

TESIS

**ANALISIS SIFAT LUMINESENSI *CARBON DOTS* (CDs) DARI RUMPUT
LAUT PADA APLIKASI SENSOR KOLORIMETRI**

NURUL MUTMAINNAH AMAL

H032 2020 05



**PASCASARJANA DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2023

**ANALISIS SIFAT LUMINESENSI *CARBON DOTS* (CDs) DARI RUMPUT
LAUT PADA APLIKASI SENSOR KOLORIMETRI**

TESIS

*Diajukan sebagai Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Magister Sains
pada Program Studi Magister Fisika Departemen Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Hasanuddin*

**NURUL MUTMAINNAH AMAL
H032202005**

**DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2023**

LEMBAR PENGESAHAN TESIS

ANALISIS SIFAT LUMINESENSI *CARBON DOTS* (CDs) DARI RUMPUT LAUT PADA APLIKASI SENSOR KOLORIMETRI

Disusun dan diajukan oleh

NURUL MUTMAINNAH AMAL

H032202005

Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka penyelesaian studi program Magister Program Studi Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin

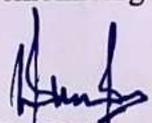
Pada tanggal 19 Januari 2023

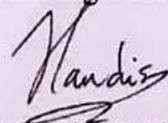
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,

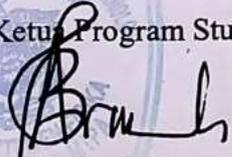
Pembimbing Pendamping,


Prof. Dr. Dahlang Tahir, M.Si
NIP. 19750907 200003 1 006


Dr. Muhandis Shiddiq, M.Sc
NIP. 19870723 201801 1 001

Ketua Program Studi,

Dekan Fakultas,


Dr. Ir. Bidayatul Armynah, MT.
NIP. 19630830 198903 2 001


Dr. Eng. Amiruddin, M.Si.
NIP. 19720515 199702 1 002

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nurul Mutmainnah Amal

NIM : H032202005

Program Studi : Fisika

Jenjang : S2

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

ANALISIS SIFAT LUMINESENSI CARBON DOTS (CDs) DARI RUMPUT LAUT PADA APLIKASI SENSOR KOLORIMETRI

Adalah karya tulisan saya sendiri, bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa tesis yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi tesis ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut,

Makassar, 20 Januari 2023

Yang Menyatakan



NURUL MUTMAINNAH AMAL

ABSTRAK

Telah dilakukan sintesis *Carbon Dots* berbahan dasar rumput laut dengan menggunakan metode *microwave*. Sebanyak 35g larutan rumput laut yang telah diblender menggunakan aquades, dimasukkan kedalam *microwave* dengan variasi waktu 5 menit, 7 menit, 10 menit, 12 menit, 15 menit dan 18 menit pada 800 watt. Hasil sintesis CDs dengan variasi waktu sintesis berbeda menunjukkan variasi waktu pada 15 menit memiliki *photoluminescence* yang lebih tinggi dibandingkan pada variasi waktu 5 menit, 7 menit, 10 menit, 12 menit dan 18 menit sehingga dapat dijadikan sebagai sensor. Karakterisasi yang digunakan yaitu UV-Vis, *photoluminescence*, dan *Transmission Electron Microscopy* (TEM). Hasil karakterisasi variasi waktu sintesis 15 menit menunjukkan puncak absorbansi pada panjang gelombang 225 nm, intensitas fluoresens 282,25 a.u pada panjang gelombang 401 nm serta memiliki ukuran partikel 2,8 nm sampai 3,2 nm. Penambahan konsentrasi ion logam berat terhadap emisi CDs yang semakin tinggi konsentrasi logam berat maka intensitas semakin menurun artinya sensitivitas logam berat terbukti karena melemahnya intensitas fluoresensi pada saat penambahan logam berat pada CDs. Uji sensor CDs menunjukkan bahwa CDs sebagai sensor logam berat memiliki batas deteksi hingga $7,55 \times 10^{-5} \mu\text{M}$.

Kata kunci: *Carbon Dots*, Rumput Laut, Pb^{2+} , Sensor Kolorimetri

ABSTRACT

Seaweed-based Carbon Dots synthesis has been carried out using the microwave method. As much as 35g of seaweed solution that has been blended using distilled water, put into the microwave with time variations of 5 minutes, 7 minutes, 10 minutes, 12 minutes, 15 minutes and 18 minutes at 800 watts. The results of the synthesis of CDs with different synthesis time variations showed that the time variation at 15 minutes had higher photoluminescence than the time variations of 5 minutes, 7 minutes, 10 minutes, 12 minutes and 18 minutes so that it could be used as a sensor. The characterization used is UV-Vis, photoluminescence, and Transmission Electron Microscopy (TEM). The results of the characterization of the variation in synthesis time of 15 minutes showed an absorbance peak at a wavelength of 225 nm, a fluorescence intensity of 282.25 a.u at a wavelength of 401 nm and had a particle size of 2.8 nm to 3.2 nm. The addition of the concentration of heavy metal ions to the emission of CDs, the higher the concentration of heavy metals, the intensity decreases, meaning that the sensitivity of heavy metals is evident due to the weakening of the fluorescence intensity when adding heavy metals to CDs. CDs sensor test shows that CDs as a heavy metal sensor has a detection limit of up to $7.55 \times 10^{-5} \mu\text{M}$.

Keywords: Carbon Dots, Seaweed, Pb^{2+} , Colorimetric Sensor

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji dan syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT yang senantiasa melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis dengan judul “**ANALISIS SIFAT LUMINESENSI *CARBON DOTS* (CDs) DARI RUMPUT LAUT PADA APLIKASI SENSOR KOLORIMETRI**” sebagai salah satu persyaratan untuk menempuh gelar magister sains.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa tesis ini jauh dari kesempurnaan dan dalam proses penelitian hingga perampungan penulisan tesis banyak kesulitan dan hambatan yang penulis temui. Berkat pertolongan Allah Subhana wata’ala dan bantuan dari berbagai pihak, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan tesis ini. Oleh karena itu, dengan penuh kerendahan hati, penulis ingin mengucapkan terima kasih, rasa hormat, dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua, ayah **Amal Palinrungi, S.Pd**, ibu **Suriani, S.Pd**, kakak penulis **Muh. Fachrullah Amal, S.Pd.,M.Pd**, dan adik-adik penulis **Nurul Muamanah Amal, S.Fam**, **Ma’rifatul Jannah, Siti Ulul Adzmi** serta seluruh keluarga besar, penulis hanturkan terima kasih atas curahan kasih sayang, dorongan do’a, nasihat, motivasi, dan dukungan moril maupun materil. Kalian adalah segalanya bagi penulis.
2. Bapak **Prof. Dr. Dahlang Tahir, M.Si** selaku pembimbing utama penulis dan Bapak **Dr. Muhandis Shiddiq, S.Si. M.Sc.**, selaku pembimbing pertama penulis. Terima kasih atas arahan, nasihat, motivasi yang bermanfaat dalam penyelesaian tesis ini. Serta waktu luang dan kesabaran membimbing penulis dalam menyelesaikan tesis ini.

3. Bapak **Prof. Dr. Arifin, M.T**, Ibu **Dr. Ir. Bidayatul Armynah, M. T** dan Ibu **Dr. Nurlaela Rauf, M. Sc** sebagai Tim penguji tesis fisika yang telah banyak memberikan masukan dan saran yang membangun untuk kesempurnaan tesis ini.
4. Seluruh **Dosen Departemen Fisika** yang telah memberikan dan mengajarkan ilmunya kepada penulis dan seluruh **Pegawai dan Jajaran Staf FMIPA**. Terima kasih atas bantuannya yang membantu penulis dalam mengurus administrasi selama ini.
5. Seluruh Peneliti dan Research Assistant dalam kelompok peneliti Laser, Pusat Peneliti Fisika Badan Riset dan Inovasi Nasional (P2F-BRIN) yang senantiasa memberikan arahan dan motivasi kepada penulis.
6. Terkhusus untuk **Fatmawati Sudarman,S.Si, Ainun Jariah,S.Si, Andi Anugrah Caesar Tenribali, S.Si**, dan **Titin Fatmawati Pannu, S.Pd** sebagai teman yang menemani penulis baik suka maupun duka selama menempuh penelitian di Pusat Peneliti Fisika Badan Riset dan Inovasi Nasional (P2F- BRIN). Terima kasih banyak teman-teman.
7. Terima kasih kepada **Teman-teman seperjuangan Magister Fisika angkatan 2020 (2)** terkhusus **Fatmawati Sudarman, S.Si, Ainun Jariah, S.Si, Andi Anugrah Caesar Tenribali, S.Si, Ainun Novianti Zahrah, S.Si, Ida Laila,S.Si., M.Si, Nurul Magfirawati, S.Si, Titin Fatmawati Pannu, S.Pd, Ansar, S.Si**, dan **kak Era Jumiati, S.Si** yang telah menemani penulis baik suka dan duka selama menempuh pendidikan di Departemen Fisika Unhas.
8. Terkhusus untuk **Nurhania, S.Si** dan **Fatmawati Sudarman, S.Si** yang telah banyak membantu penulis memberikan semangat dan motivasi

serta yang selalu menemani penulis dalam keadaan susah maupun senang.

9. Seluruh anggota **Laboratorium Material dan Energi** terkhusus untuk kakak **Inayatul Mutmainna, S.Si, M.Si**, Terkhusus adik-adik **Andi Tessiwoja Tenri Ola, S. Si, Syarifuddin, S.Si, Ardiansyah, S.Si, Muhammad Azlan, S.Si** dan **Maysarah Asyraf Mallarangi, S.Si** yang selalu membantu dan menghibur penulisan dalam proses penyelesaian tesis. Terima kasih teman-teman.

10. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, yang telah memberikan kontribusi dalam penyelesaian tesis ini. Semoga karya tulis ini dapat bermanfaat bagi penulis dan para pembacanya, Akhir kata, penulis mengucapkan terima kasih banyak kepada semua pihak yang telah membantu dan semoga Allah SWT melimpahkan karunia-Nya dalam setiap amal kebaikan dan diberikan balasan. Aamiin

Makassar, Januari 2023

NURUL MUTMAINNAH AMAL

DAFTAR ISI

SAMPUL.....	i
HALAMAN JUDUL	ii
LEMBAR PENGESAHAN TESIS	iii
PERNYATAAN KEASLIAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Rumusan Masalah	4
I.3 Tujuan Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
II.1 Rumput Laut	5
II.2 <i>Carbon Dots</i> (CDs).....	6
II.3 Luminesensi	7
II.4 Metode Sintesis <i>Microwave assisted</i>	7
II.5 Sensor kolorimetri.....	9
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	11
III.1 Waktu dan Tempat Penelitian	11
III.2 Alat dan Bahan	11
III.2.1 Alat Penelitian.....	11
III.2.2 Bahan Penelitian	11
III.2.3 Perangkat Karakterisasi dan Pengujian.....	11
III.3 Prosedur Penelitian	12
III. 3.1 Preparasi Rumput Laut.....	13
III. 3.2 Preparasi Logam berat	14

III.4 Karakterisasi dan Pengujian	14
III.4.1 Karakterisasi UV-Vis	14
III.4.2 Karakterisasi <i>Photoluminescence</i>	15
III.4.2 Karakterisasi <i>Transmission Electron Miscroscopy</i> (TEM).....	16
III.4.3 Pengujian Sensor Logam Berat	16
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	17
IV.1 Sintesis Carbon Dots dari rumput laut	17
IV.2 Karakterisasi <i>Carbon Dots</i>	18
IV.2.1 Karakterisasi UV-Vis.....	18
IV.2.2 Karakterisasi <i>Photoluminescence</i>	19
IV.2.3 Karakterisasi TEM.....	24
IV.3 Pengujian sensor kolorimetri	25
IV.3.1 Pengujian sensor logam berat Pb^{2+}	26
BAB V PENUTUP	28
V.1 Kesimpulan	28
V.2 Saran	28
DAFTAR PUSTAKA	29
LAMPIRAN	35

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Spektrum <i>microwave</i> . Frekuensi gelombang mikro berkisar antara 0,3 dan 300 GHz.....	19
Gambar 3.1 Bagan Alir Penelitian	22
Gambar 3.2 Prosedur sintesis <i>Carbon Dots</i> dari rumput laut	23
Gambar 4.1 (a) Larutan <i>Carbon Dots</i> dengan variasi waktu, (b) Larutan <i>Carbon Dots</i> yang disinari dengan panjang gelombang 405 nm	27
Gambar 4.2 Grafik Spektrum UV-Vis dengan variasi waktu sintesis	28
Gambar 4.3 Grafik Spektrum <i>Photoluminescence</i> (PL) dengan variasi waktu sintesis.....	30
Gambar 4.4 Grafik Spektrum <i>Photoluminescence</i> (PL) pada waktu pemanasan 15 menit	31
Gambar 4.5 Grafik Spektrum <i>Photoluminescence</i> (PL) pada waktu pemanasan 15 menit	32
Gambar 4.6 Grafik Panjang gelombang PL dan Panjang gelombang eksitasi.....	33
Gambar 4.7 (a) Hasil karakterisasi TEM persebaran partikel CDs, (b) Distribusi partikel CDs.....	34
Gambar 4.8 (a) Larutan <i>Carbon Dots</i> + Pb^{2+} dengan variasi konsentrasi, (b) Larutan <i>Carbon Dots</i> + Pb^{2+} yang disinari dengan panjang gelombang 405 nm.....	35
Gambar 4.9 (a) Grafik Spektrum <i>Photoluminescence</i> CDs (1-F/F ₀) + Pb^{2+} , (b) Grafik sensitivitas CDs (1-F/F ₀) + Pb^{2+}	36

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kadar selulosa berbagai jenis rumput laut	16
---	----

BAB I

PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang

Indonesia memiliki keanekaragaman organisme laut baik fauna maupun flora. Salah satu sumber kekayaan flora perairan Indonesia yakni rumput laut. Sebagaimana dikutip dari Perpres No. 33 Tahun 2019 tentang Peta Panduan (*Roadmap*) Pengembangan Industri Rumput laut Nasional Tahun 2018 – 2021, menurut Kementerian Perindustrian terdapat 23 perusahaan pengolah karaginan dengan kemampuan produksi 25.992 ton/tahun dan 14 perusahaan pengolah agar dengan kemampuan produksi 7.658 ton/tahun[1], oleh sebab itu banyak nelayan menjadi petani rumput laut sebagai salah satu usaha sampingannya, dikarenakan memiliki keunggulan diantaranya: jangka waktu pemeliharaan hingga panen yang relatif cepat, minimnya perawatan, teknologi dalam budidaya relatif sederhana, biaya produksi tergolong murah, bibit yang melimpah dialam.

Rumput laut dilaporkan memiliki kandungan gizi di antaranya kandungan air 80-84%, protein 0,5-0,8%, lemak 0,1-0,2%, dan abu 2-3%. Sedangkan kadar karbohidrat sebesar 13-15% dengan komponen selulosa sebesar 16-20%, hemiselulosa 18-22%, lignin 7-8% dan serat kasar 2,5-5% [2]. Komponen yang terkandung dalam rumput laut memiliki potensi yang dapat dikembangkan sebagai bidang material nanopartikel berbasis karbon selulosa.

Material nanopartikel berbasis karbon selulosa banyak dikembangkan oleh peneliti. Salah satu kajiannya adalah *Carbon dots* (CDs), CDs memiliki beberapa keunggulan, yakni sumber bahan baku yang melimpah di alam, larut dalam air, toksisitas yang rendah, dan fotostabilitas yang baik serta fotoluminesensi yang tinggi.

Pencarian bahan nano *fluorescent* selalu menjadi tantangan di dunia ilmiah. Kini telah ditemukan bahwa jenis karbon yang memiliki sifat *luminescent* yang termasuk dalam nanopartikel karbon yang menarik perhatian adalah *Carbon nanoDots* (CNDs), seperti baru-baru ini dengan berkembangnya *Quantum dot*, *Carbon Dot* (CDs) telah menarik minat penelitian yang signifikan. CDs memiliki

beberapa atribut yang menguntungkan dari semikonduktor tradisional titik-titik kuantum, seperti luminesensi yang bergantung pada ukuran dan emisi panjang gelombang, fotostabilitas yang baik, dan biokompatibilitas yang sangat baik, dan lebih dari itu, CDs menghindari toksisitas intrinsik atau kelangkaan unsur dan proses persiapan yang rumit, ketat, atau tidak efisien[3].

Bahan karbon yang berstruktur nano ini memiliki emisi yang efisien dalam rentang cahaya tampak yang menunjukkan pengembangan penghasil emisi karbon yang baik. Emisi CDs berasal dari elektron yang mengalami perpindahan dari *single state* ke keadaan dasar disebabkan oleh foton sehingga terjadinya pendaran pada CDs.

Salah satu parameter yang tepat untuk mengungkapkan sifat dari CDs melalui pendaran yaitu karakterisasi *photoluminescence* (PL). Spektrum PL yang bergantung kepadatan fotoeksitasi electron dari bahan yang mengindikasikan sifat permukaan bahan sehingga sifat dari material bisa dideteksi dengan rinci. Spektrum PL mempunyai energi transisi yang dapat digunakan untuk menentukan tingkat energi elektronik berupa energi gap [4]. Energi transisi pada spectrum *photoluminescence* (PL) ditunjukkan melalui puncak spektrum yang berupa panjang gelombang emisi. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Gregory, ditunjukkan bahwa *band gap* dapat ditentukan melalui puncak PL. Beberapa penelitian telah melakukan menyelidiki sifat optik CDs dengan karakterisasi PL dengan berbagai sumber carbon CDs, baik kimia maupun bahan alam, dengan berbagai metode [5].

Beragam metode telah dikembangkan untuk mensintesis CDs. Metode dalam sintesis CDs secara umum diklasifikasikan kedalam dua cara, yaitu : *metode top-down* dan *bottom-up*. Pada metode *top-down* struktur-struktur karbon yang lebih besar dipecah menjadi CDs, contohnya oksidasi elektrokimia, *arc-discharge* dan teknik *laser ablation*. Metode *bottom-up* dibagi lagi menjadi beberapa metode diantaranya metode hidrotermal, *supported synthesis* dan *microwave*. Namun saat ini, sintesis CDs dari bahan alam tanpa penambahan bahan kimia (*green synthesis*) berusaha dikembangkan oleh beberapa peneliti [6]. Selain itu kombinasi teknik *green synthesis* dengan metode pemanasan berbasis *microwave* sangat tepat dalam

sintesis CDs. Selain ekonomis, ramah lingkungan, efektif dan efisien, pendaran CDs dari bahan alam dengan teknik *green synthesis* berbasis pemanasan *microwave* lebih kuat dan memiliki warna yang bermacam-macam (*multicolor luminescence*). Oleh karena itu, CDs yang dihasilkan dalam teknik *green synthesis* berpotensi untuk diaplikasikan sebagai *colorimetric based sensor*.

Sensor berbasis kolorimetri banyak diaplikasikan untuk mendeteksi sensor pestisida, sensor makanan, sensor kimia hingga sensor logam berat. Banyak peneliti telah mengkaji berbagai sumber karbon untuk diaplikasikan sebagai sensor kolorimetri. Seperti penelitian yang dilakukan M. Shariati-Rad dkk, 2018 [7], dengan mengambil sumber karbon dari Anggur dan bawang dengan menghasilkan GCD (*Graphane Carbon Dot*) anggur pereduksi dan GCD (*Graphane Carbon Dot*) GCD bawang. Mereka mengambil keuntungan dari *reducibility* GCDs untuk mereduksi Fe^{3+} menjadi Fe^{2+} karena gugus hidroksil ($-\text{OH}$) dari GCD. Reaksi reduksi adalah untuk pengujian Fe^{3+} berdasarkan kolorimetri unik yang besi terlarut total dapat diukur melalui reaksi antara Fe^{2+} dan 1,10-fenantrolin. Dalam penelitiannya, hanya dengan penggunaan GCDs puncak serapan pada sekitar 500 nm dapat diamati, yang merupakan karakteristik. Dalam penelitian yang lain oleh Zheng Fen Pu, dkk, 2019 [8] CDs dari asam askorbat-urea 75 % pada beberapa jenis larutan ion logam. Larutan ion logam yang digunakan di antaranya, Fe^{2+} , Mn^{2+} , Hg^{2+} , Cr^{3+} , Cr^{6+} dan Pb^{2+} , sedangkan konsentrasi larutan CDs dari asam askorbat-urea 75 % sebesar 1 mg/mL. Kedua larutan tersebut dicampurkan dan diuji di bawah lampu UV 366 nm, terlihat beberapa sampel mengalami peningkatan intensitas emisi cahaya (pendaran) dan lainnya mengalami penurunan intensitas emisi cahaya (pendaran) mengalami perubahan warna.

Hal tersebut mendasari saya untuk menyelidiki sifat luminesensi CDs yang disintesis dari bahan alam dengan menggunakan teknik *green synthesis* berbasis pemanasan *microwave*. Analisis sifat luminesensi CDs dikhususkan pada sifat optik CDs dengan karakterisasi PL. Penelitian ini difokuskan pada bahan alam berupa rumput laut. CDs yang dihasilkan akan diaplikasikan sebagai sensor kolorimetri.

I.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh waktu sintesis terhadap sifat luminesensi *Carbon Dots* dari rumput laut ?
2. Bagaimana perubahan sifat luminesensi *Carbon Dots* dari Rumput laut pada aplikasi sensor kolorimetri ?

I.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini diantaranya:

1. Menganalisis pengaruh waktu sintesis terhadap sifat luminesensi *Carbon Dots* dari rumput laut.
2. Menganalisis perubahan sifat luminesensi *Carbon Dots* dari rumput laut pada aplikasi sensor kolorimetri.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1. Rumput Laut

Rumput laut (makroalga) adalah ganggang alga (*algae*) yang berbentuk poliseluler dan hidup di laut. Menurut Dwiyitno (2011) kelompok ini terdiri atas alga hijau (*Chlorophyta*), alga merah (*Rhodophyta*), dan alga coklat (*Phaeophyta*). Berdasarkan kandungan polisakaridanya, rumput laut dikelompokkan menjadi tiga yaitu rumput laut penghasil agar, karaginan, dan alginat. Rumput laut merah merupakan jenis rumput laut yang dapat menghasilkan agar. Beberapa jenis rumput laut merah yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan pembuatan agar-agar adalah *Gracilaria*, *Gelidium*, *Gigartina*, dan *Rhodymenia* [9].

Rumput laut jenis *Gelidium* sp. merupakan salah satu contoh *Rhodophyta*. Warna merah pada rumput laut ini disebabkan oleh pigmen *fikoeritrin*. Sebagian besar rumput laut merah hidup di laut, banyak terdapat di laut tropika. Sebagian kecil hidup di air tawar yang dingin dengan aliran deras yang cukup banyak oksigen. Selain itu pula rumput laut jenis ini juga dapat ditemukan di air payau. Rumput laut merah yang banyak ditemukan di laut dalam adalah *Gelidium* sp. dan *Gracilaria* sedang *Euchema spinosum* ditemukan di laut dangkal [10].

Gelidium sp. merupakan salah satu jenis rumput laut yang dapat menghasilkan agar-agar. Klasifikasi *Gelidium* sp. adalah sebagai berikut:

Divisio : *Rhodophyta*
Kelas : *Rhodophyceae*
Ordo : *Gilidiales*
Famili : *Gelidiaceae*
Marga : *Gelidium*
Jenis : *Gelidium* sp.

Gelidium sp. memiliki ciri berwarna merah kecoklatan dan berbentuk seperti rumput atau semak serta memiliki cabang. Tanaman ini terdapat pada kedalaman air 2 – 20 m [11]. Spesies *Gelidium* sp. biasanya terdapat pada terumbu

karang dan dapat ditemukan pada hampir seluruh perairan di dunia. Sebaran *Gelidium sp.* dipengaruhi oleh macam substrat, kadar garam (13-37%), ombak, arus, dan pasang surut.

Dinding sel dari rumput laut tersusun dari bahan berlignoselulosa. Kandungan selulosa dan polisakarida berbentuk gel yang tinggi ini membuat rumput laut memiliki potensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan bakar bioetanol. Rumput laut *Gracilaria sp* mengandung selulosa 20,17% [12]. Selulosa merupakan komponen utama penyusun dinding sel tanaman dan hampir tidak pernah ditemui dalam keadaan murni dialam melainkan berikatan dengan lignin dan hemiselulosa membentuk lignoselulosa. Rumput laut mengandung selulosa yang berbeda-beda tergantung jenis dan tempat hidupnya [13]. Kadar selulosa pada berbagai jenis rumput laut dapat disajikan pada Tabel 2.1 [14].

Tabel 2.1 Kadar selulosa berbagai jenis Rumput Laut

Jenis Rumput Laut	Kadar Selulosa (%)
Gelidium amansii	16,8
Eucheuma cottonii	7,1
Gracilaria sp.	19,7
Codium fragile	10,9
Undaria pinattinda	2,4
Laminaria japonica	6,7

II.2. Carbon Dots (CDs)

Carbon Dots (CDs) adalah istilah komprehensif untuk beberapa bahan karbon berukuran nano dan juga dikenal sebagai karbon *quantum dot*. Pada dasarnya, semua material berukuran nano yang sebagian besar terdiri dari kerangka karbon dapat disebut CDs. CDs selalu memiliki dimensi lebih kecil dari 10 nm dalam hal ukuran serta memiliki pendaran (*fluoresense*) sebagai karakteristik uniknya. CDs telah menjadi sebutan umum di bidang ilmu material, sejak ditemukannya bahan tersebut pada tahun 2004 ketika proses pemisahan *multiwalled* pada karbon nanotube akibat pengaruh medan listrik [15].

Carbon dots telah digunakan dalam penginderaan kimia atau biologis, pembuatan perangkat optoelektrik, pencitraan dan fotokatalisis karena mempunyai sifat karakteristik toksisitas yang rendah, kelarutan dalam air yang baik, *tunable excitation*, panjang gelombang emisi, mempunyai sifat fotoluminesensi yang stabil dan kuat [16], dan biokompatibilitas [17,18,19]. Emisi fluoresensi yang kuat dapat diperoleh dari CDs melalui modifikasi atau pasivasi permukaan dari CDs yang merupakan suatu langkah penting selama pembentukannya. Efek dari ukuran kuantum dan perangkat energi emisi mendasari fluoresensi [20, 21,22].

II.3. Luminesensi

Luminesensi merupakan istilah umum untuk menggambarkan proses dimana bahan menyerap energi dari luar sumber dan memancarkan kembali energi itu dalam bentuk terlihat cahaya. Sumber energi eksternal biasanya sumber radiasi elektromagnetik. Fotoluminesensi didefinisikan sebagai jenis luminesensi yang tereksitasi oleh radiasi elektromagnetik (biasanya sinar ultra-violet)[23]. Proses eksitasi terjadi ketika energi radiasi sinar UV diserap oleh sebuah molekul yang dapat mengakibatkan molekul tersebut tereksitasi dari keadaan dasar ke keadaan tereksitasi. Molekul dapat kembali ke keadaan dasar dengan cara mengemisikan cahaya. Fotoluminesensi dibagi menjadi dua jenis yaitu fluoresensi dan fosforesensi. Kedua jenis luminesensi tersebut dibedakan berdasarkan keadaan eksitasi dan emisinya. Fluoresensi merupakan emisi yang dipancarkan oleh molekul keadaan singlet tereksitasi menuju ke keadaan dasar. [24,25,26].

II.4. Metode Sintesis *Microwave assisted*

Microwave adalah sebuah peralatan yang menggunakan radiasi gelombang mikro untuk memasak atau memanaskan makanan. Hal ini dilakukan dengan menggunakan radiasi gelombang mikro untuk memanaskan molekul terpolarisasi dalam makanan [27].

Selain menggunakan metode pemanasan sederhana, metode yang sering digunakan dalam sintesis CDs adalah metode *microwave*. Dengan perkembangan metode sintesis untuk nanomaterial organik, pendekatan melalui metode

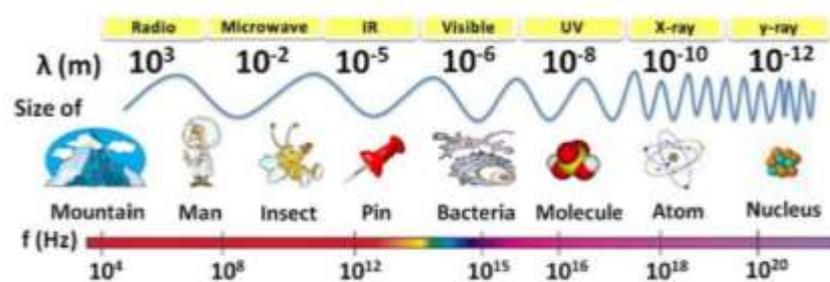
microwave telah diperkenalkan secara bertahap dan berperan penting dalam proses persiapan sampel dikarenakan pada proses ini menggunakan gelombang mikro yang dapat mempermudah dan mempercepat proses sintesis[28].

Dibandingkan dengan metode pemanasan sederhana seperti penggunaan oven dan *furnace*, hasil dari metode *microwave* lebih unggul, tidak banyak mengurangi kadar air dalam larutan karena prosesnya digetarkan (vibrasi) sedangkan dalam metode pemanasan sederhana hasilnya air menguap lebih cepat atau mengalami proses evaporasi yaitu proses hilangnya gugus hidroksil. Sampai saat ini, telah berhasil dilakukan berbagai penelitian yang mengkaji sintesis nanomaterial dengan metode *microwave* [29].

Semua bahan tidak rentan terhadap pemanasan *microwave* karena respons berbagai bahan terhadap radiasi gelombang mikro adalah beragam. Berdasarkan responsnya terhadap gelombang mikro, material secara garis besar dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

- (1) Bahan yang transparan terhadap gelombang mikro, mis. sulfur
- (2) Bahan yang memantulkan gelombang mikro, mis. Tembaga
- (3) Bahan yang menyerap gelombang mikro, mis. Air

Bahan penyerap gelombang mikro sangat penting untuk kimia gelombang mikro dan tiga mekanisme utama yang berbeda terlibat untuk pemanasan mereka yaitu: Polarisasi dipolar, Mekanisme konduksi dan polarisasi *interface* [30]. Gambar 2.1 merupakan gelombang elektromagnetik secara luas digunakan untuk penelitian ilmiah sebagai metode untuk sintesis kimia. Berikut gambar mengenai spektrum elektromagnetik.



Gambar 2.1 Spektrum *microwave*. Frekuensi gelombang mikro berkisar antara 0,3 dan 300 GHz [31].

Frekuensi yang digunakan secara konvensional adalah 2,45 GHz setara dengan 0,0016 eV, yang jauh di bawah energi bahkan energi ikatan lemah seperti ikatan hidrogen (0,21 eV) [32,33].

II.5. Sensor kolorimetri

Sensor adalah perangkat yang mengubah informasi tentang sifat kimia atau fisik dari sistem menjadi sinyal yang berguna secara analitis. Interaksi antara medium dan sensor yang mengarah ke perubahan sifat optik, atau dengan kata lain, mengarah ke sinyal optik yang dapat dibaca dan diinterpretasikan, sering digunakan untuk pembuatan sensor optik. Berdasarkan klasifikasi IUPAC, sensor optik dapat dibagi lagi menurut: dengan jenis sifat optik, yang telah diterapkan untuk penginderaan:

- (a) Absorbansi, diukur dalam media transparan, yang disebabkan oleh absorptivitas analit itu sendiri atau melalui reaksi dengan beberapa indikator yang sesuai.
- (b) Reflektansi diukur dalam media tidak transparan, biasanya menggunakan alat yang tidak bergerak indikator.
- (c) *Luminescence*, berdasarkan pengukuran intensitas cahaya yang dipancarkan oleh reaksi kimia dalam sistem reseptor.
- (d) Fluoresensi, diukur sebagai efek emisi positif yang disebabkan oleh iradiasi. Juga, pendinginan selektif fluoresensi mungkin menjadi dasar perangkat tersebut.
- (e) Indeks bias, diukur sebagai akibat dari perubahan komposisi larutan. Ini mungkin juga termasuk efek *Surface Plasmon Resonance (SPR)*.
- (f) Efek optothermal, berdasarkan pengukuran efek termal yang disebabkan oleh cahaya penyerapan.
- (g) Hamburan cahaya, berdasarkan efek yang disebabkan oleh partikel dengan ukuran tertentu yang ada di Sampel [34]

Sensor kolorimetri adalah bagian penting dari sensor optik yang menunjukkan perubahan warna yang dapat dibedakan saat bereaksi dengan analitik. Perubahan warna ini sering dapat terdeteksi secara kasat mata. Lebih umum,

perubahan intensitas pada panjang gelombang tertentu dalam rentang yang terlihat (400–800 nm) dapat ditentukan menggunakan instrumentasi khusus [35].

Sensor kolorimetri dapat mendeteksi perubahan penyerapan spektrum termasuk panjang gelombang dan intensitas melalui pengenalan antara sistem sensor dan target, sehingga target dapat diidentifikasi dan ditentukan [36].

Desain sensor apa pun ditentukan oleh interaksi sensor dengan stimulus eksternal. Misalnya, sensor kolorimetri yang mengubah warnanya menandakan perubahan sifat fisik, seperti suhu, menggunakan molekul termokromik atau rakitan termokromik (termasuk kristal). Suhu baik menggeser kesetimbangan kimia antara dua bentuk molekul atau menghasilkan modifikasi sel satuan, atau transisi fase kristal. Perubahan warna yang disebabkan oleh suhu mungkin reversibel atau ireversibel. Bahan termokromik reversibel, yang mengembalikan warna aslinya setelah stimulus suhu ditarik, adalah sensor suhu yang berguna [37].