoft Excel untuk menggambarkan pola perubahan vertikal dari masing-masing parameter. Uji ini bertujuan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan yang signifikan pada parameter yang diukur antara kedalaman dari dua lokasi pengambilan sampel.

BAB III HASIL

3.1. *Bulk density* pada sedimen

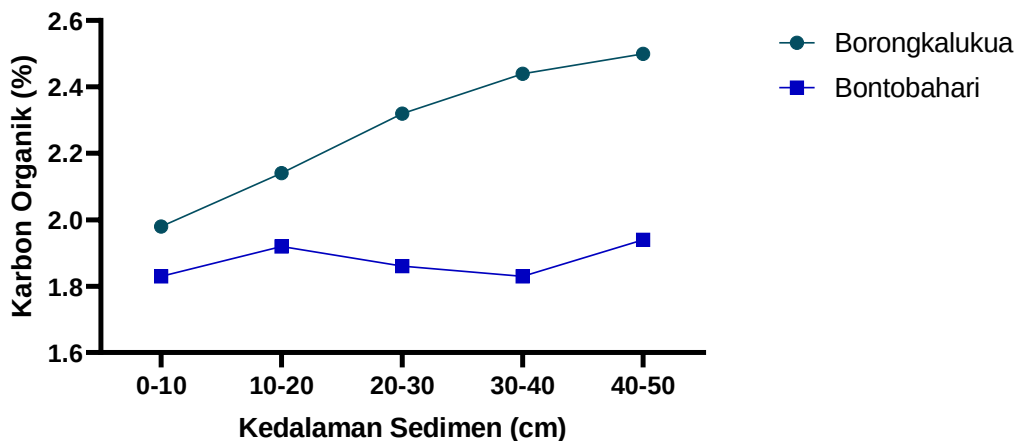


Gambar 4. *Bulk density* pada sedimen

Hasil nilai *bulk density* pada Gambar 4 menunjukkan perbedaan dari berbagai kedalaman tanah di dua lokasi pengamatan, yaitu Borong Kalukua dan Bonto Bahari. Nilai *bulk density* di lokasi Borong Kalukua menunjukkan kisaran antara 0,55 hingga 0,62 g/cm³. Pada kedalaman 0-10 cm yaitu 0,54 g/cm³ dan pada kedalaman 10-20 cm adanya peningkatan *bulk density* yaitu 0,60 g/cm³, dan pada kedalaman 20-30 cm *bulk density* juga meningkat yaitu 0,62 g/cm³ dan pada kedalaman 30-40 cm *bulk density* menurun yaitu 0,60 g/cm³, sedangkan pada kedalaman 40-50 cm *bulk density* juga menurun yaitu 0,58 g/cm³, dengan ini nilai tertinggi tercatat pada kedalaman 20–30 cm, yaitu sekitar 0,62 g/cm³ dan nilai terendah *bulk density* pada lokasi Borong Kalukua berada di kedalaman 0-10 cm yaitu 0,54 g/cm³.

Sementara itu, di lokasi Bonto Bahari, menunjukkan nilai *bulk density* yang lebih rendah, yaitu antara 0,39 hingga 0,45 g/cm³. Pada kedalaman 0-10 cm yaitu 0,42 g/cm³ dan pada kedalaman 10-20 cm *bulk density* menurun yaitu 0,40 g/cm³ dan pada kedalaman 20-30 cm *bulk density* meningkat yaitu 0,44 g/cm³ dan pada kedalaman 30-40 cm *bulk density* menurun yaitu 0,40 g/cm³, sedangkan pada kedalaman 40-50 cm *bulk density* juga menurun yaitu 0,39 g/cm³, dengan nilai tertinggi *bulk density* terdapat pada kedalaman 20-30 cm yaitu 0,44 g/cm³ dan nilai terendah terdapat pada kedalaman 40-50 cm yaitu 0,39 g/cm³.

3.2. Karbon Organik Sedimen

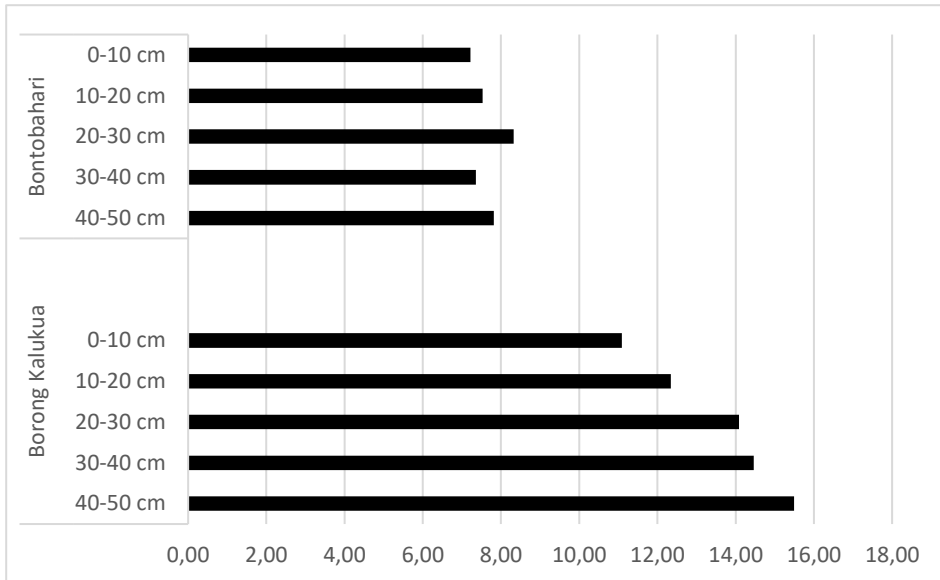


Gambar 5. Karbon Organik Sedimen

Hasil kandungan karbon organik pada sedimen pada Gambar 4 memperlihatkan perbedaan kandungan karbon organik di berbagai kedalaman. antara dua lokasi yaitu Borong Kalukua dan Bonto Bahari. Kandungan karbon organik pada lokasi Borong Kalukua menunjukkan peningkatan yang konsisten seiring bertambahnya kedalaman tanah. Pada kedalaman 0-10 cm kandungan karbon organik yaitu 1,9% dan pada kedalaman 10-20 cm kandungan karbon organik meningkat yaitu 2,1% dan pada kedalaman 20-30 cm kandungan karbon organik juga meningkat yaitu 2,3% dan pada kedalaman 30-40 kandungan karbon organik juga meningkat yaitu 2,4% dan pada kedalaman 40-50 cm kandungan karbon organik juga meningkat yaitu 2,5%. Dengan kandungan karbon organik tertinggi terdapat pada kedalaman 40-50 cm yaitu 2,5% dan terendah terdapat pada kedalaman 0-10 cm yaitu 1,9%.

Sebaliknya di lokasi Bonto Bahari, kandungan karbon organik relatif rendah dan cenderung stabil dengan sedikit fluktuasi. Nilainya berkisaran antara 1,75% hingga 1,9%, tanpa menunjukkan pola peningkatan yang signifikan. Pada kedalaman 0-10 cm kandungan karbon organik yaitu 1,83% dan pada kedalaman 10-20 cm kandungan organik meningkat yaitu 1,92% dan pada kedalaman 20-30 cm kandungan karbon organik menurun yaitu 1,86% dan pada kedalaman 30-40 cm kandungan karbon menurun yaitu 1,83% dan pada kedalaman 40-50 cm kandungan karbon organik meningkat yaitu 1,94%. Dengan ini kandungan karbon organik tertinggi terdapat pada kedalaman 40-50 cm yaitu 1,94% dan terendah terdapat pada kedalaman 30-40 cm yaitu 1,83%

3.3. Stok Karbon Organik sedimen



Gambar 6. Stok Karbon Organik sedimen

Hasil stok karbon organik pada sedimen tanah di dua lokasi yaitu Borong Kalukua dan Bonto Bahari menunjukkan adanya perbedaan stok karbon organik di setiap kedalaman Gambar 6. Di Borong Kalukua stok karbon organik meningkat seiring bertambahnya kedalaman. Pada kedalaman 0-10 cm stok karbon organik yaitu 11,09 MgC/ha dan pada kedalaman 10-20 cm stok karbon organik meningkat yaitu 12,34 MgC/ha dan pada kedalaman 20-30 cm stok karbon organik meningkat yaitu 14,08 MgC/ha dan pada kedalaman 30-40 cm stok karbon organik meningkat yaitu 14,46 MgC/ha dan pada kedalaman 40-50 cm stok karbon organik meningkat yaitu 15,49 MgC/ha. Dengan stok karbon organik tertinggi terdapat pada kedalaman 40-50 cm yaitu 15,49 MgC/ha dan stok karbon organik terendah terdapat pada kedalaman 0-10 cm yaitu 11,09 MgC/ha.

Sedangkan pada lokasi Bonto Bahari stok karbon organik lebih rendah dan tidak menunjukkan peningkatan yang signifikan. Pada kedalaman 0-10 cm stok karbon organik yaitu 7,22 MgC/ha dan pada kedalaman 10-20 cm stok karbon organik meningkat yaitu 7,53 MgC/ha dan pada kedalaman 20-30 cm stok karbon organik meningkat juga yaitu 8,32 MgC/ha dan pada kedalaman 30-40 cm stok karbon organik menurun yaitu 7,35 MgC/ha dan pada kedalaman 40-50 cm stok karbon organik meningkat yaitu 7,82 MgC/ha. Dengan stok karbon organik tertinggi terdapat pada kedalaman 20-30 cm yaitu 8,32 MgC/ha dan stok karbon organik terendah terdapat pada kedalaman 0-10 cm yaitu 7,22 MgC/ha.