

**LAPORAN PENELITIAN  
TAHUN ANGGARAN 2024**

**JUDUL**

**SINTESIS KOMPOSIT  $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ /ALGA UNTUK MENDEGRADASI  
SENYAWA ANTIBIOTIK CIPROFLOXACIN**

|                      |   |                                                                                            |
|----------------------|---|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| Nomor DIPA           | : | DIPA-025.04.2.423812/2024                                                                  |
| Tanggal              | : | 24 November 2024                                                                           |
| Satker               | : | (423812) UIN Maulana Malik Ibrahim Malang                                                  |
| Kode Kegiatan        | : | (2132) Peningkatan Akses, Mutu, Relevansi dan Daya Saing Pendidikan Tinggi Keagamaan Islam |
| Kode Output Kegiatan | : | (BEI) Bantuan Lembaga                                                                      |
| Sub Output Kegiatan  | : | (003) BOPTN                                                                                |
| Kode Komponen        | : | (004) Dukungan Operasional Penyelenggara Pendidikan                                        |
| Kode Sub Komponen*   | : | (SD) Penelitian Dasar Program Studi (SBK)                                                  |

Oleh:  
**Ketua:**

**Dr. Anton Prasetyo**  
**NIP. 197709252006041003**

**Anggota**

**Tri Kustono Adi, Ph.D**  
**NIP. 19710311 200312 1 002**

**Siska Ela, M.Si**  
**NIP. 198710142020122001**

**Mahasiswa**  
**Juwita Khanif**  
**NIM. 200603110082**



**KEMENTERIAN AGAMA**  
**LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA**  
**MASYARAKAT (LP2M)**  
**UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM**  
**MALANG**  
**2024**

## HALAMAN PERSETUJUAN

Sintesis Komposit  $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ /Alga untuk Mendegradasi Senyawa Antibiotik Ciprofloxacin

Oleh:

Ketua : Dr. Anton Prasetyo  
NIP. 197709252006041003  
Anggota I: Tri Kustono Adi, Ph.D  
NIP. 19710311 200312 1 002  
Anggota II: Siska Ela K, M.Si  
NIP. 198710142020122001

Telah diperiksa dan disetujui *reviewer* dan komite penilai pada tanggal 20 November 2024

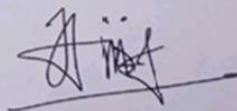
Malang, 20 November 2024

*Reviewer 1,*



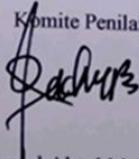
Prof. Dr. H. Chaerul Rochman, M.Pd., CIQaR

*Reviewer 2,*



Dr. Moch. Irfan Hadi, S.KM. M.KL.

Komite Penilai,



Ahmad Abtokhi, M.Pd



**KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK  
INDONESIA  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK  
IBRAHIM MALANG  
LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA  
MASYARAKAT**

Kampus I: Jalan Gajayana 50 Malang 65144, Telp. (0341) 551354, Fax.  
(0341) 572533  
Website: [www.lp2m.uin-malang.ac.id](http://www.lp2m.uin-malang.ac.id) E-mail: [lp2m@uin-malang.ac.id](mailto:lp2m@uin-malang.ac.id)

**HALAMAN PENGESAHAN**

Laporan Penelitian ini disahkan oleh Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada  
Masyarakat Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang  
Pada tanggal 20 November 2024

**Peneliti**

Ketua

: Dr. Anton Prasetyo  
NIP. 197709252006041003  
Tanda Tangan .....

Anggota I

: Tri Kustono Adi, Ph.D  
NIP. 19710311 200312 1 002  
Tanda Tangan .....

Anggota II

: Siska Ela, M.Si  
NIP. 198710142020122001  
Tanda Tangan .....



Ketua LP2M  
UIN Maulana Malik Ibrahim Malang

Prof. Dr. H. Agus Maimun, M.Pd.  
NIP. 19650817 199803 1 003

## DAFTAR ISI

|   |                            |    |
|---|----------------------------|----|
| 1 | Latar Belakang .....       | 3  |
| 2 | Rumusan Masalah .....      | 4  |
| 3 | Tujuan Penelitian .....    | 4  |
| 4 | Kajian.....                | 5  |
| 5 | Konsep dan Teori .....     | 7  |
| 6 | Metode Penelitian .....    | 11 |
| 7 | Hasil dan Pembahasan ..... | 16 |
| 8 | Kesimpulan Sementara ..... | 24 |
|   | Daftar Pustaka.....        | 24 |

## 1 Latar Belakang

Obat antibiotik telah berperan besar bagi penanganan penyakit infeksi pada manusia. Namun penggunaan yang berlebihan telah menimbulkan masalah baru bagi lingkungan yaitu munculnya limbah antibiotik (Riaz, dkk., 2020). Salah satu jenis limbah antibiotik yang juga telah dilaporkan keberadaannya adalah limbah antibiotik jenis ciprofloxacin. Limbah ini telah dilaporkan berbahaya bagi manusia dan keberadaannya sulit diurai oleh mikroorganisme. Sehingga diperlukan usaha-usaha untuk mengatasi masalah tersebut. Beberapa metode yang telah dikembangkan untuk menangani limbah antibiotik ciprofloxacin di antaranya adalah adsorpsi, oksidasi, lumpur aktif, fotokatalis (Li, dkk., 2020)

Salah satu metode yang berpotensi besar untuk penanganan limbah antibiotik adalah teknologi fotokatalis karena murah, efisien dan tidak menghasilkan limbah baru (Chen, dkk., 2020). Teknologi fotokatalis mampu mendegradasi senyawa antibiotik dikarenakan dalam mekanismenya akan dihasilkan reactive oxygen species (ROS) yang akan berreaksi dengan senyawa antibiotik (Li, dkk., 2021). Senyawa fotokatalis yang telah dilaporkan kemampuannya dalam mendegradasi senyawa antibiotik di antaranya adalah:  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{BiFeO}_3$ ,  $\text{BiFeO}_3$ , dan  $\text{Cu}_2\text{O}$  (Bai, dkk., 2023). Salah satu golongan senyawa yang dilaporkan berpotensi digunakan pada teknologi fotokatalis adalah senyawa berstruktur Aurivillius. Salah satu sifat menarik dari senyawa ini adalah sifat feroelektrik sehingga dapat menahan laju rekombinasi elektron ( $e^-$ )-hole ( $h^+$ ) (Khan, dkk., (2016)). Sehingga dengan sifat tersebut akan menguntungkan jika senyawa ini diterapkan pada teknologi fotokatalis karena akan mempunyai aktivitas fotokatalis yang baik.

Senyawa berstruktur Aurivillius mempunyai rumus umum  $(\text{Bi}_2\text{O}_2)^{2+} (\text{A}_{n-1}\text{B}_n\text{O}_{3n+1})^{-2}$  yang tersusun bergantian antara lapis bismuth  $(\text{Bi}_2\text{O}_2)^{2+}$  dan lapis pseudo perovskite  $(\text{A}_{n-1}\text{B}_n\text{O}_{3n+1})^{-2}$ . Situs A ditempati oleh kation berukuran besar seperti  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Sr}^{2+}$ ,  $\text{Ba}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Bi}^{3+}$ , sedangkan situs B diisi dengan kation bermuatan tinggi seperti  $\text{Ti}^{4+}$ ,  $\text{Nb}^{5+}$ ,  $\text{Ta}^{5+}$ ,  $\text{W}^{6+}$ , atau  $\text{Mo}^{6+}$ , sedangkan  $n$  menunjukkan jumlah lapis pseudo perovskite (Aurivillius, 1949). Senyawa golongan Aurivillius yang telah dilaporkan mempunyai sifat fotokatalis yang baik

adalah:  $\text{Bi}_2\text{WO}_6$ ,  $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$  dan  $\text{Ca}_2\text{Bi}_4\text{Ti}_5\text{O}_{18}$  (An, dkk., 2014; Zhao, dkk., 2019; Wang, dkk., 2020)

Sebagai material fotokatalis  $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$  dilaporkan mempunyai energi celah pita sebesar 3.1 eV (400 nm) (Singh, J.D. dkk., 2010). Pemanfaatan senyawa fotokatalis  $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$  untuk mendegradasi senyawa organik/zat warna seperti rhodamin B dan metyl orange telah dilaporkan (Liu, dkk., 2017). Pemanfaatan senyawa ini untuk mendegrasi senyawa antibiotic juga telah dilaporkan beberapa pihak. Zhu, dkk., (2022) melaporkan bahwa senyawa komposit  $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}/\text{Ag}_2\text{CO}_3$  mampu mendegradasi dengan baik senyawa antibiotik tetracycline hydrochloride. Namun, laporan terkait kemampuan senyawa  $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$  mendegradasi senyawa antibiotic masih sangat terbatas sehingga kajian sifat ini masih sangat diperlukan.

Aktivitas fotokatalis dipengaruhi oleh beberapa hal dan salah satunya adalah luas permukaan partikel. Hal ini dikarenakan reaksi yang terjadi pada senyawa fotokatalis terjadi di permukaan padatnya sehingga semakin luas maka akan menyebabkan interaksi dengan senyawa yang didegradasi akan semakin banyak (Li, dkk., 2020). Salah satu metode untuk memperluas luas permukaan dari senyawa fotokatalis adalah dengan menempelkan (*embedded*) pada supporting material seperti karbon aktif atau zeolite (Janus, dkk., 2009; Yang, dkk., 2020). Salah satu jenis biosorben yang dilaporkan mempunyai luas permukaan yang tinggi dan juga telah digunakan sebagai supporting material pada senyawa fotokatalis adalah Alga golongan *sargassum* s.p (Rabie, dkk., 2020). Oleh karenanya kemampuan degradasi dari senyawa  $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$  dapat ditingkatkan dengan menempelkannya atau membuat senyawa komposit dengan alga. Oleh karenanya dalam penelitian ini akan dilakukan sintesis komposisi  $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}/\text{Alga}$  dan akan diterapkan dalam mendegradasi senyawa antibiotic ciprofloxacin.

## **2 Rumusan Masalah**

Bagaimana aktivitas fotokatalis senyawa  $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$  yang dikompositkan dengan Alga dalam mendegradasi senyawa antibiotic ciprofloxacin.

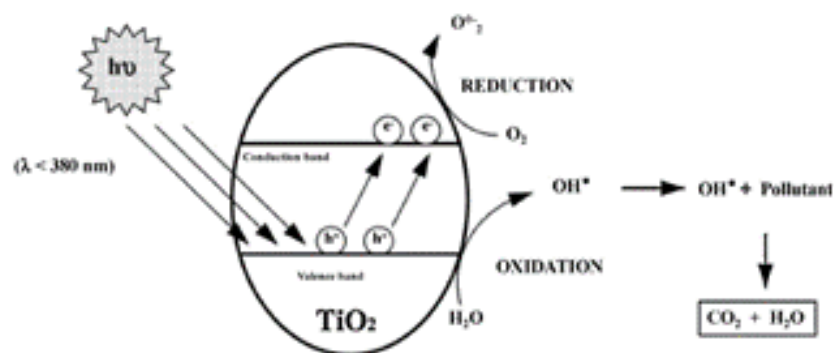
## **3 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah

- Mensintesis dan mengkarakterisasi senyawa komposit  $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}/\text{Alga}$
- Menguji kemampuan degradasi komposit  $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}/\text{Alga}$  dalam mendegradasi senyawa antibiotic Ciprofloxacin

#### 4 Kajian

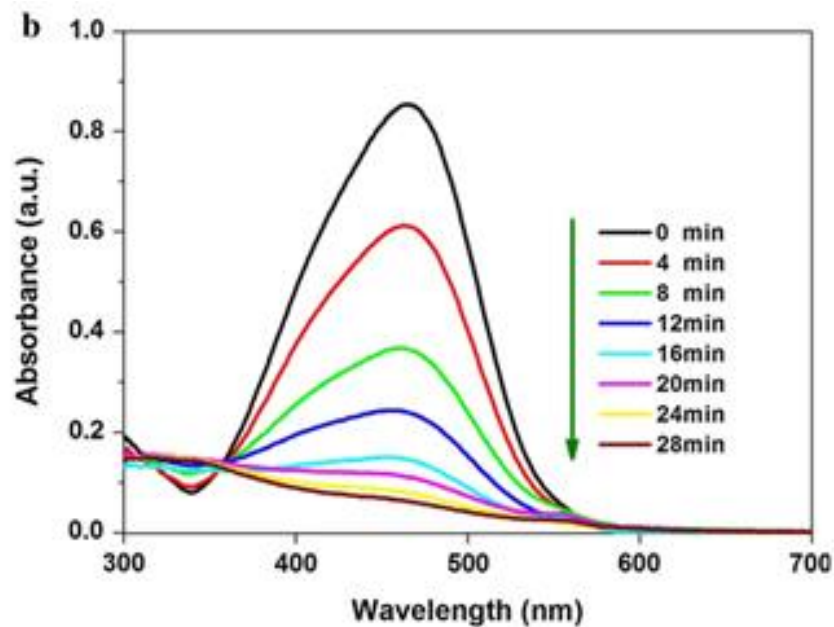
Teknologi fotokatalis telah menarik perhatian banyak pihak karena aplikasinya yang sangat luas seperti degradasi senyawa organik, oksidasi senyawa anorganik, produksi gas hydrogen maupun sebagai penghambat mikroorganisme (Irfan, dkk., 2022). Mekanisme senyawa fotokatalis dapat diterangkan sebagai berikut apabila permukaan dari material semikonduktor dipapar oleh sinar/foton dengan yang lebih besar dibandingkan dengan energi celah pita maka elektron di pita konduksi akan tereksitasi ke pita valensi dan akibatnya akan terbentuknya pasangan electron-hole ( $e^-/h^+$ ) yang selanjutnya  $e^-/h^+$  akan bereaksi dengan oksigen dan ion hidroksia membentuk ROS yang berupa radikal hidroksil ( $\bullet\text{OH}$ ) atau radikal superoksida ( $\bullet\text{O}_2$ ). Keberadaan ROS inilah yang nantinya akan bereaksi dengan senyawa organik seperti senyawa antibiotic dan mendegradasinya. Mekanisme fotokatalisis ditampilkan pada Gambar 1. (Ghaly, dkk., 2011)



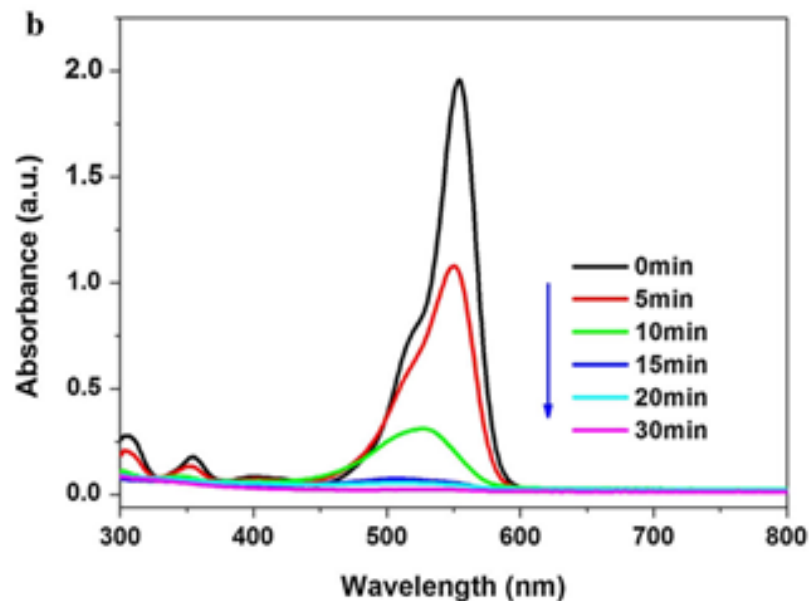
Gambar 1. Mekanisme umum fotokatalis (Ghaly, dkk., 2011)

Pemanfaatan senyawa fotokatalis  $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$  dalam mendegradasi senyawa organik yang salah satunya adalah senyawa antibiotic telah dilaporkan oleh beberapa pihak. Liu, dkk., (2017) telah mengkompositkan  $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$  dengan

$\text{Bi}_2\text{Ti}_2\text{O}_7$  dan diperoleh hasil yang sangat bagus dalam mendegradasi metyl orange dan rhodamin B yang hasil eksperimennya ditampilkan pada Gambar 2 dan 3.



Gambar 2 Uji degradasi metyl orange oleh komposit  $\text{Bi}_2\text{Ti}_2\text{O}_7/\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$



Gambar 3 Uji degradasi rhodamine B oleh komposit  $\text{Bi}_2\text{Ti}_2\text{O}_7/\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$

Untuk meningkatkan kemampuan senyawa fotokatalis dalam mendegradasi senyawa organik maka salah satu metode yang dilaporkan berhasil adalah dengan menempelkan pada supporting material. Rabie, dkk. (2017)

melaporkan telah memanfaatkan Alga *Sargassum* sp untuk senyawa fotokatalis ZnO dan diperoleh hasil yang baik. Sedangkan mekanisme penempelan ZnO pada alga *sargassim* sp ditampilkan pada Gambar 4.

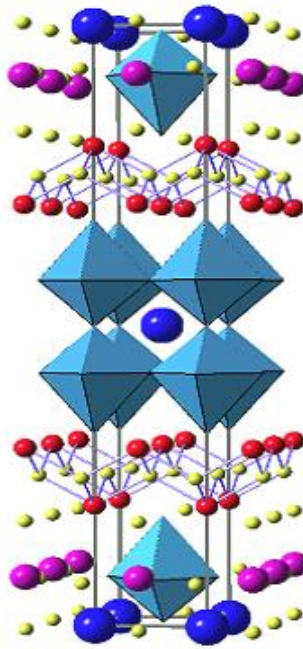


Gambar 4 Fotokatalis ZnO yang ditempelkan pada alga *Sargassum* sp.

## 5 Konsep dan Teori

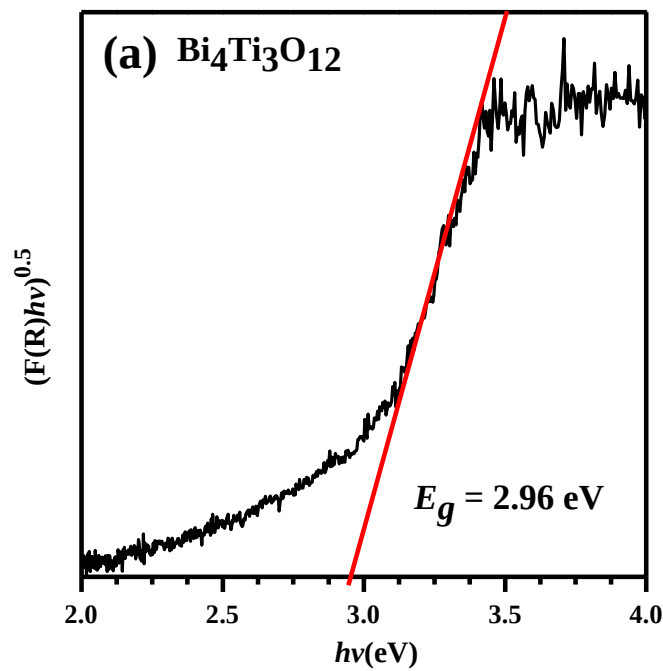
### 5.1 Senyawa $Bi_4Ti_3O_{12}$

Senyawa Aurivillius pertama kali dilaporkan pada tahun 1949 oleh Bengt Aurivillius dengan rumus umum  $Bi_2O_2[A_{m-1}B_mO_{3m+1}]^{2-}$  yang tersusun atas gabungan lapis bismut dan lapis perovskit. Kation *A* merupakan ion-ion bermuatan +1, +2, atau +3 yang biasanya berupa logam alkali, alkali tanah, unsur tanah jarang, sedangkan. Kation *B* berupa unsur transisi dengan ukuran yang lebih kecil dibandingkan dengan kation *A* yang biasanya adalah Ti, Fe, atau Nd. (Borg, dkk., 2002). Contoh struktur senyawa Aurivillius lapis 2 ditampilkan pada Gambar 3 (Rizal dan Ismunandar, 2007).



Gambar 5. Struktur Aurivillius lapis dua yang tersusun dari lapis perovskit  $(\text{Bi}_3\text{Ti}_3\text{O}_{10})^{2-}$  yang berinteraksi dengan dua lapis bismut  $(\text{Bi}_2\text{O}_2)^{2+}$ .

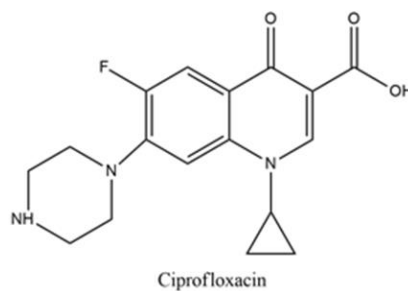
$\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$  digolongkan sebagai senyawa aurivillius lapis tiga yang beberapa tahun terakhir banyak dikaji tentang peluangnya sebagai material fotokatalis, akan dengan energi celah pita  $E_g = 3,1$  eV (Singh, dkk., 2010). Namun hasil penelitian lain melaporkan bahwa senyawa  $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$  mempunyai energi celah pita sebesar 2,96 eV yang artinya senyawa ini bisa menggunakan sumber cahaya tampak ungu. Plot Tauc senyawa  $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$  ditampilkan pada Gambar 6. Transisi elektronik yang terlibat adalah electron pita konduksi pada orbital O 2p and Bi 2s dan electron pada pita valensi pada orbital Ti 3d.



Gambar 6. Plot tauc  $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$

## 5.2 Senyawa Antibiotik Ciprofloxacin

Senyawa antibiotik ciprofloxacin dapat digolongkan sebagai antibiotik quinolone yang biasanya digunakan untuk pengobatan penyakit infeksi bakteri, seperti pneumonia, gonore, infeksi saluran kemih, infeksi prostat, atau infeksi mata dan telinga. Mekanisme ciprofloxacin sebagai antibiotic adalah dengan menghambat enzim topoisomerase IV dan DNA gyrase sehingga bakteri tidak bisa memperbanyak diri. Di pasar komersial ciprofloxacin dapat ditemui dalam bentuk sediaan tablet dan cairan (www.alodokter, 2024), Berikut ini adalah gambar dari struktur Ciprofloxacin.



Gambar 7. Struktur molekul ciprofloxacin

### 5.3 Fotokatalis

Teknologi fotokatalis pertama kali ditemukan oleh Fujishima dan Honda pada tahun 1972 yang melaporkan senyawa  $\text{TiO}_2$  yang diradiasi oleh cahaya dapat digunakan pada proses *water splitting*. Pada tahap selanjutnya teknologi fotokatalis digunakan untuk degradasi limbah organik dan oksidasi limbah logam (Fujishima, dkk., 2008).

Mekanisme teknologi fotokatalis secara sederhana dapat dijelaskan jika sinar dipaparkan pada permukaan senyawa fotokatalis maka elektron di pita valensi akan tereksitasi ke pita konduksi, menghasilkan pasangan elektron-hole. Pasangan elektron-hole inilah yang nanti akan membentuk ROS dan yang akan mendegradasi senyawa organik seperti limbah senyawa antibiotik. Tahapan degradasi limbah antibiotik dapat dijelaskan sebagai berikut Bai, dkk., 2022):

- (I) Perpindahan senyawa antibiotik cair ke permukaan padatan material fotokatalis
- (II) Senyawa antibiotik teradsorpsi pada permukaan padatan senyawa fotokatalis
- (III) Reaksi antara ROS dengan senyawa antibiotik di permukaan padatan
- (IV) Produk akhir degradasi adalah  $\text{CO}_2$  dan  $\text{H}_2\text{O}$

### 5.4 Alga

Alga adalah tumbuhan yang hidup di perairan yang asal namanya berasal dari bahasa latin yang berarti seaweed atau rumput laut. Alga juga dikenal sebagai lumut air dengan bentuk serat atau rambut. Tumbuhan alga dapat hidup di perairan laut, danau air asin, dan danau air tawar. Ciri dari tumbuhan: tidak memiliki akar, batang dan daun sejati dan mempunyai bentuk berbeda-beda yang tergantung pada jenisnya (<https://www.kompas.com/skola/read/2022/04/18/150000869/alga--pengertian-ciri-ciri-dan-manfaatnya>).

Alga multiseluler yang hidup di laut dikenal sebagai rumput laut. Rumput laut dibedakan menjadi 4 kelas berdasarkan perbedaan pigmennya, diantaranya adalah rumput laut hijau (Chlorophyta), rumput laut merah (Rhodophyta), rumput laut coklat (Phaeophyta), dan rumput laut hijau biru (Cyanophyta).

*Gracillaria verucosa* dan *Eucheuma cottonii* adalah dua jenis rumput laut yang termasuk kelompok Rhodophyta yang cukup melimpah keberadaannya di pantai Jawa Timur, Indonesia. Kedua jenis alga ini memiliki peran penting dalam industri makanan dan farmasi. *Gracillaria verucosa* banyak dibudidayakan sebagai bahan baku pembuatan agar karena kandungan alginatnya yang cukup tinggi, sementara *Eucheuma cottonii* dikenal sebagai sumber utama karaginan.



Gambar 8. Alga *Gracillaria verucosa* (kiri) dan *Eucheuma cottonii* (kanan)  
(dokumentasi pribadi)

## 6 Metode Penelitian

Penelitian yang dilakukan meliputi (a) sintesis senyawa  $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$  dengan menggunakan metode lelehan garam, dan (b) karakterisasi hasil sintesis dengan menggunakan teknik difraksi sinar-X serbuk, SEM-EDS, dan *diffuse reflectance spectroscopy*. (c) Sintesis komposit  $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ /Alga, dan (d) Uji Degradasi Ciprofloxacin

### 6.1 Bahan

Prekursor yang digunakan dalam penelitian ini adalah  $\text{Bi}_2\text{O}_3$  (Himedia serbuk),  $\text{TiO}_2$  (Sigma Aldrich serbuk), sedangkan bahan lainnya adalah: aseton, NaCl (Merck, serbuk), KCl (Merck serbuk), aquades, Alga hijau, merah, dan coklat (komersial)

Pada tahap ini kami sudah menyiapkan tiga jenis rumput laut yaitu: (a) *Spinosum cottoni*, (b) *Euchema spinosum* (c) *Sargassum*. Sampel yang sedang disiapkan ditampilkan pada Gambar. 9.



Gambar 9. Rumpul laut

## 6.2 Sintesis Senyawa $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$

Senyawa Aurivillius  $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$  disintesis dengan metode lelehan garam campuran NaCl-KCl dengan perbandingan molar senyawa produk dan garam adalah 1:7. Prekursor ditimbang sesuai dengan stoikiometri reaksi dengan massa senyawa target adalah 3 gram. Selanjutnya prekursor  $\text{Bi}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ , dan garam campuran NaCl/KCl ditempatkan pada mortar agate dan digerus selama 1 jam dan ditambahkan aseton untuk menjadi lebih homogen. Selanjutnya prekursor dan garam dikalsinasi pada suhu 750 dan 820°C selama 6 jam dan kemudian dikeluarkan dari tanur. Pada tahap berikutnya garam pada sampel dihilangkan dengan melakukan pencucian dengan air panas. Identifikasi sisa garam NaCl-KCl dilakukan dengan ditetaskan larutan  $\text{AgNO}_3$  pada larutan air dari pencucian sampai tidak lagi muncul endapan putih. Dan pada tahap akhir Sampel dikeringkan menggunakan oven untuk menghilangkan kadar air.

## 6.3 Sintesis Komposit $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ /Alga

Alga yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis alga: spinosum cottoni, Eucheuma spinosum dan Sargassum. Pada tahap awal, sampel alga dikeringkan dan kemudian di gerus. Selanjutnya 0,5 g  $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$  dan 4 g alga dilarutkan dalam 60 ml etanol. Pada suhu 73 °C, campuran diaduk selama satu jam. Dan kemudian ditambahkan larutan 6 ml etanol dan 1,58 ml dietanolamina pada larutan dan selama penambahan dilakukan pengadukan. Padatan kemudian dikeringkan dalam pada oven pada suhu 90 °C (Zamani, dkk., 2023).

#### 6.4 Karakterisasi

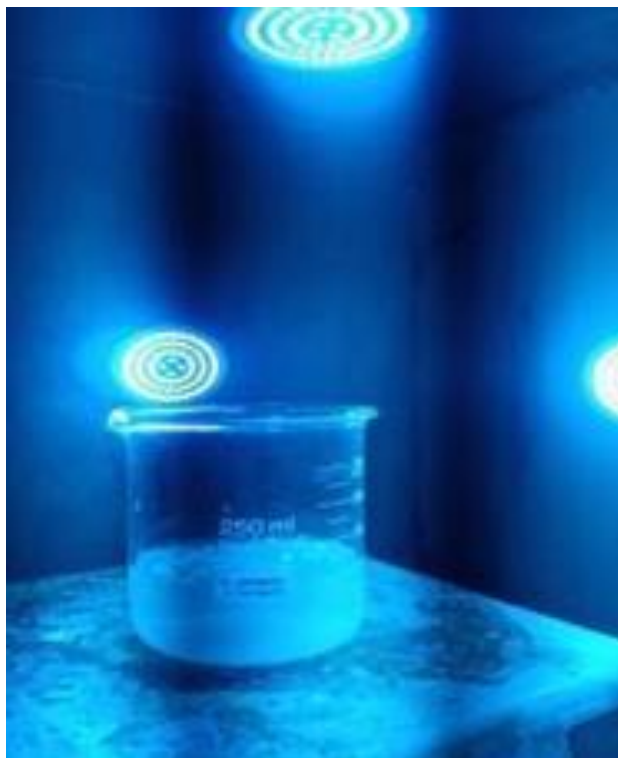
Teknik karakterisasi yang digunakan adalah (a) karakterisasi XRD menggunakan Instrumen XRD dengan menggunakan radiasi Cu-K $\alpha$  pada 40 kV dan 30 mA pada rentang  $2\theta$  ( $^{\circ}$ ) = 10-90. Difractogram yang diperoleh dibandingkan dengan database difraktogram senyawa Bi<sub>4</sub>Ti<sub>3</sub>O<sub>12</sub> pada *Inorganic Crystal Structure Database* (ICSD). (b) Karakterisasi SEM menggunakan instrument dan kemudian dianalisis dengan menggunakan software *Image J* untuk menghitung particle size distribusinya. (c) Karakterisasi UV-Vis DRS menggunakan instrument dan diukur pada rentang panjang gelombang gelombang 200-800 nm. Analisis data dari instrument UV-Vis DRS dilakukan dengan menggunakan persamaan Kubelka-Munk (persamaan 1)

$$F(R) = \frac{(1-R)^2}{2R} = \frac{K}{S} \dots \dots \dots (1)$$

Dengan  $F(R)$  adalah faktor Kubelka-Munk,  $K$  adalah koefisien molar absorpsi,  $S$  adalah koefisien scattering, dan  $R$  adalah nilai reflektanse. Energi celah pita dihitung secara regresi linier pada nilai  $x$  ( $h\nu$  = energi celah pita) ketika  $y = 0$ .

#### 6.5 Uji Degradasi Antibiotik Ciprofloxacin

Dalam uji ini digunakan 100 miligram Bi<sub>4</sub>Ti<sub>3</sub>O<sub>12</sub>/Alga dan kemudian dimasukkan ke dalam gelas kimia yang berisi 100 mL ciprofloxacin 5 ppm. Selanjutnya dilakukan uji (a) menghitung kapasitas adsorpsi komposit Bi<sub>4</sub>Ti<sub>3</sub>O<sub>12</sub>/Alga dengan melakukan pengadukan larutan uji selama dua jam dan dihitung perubahan konsentrasi di akhir pengujian (b) pengujian aktivitas katalisis dengan melakukan pengaduan dan penyinaran dengan sinar UV pada larutan uji selama 120 menit dan kemudian dilakukan pengukuran konsentrasi akhir setelah pengujian. Dalam pengujian fotokatalis menggunakan lampu UV komersial sebanyak lima. Pengukuran konsentrasi ciprofloxacin menggunakan spektroskopi UV Vis. Uji degradasi menggunakan reaktor fotokatalis buatan sendiri (*homemade*) dengan ukuran 40x40x40 cm dan dilengkapi dengan lima buah lampu UV komersial. Reaktor komersial yang digunakan dalam uji aktivitas fotokatalis dalam mendegradasi ciprofloxacin ditampilkan pada Gambar 10



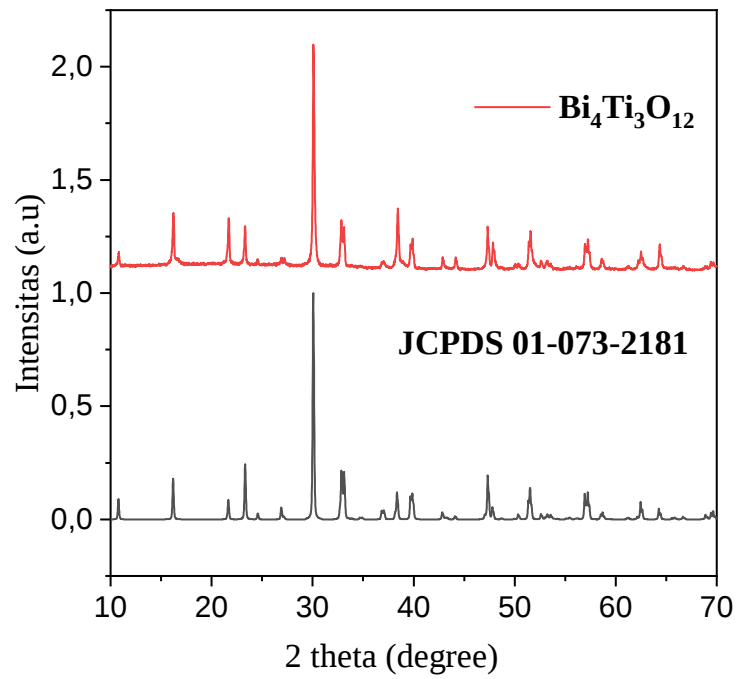
Gambar 10. Reaktor Fotokatalis

## 7 Hasil dan Pembahasan

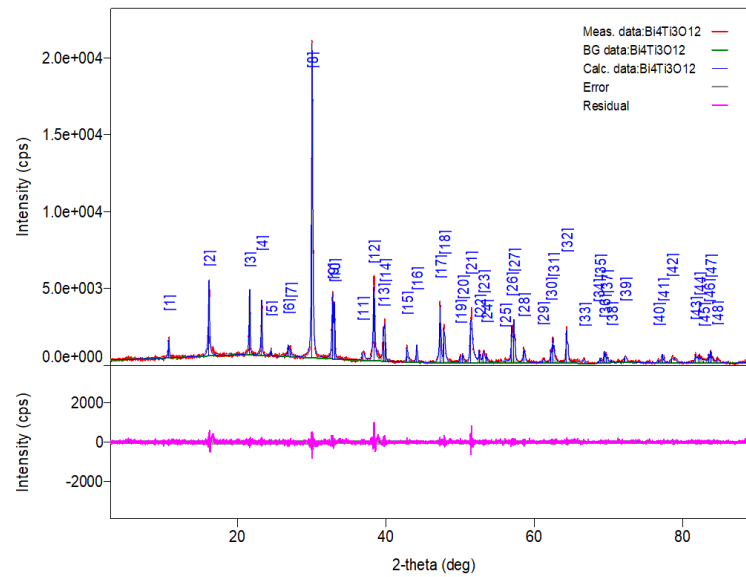
Hasil sementara dari penelitian ini sampai dengan tanggal 20 september 2024 adalah : (a) Sintesis senyawa  $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ , (b) Hasil karakterisasi sampel  $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$  dengan menggunakan *X-ray diffraction* dan UV-Vis DRS, (c) preparasi sampel Alga/rumput laut. Hasil-hasil sementara dibahas pada bagian di bawah ini.

### 7.1 Difraktogram Sampel $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$

Difraktogram senyawa hasil sintesis  $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$  ditampilkan pada Gambar 11 dan apabila dibandingkan dengan data standar pada data di Joint Committee Powder Diffractogram Standar (JCPDS) no 01-073-2181 senyawa  $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$  maka dapat diketahui bahwa difraktogram sampel dengan standar mempunyai kesesuaian. Hal ini menunjukkan bahwa senyawa target telah berhasil disintesis. Difraktogram juga menunjukkan tidak ditemukan puncak-puncak tambahan yang mengindikasikan tidak ditemukan senyawa pengotor. Hasil perbandingan detail (dengan proses refinement) ditampilkan pada Gambar 12.



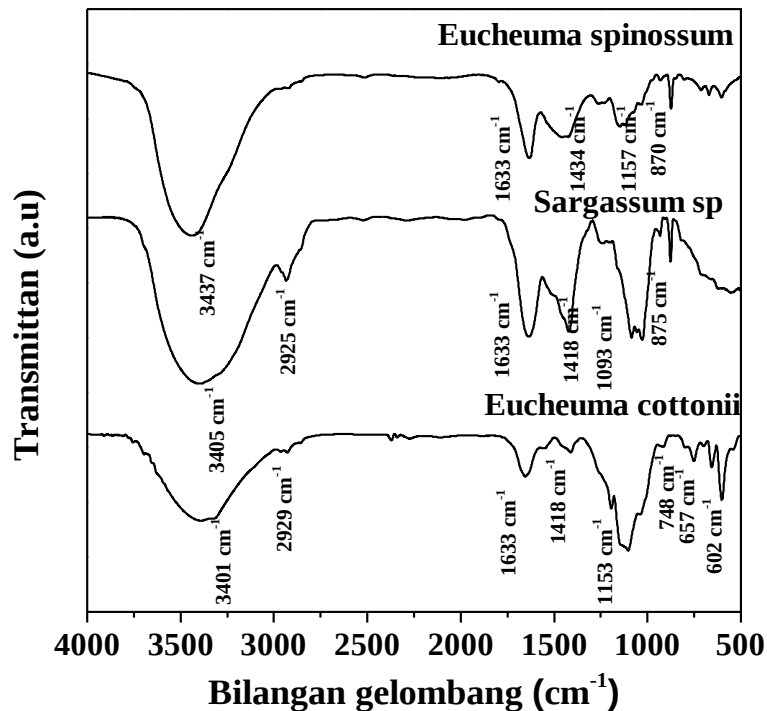
Gambar 11. Difraktogram  $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$



Gambar 12. Plot *refinement*

## 7.2 Karakterisasi IR Sampel Rumput Laut

Spektra IR dari ketiga sampel rumput laut ditampilkan pada Gambar 13 dan ditemukan puncak puncak vibrasi IR pada daerah: (a)  $\sim 3400\text{ cm}^{-1}$  yang merupakan vibrasi OH, (b)  $\sim 2900\text{ cm}^{-1}$  yang merupakan vibrasi stretching C-H, (c)  $1633\text{ cm}^{-1}$  merupakan vibrasi *asymmetric and symmetric stretching* COOH (d)  $\sim 1418\text{ cm}^{-1}$  merupakan vibrasi deformasi C-OH dengan kontribusi dari vibrasi O-C-O, (e)  $\sim 1100\text{ cm}^{-1}$  merupakan vibrasi S=O, (f)  $1150\text{ cm}^{-1}$  merupakan vibrasi C-O dan (g) dan pada  $\sim 600\text{-}900\text{ cm}^{-1}$  merupakan vibrasi dari ester sulphate dari struktur 3,6-anhydro-L-galactose, agar specific band, galactose 4-sulphate, galactose 6-sulphate yang merupakan struktur khas dari rumput laut (Arulkumar, dkk., 2018)

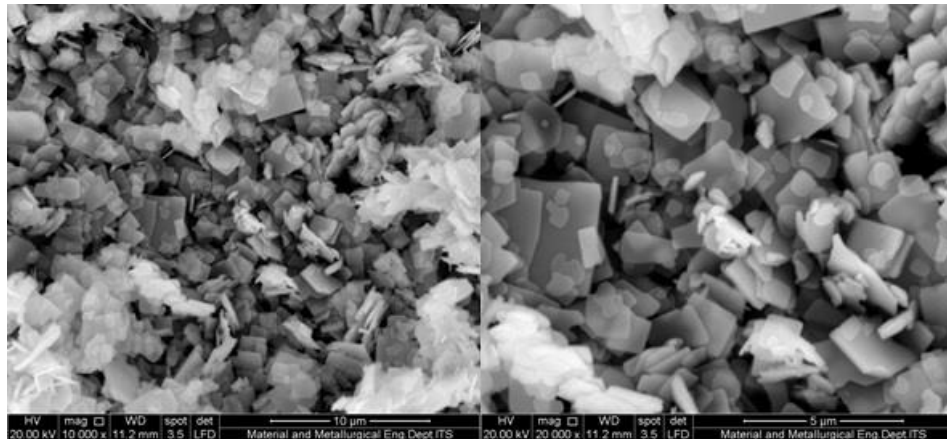


Gambar 13 Spektra IR rumput laut

## 7.3 Karakterisasi SEM $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$

Mikrograph SEM ditampilkan pada Gambar 14 dan dapat diketahui bahwa morfologi partikel yang diperoleh berbentuk plate-like/sheet. Dilihat dari skala pada mikro bar pada Gambar SEM dapat diketahui bahwa partikel yang diperoleh berbentuk Plate-like dan berkesesuaian dengan laporan peneliti yang lain yang

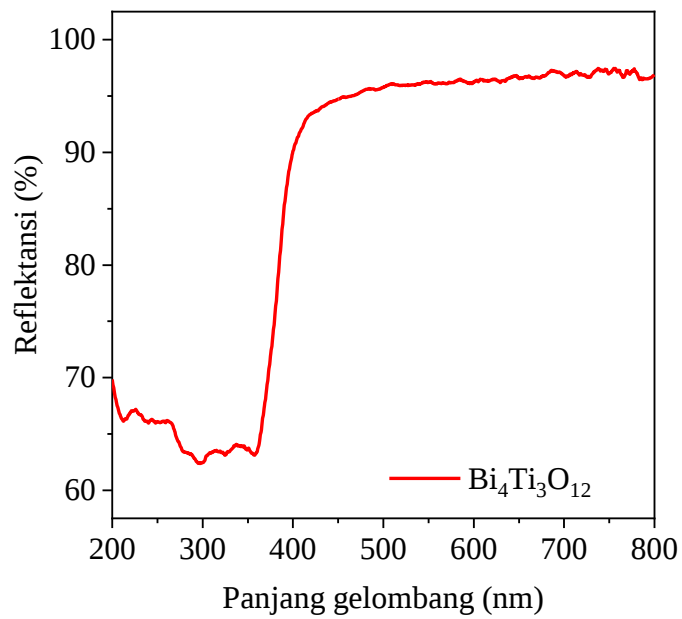
menyatakan bahwa morfologi khas dari senyawa Aurivillius adalah plate-like/sheet (Zhao, dkk., 2014). Partikel plate-like  $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$  dilaporkan mempunyai aktivitas fotokatalis yang baik (Che, dkk., 2016).



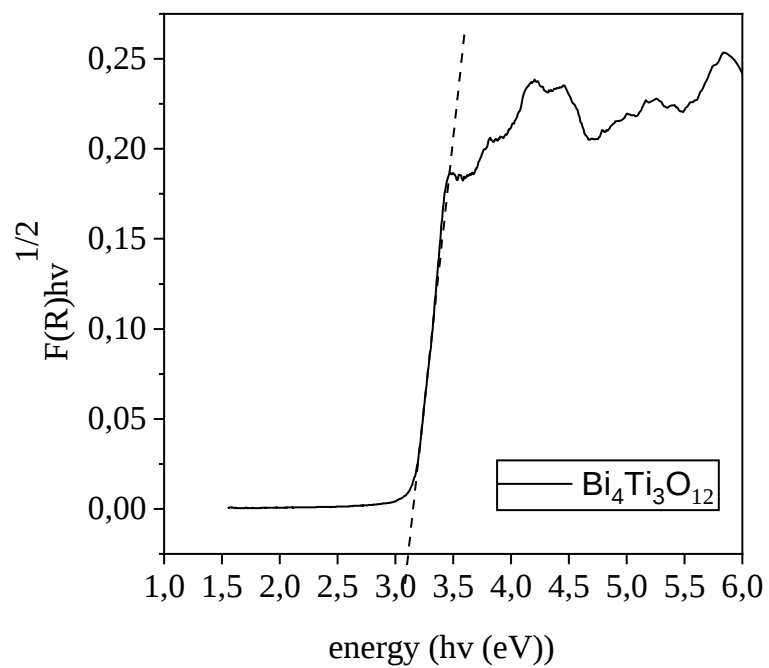
Gambar 14. Gambar SEM senyawa  $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$

#### 7.4 Karakterisasi UV-Vis DRS $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$

Spektrum reflectance sampel  $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$  ditampilkan pada Gambar 15, sedangkan perhitungan energi celah pita dengan menggunakan persamaan Kubelka-Munk ditampilkan pada Gambar 16. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa senyawa  $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$  mempunyai energi celah pita sebesar 3,12 eV (397,7 nm). Hal ini menunjukkan bahwa senywa ini masih bekerja di daerah UV panjang. Transisi elektronik yang terlibat adalah melibatkan elektron pada orbital 6s Bi dan 2p pada *valence band* dan 3d Ti di *conduction band*



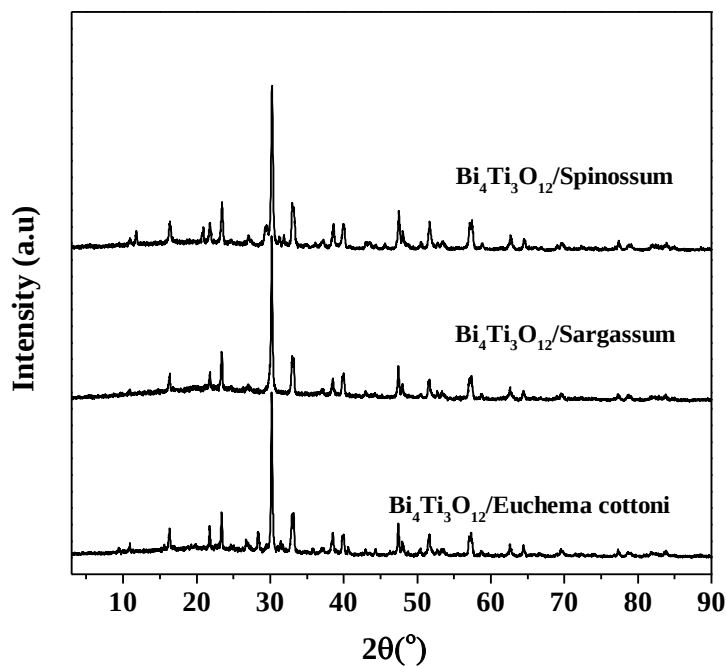
Gambar 15. Spektrum reflectance



Gambar 16. Plot tauc senyawa  $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$

### 7.5 Difraktogram $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ /Alga

Difraktogram senyawa hasil sintesis komposit  $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ /Algae ditampilkan pada Gambar 17 dan apabila dibandingkan dengan difraktogram pada Gambar 11 maka diperoleh kesesuaian dengan difraktogram sampel  $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ . Hal ini menunjukkan bahwa dalam sampel telah mengandung senyawa  $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ , sedangkan puncak difraksi dari algae/rumput laut tidak muncul karena untuk alat difraksi berbasis pada difraksi electron, sementara sampel rumput laut banyak tersusuk atas atom C, O dan H yang jumlah elektronnya lebih sedikit dengan Bi, Ti atau Fe sehingga tidak muncul dalam difraktogram. Difraktogram juga menunjukkan bahwa tidak terbentuk senyawa pengotor selama pembentukan komposit.

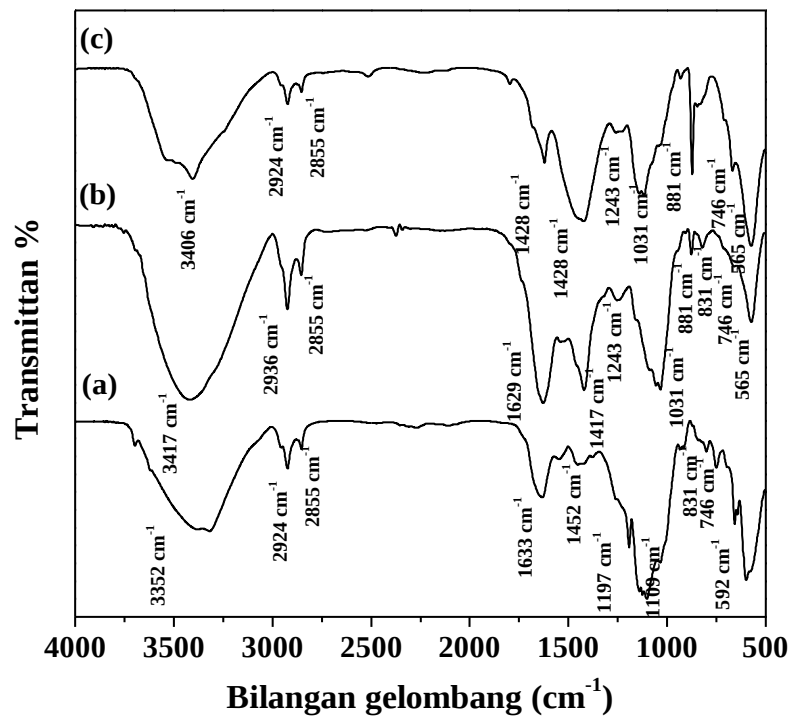


Gambar 17. Difraktogram sampel komposit  $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ /Alga

### 7.6 Spektra IR $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ /Alga

Spektra IR dari komposit  $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ /Alga ditampilkan pada Gambar 18 dan apabila dibandingkan dengan spectra IR Algae/rumput laut pada Gambar 13 maka

dapat ditemukan kesesuaian. Hal ini menunjukkan bahwa pada sampel mengandung algae/rumput laut yang merupakan salah satu bahan dari komposit. Spektra IR juga menunjukkan puncak baru pada daerah  $\sim 550\text{ cm}^{-1}$  yang berhubungan dengan vibrasi Ti-O dari struktur octahedral  $\text{TiO}_6$  (Afkir, dkk., 2018)

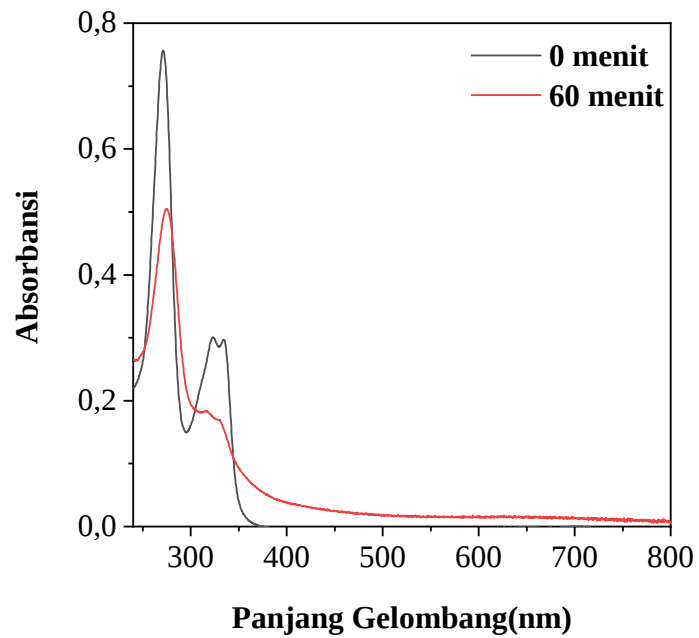


Gambar 18 Spektra IR komposit  $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}/\text{Alga}$

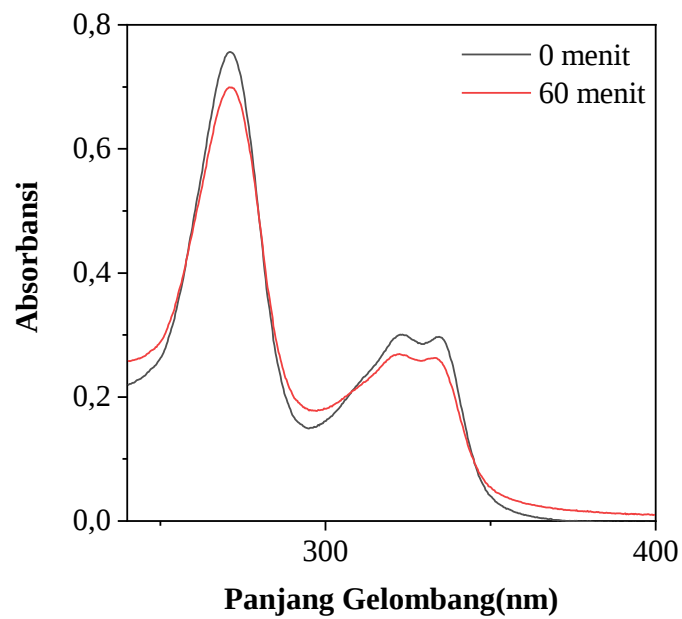
### 7.7 Uji Aktifitas Fotokatalis $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}/\text{Alga}$

Spektrum absorbansi senyawa ciprofloxacin setelah diinteraksikan dengan komposit  $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}/\text{Alga}$  ditampilkan pada Gambar 19-21. Gambar 19 memperlihatkan bahwa senyawa komposit  $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}/\text{Euchema spinosum}$  mempunyai kemampuan menurunkan konsentrasi ciprofloxacin sekitar 30% selama 60 menit. Hal ini menunjukkan bahwa senyawa komposit ini mempunyai kemampuan yang baik dalam menurunkan senyawa antibiotik ciprofloxacin. Sedangkan pada sampel komposit  $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}/\text{Spinossium cottoni}$  tidak menunjukkan hasil yang baik. Hal ini dimungkinkan karena terjadi penggumpalan selama pengukuran sehingga proses fotokatalis tidak maksimal. Sedangkan pada sampel  $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}/\text{Sargassum}$  tidak menunjukkan hasil selama pengukuran yang

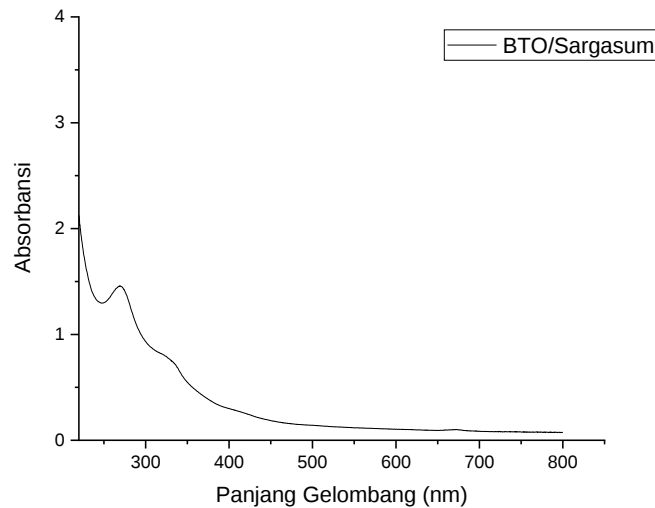
dimungkinkan karena penggumpalan yang berlebihan sehingga mengganggu proses transmisi sinar UV



Gambar 19 Spektrum absorpsi konsentrasi ciprofloxacin setelah diinteraksikan dengan komposit  $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ /Euchema spinosum



Gambar 20 Spektrum absorsi konsentrasi ciprofloxacin setelah diinteraksikan dengan komposit  $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ /Spinosum cottoni



Gambar 20 Spektrum absorsi konsentrasi ciprofloxacin setelah diinteraksikan dengan komposit  $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ /Sargassum

## 8 Kesimpulan Sementara

Dalam penelitian dapat disimpulkan bahwa:

- Senyawa  $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$  Berhasil disintesis dengan metode lelehan garam
- Senyawa Komposit  $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ /Alga berhasil disintesis
- Senyawa Komposit  $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ /Alga mampu menurunkan konsentrasi ciprofloxacin

## Daftar Pustaka

- An, L., Wang, G., Zhou, X. et al., 2014, Preparation of Ag-loaded octahedral  $\text{Bi}_2\text{WO}_6$  photocatalyst and its photocatalytic activity. *Russ. J. Phys. Chem.* 88, 2424–2428. <https://doi.org/10.1134/S003602441413010X>
- Afqir, M., Tachafine, A., and Fasquelle, D., 2018, Preparation and dielectric properties of  $\text{BaBi}_{1.8}\text{Ln}_{0.2}\text{Nb}_2\text{O}_9$  (Ln = Ce, Gd) ceramics, *Materials Science-Poland*, 36, 1.

- Akira Fujishima, Xintong Zhang, Donald A. Tryk, 2008, TiO<sub>2</sub> photocatalysis and related surface phenomena, *Surface Science Reports*, 63, Issue 12, 2008, 515-582.
- Arulkumar, A., Paramasivam, S. & Miranda, J.M. Combined Effect of Icing Medium and Red Alga *Gracilaria verrucosa* on Shelf Life Extension of Indian Mackerel (*Rastrelliger kanagurta*). *Food Bioprocess Technol* 11, 1911–1922 (2018). <https://doi.org/10.1007/s11947-018-2154-x>
- Aurivillius, B. 1949. Mixed Bismuth Oxide with Layer Lattices: I The Structure Type of Bi<sub>4</sub>Ti<sub>3</sub>O<sub>12</sub>, *Arkiv Kemi Band I*, 58, 499-512
- Bai, X.; Chen, W.; Wang, B.; Sun, T.; Wu, B.; Wang, Y., 2022, Photocatalytic Degradation of Some Typical Antibiotics: Recent Advances and Future Outlooks. *Int. J. Mol. Sci.* 23, 8130. <https://doi.org/10.3390/ijms23158130>
- Chen, Z., Jiang, H., Jin, W., and Shi, C., *Appl. Catal. B.*, **2016**, 180, 698-706.
- Janus, M., Kusiak, E. & Morawski, A.W. 2009, Carbon Modified TiO<sub>2</sub> Photocatalyst with Enhanced Adsorptivity for Dyes from Water. *Catal Lett* **131**, 506–511. <https://doi.org/10.1007/s10562-009-9932-z>
- Irfan, F., Tanveer, M.U., Moiz, M.A. et al. 2022, TiO<sub>2</sub> as an effective photocatalyst mechanisms, applications, and dopants: a review. *Eur. Phys. J. B* 95, 184 (2022). <https://doi.org/10.1140/epjb/s10051-022-00440-8>
- Khan, M. A.; Nadeem, M. A.; Idriss, H., 2016, Ferroelectric Polarization Effect on Surface Chemistry and Photo-Catalytic Activity: A Review. *Surface Science Reports*. 71 (1), 1–31. DOI: 10.1016/j.surfrep.2016.01.001
- Li, J., Yu, G., Pan, L. et al. 2020 Ciprofloxacin adsorption by biochar derived from co-pyrolysis of sewage sludge and bamboo waste. *Environ Sci Pollut Res* **27**, 22806–22817. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-08333-y>
- .Li, D.; Song, H.; Meng, X.; Shen, T.; Sun, J.; Han, W.; Wang, X. 2020, Effects of Particle Size on the Structure and Photocatalytic Performance by Alkali-Treated TiO<sub>2</sub>. *Nanomaterials*, 10, 546. <https://doi.org/10.3390/nano10030546>
- Liu, Y., Zhu, G., Peng, J. et al. 2017, One-step molten-salt method fabricated Bi<sub>2</sub>Ti<sub>2</sub>O<sub>7</sub>/Bi<sub>4</sub>Ti<sub>3</sub>O<sub>12</sub> composites with enhanced photocatalytic activity. *J Mater Sci: Mater Electron* 28, 2172–2182. <https://doi.org/10.1007/s10854-016-5782-9>
- Pengfei Zhu, Shasha Zhang, Lisi Xie, Xingyang Xiao, Xiaolong Wu, 2022, Efficient degradation of antibiotics by Bi<sub>4</sub>Ti<sub>3</sub>O<sub>12</sub>/Ag<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> with the

surface plasmon resonance effect under visible light irradiation, *Optical Materials*, 134, Part A, 2022, 113203,

Riaz, L. *et al.*, 2020. Antibiotics Use in Hospitals and Their Presence in the Associated Waste. In: Hashmi, M. (eds) Antibiotics and Antimicrobial Resistance Genes. Emerging Contaminants and Associated Treatment Technologies. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-40422-2\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-030-40422-2_2)

Rabie, A.M., Abukhadra, M.R., Rady, A.M. *et al.* 2020, Instantaneous photocatalytic degradation of malachite green dye under visible light using novel green Co–ZnO/algae composites. *Res Chem Intermed*, **46**, 1955–1973. <https://doi.org/10.1007/s11164-019-04074-x>

Shijie Li, Chunhuan Wang, Yanping Liu, Bing Xue, Wei Jiang, Yu Liu, Liuye Mo, Xiaobo Chen, 2021, Photocatalytic degradation of antibiotics using a novel Ag/Ag<sub>2</sub>S/Bi<sub>2</sub>MoO<sub>6</sub> plasmonic p-n heterojunction photocatalyst: Mineralization activity, degradation pathways and boosted charge separation mechanism, *Chemical Engineering Journal*, 415, 128991,

Singh, J.D., Seo, S.S.A., dan Lee, H. D., 2010, Optical Properties of Ferroelectric Bi<sub>4</sub>Ti<sub>3</sub>O<sub>12</sub>, *Physical Review B* 82, 180103.

Wang Y, Zhang M, Wu J, Hu Z, Zhang H, Yan H. 2020, Ferroelectric and photocatalytic properties of Aurivillius phase Ca<sub>2</sub>Bi<sub>4</sub>Ti<sub>5</sub>O<sub>18</sub>. *J Am Ceram Soc.* 2020; 104: 322–328. <https://doi.org/10.1111/jace.17466>

Yang, L., Zhao, Y., Liu, Y. *et al.* 2020, Sol–gel synthesis of B–TiO<sub>2</sub>(20%)/HZSM-5 composite photocatalyst for azophloxine degradation. *J Sol-Gel Sci Technol*, 93, 371–379 (2020). <https://doi.org/10.1007/s10971-019-05153-6>.

Zhao, X., Yang, H., Cui, Z. *et al.*, 2019, Synergistically enhanced photocatalytic performance of Bi<sub>4</sub>Ti<sub>3</sub>O<sub>12</sub> nanosheets by Au and Ag nanoparticles. *J Mater Sci: Mater Electron* 30, 13785–13796 (2019). <https://doi.org/10.1007/s10854-019-01762-7>.

Zhao, Z., Li, X., Ji, H., and Deng, M., *Integr. Ferroelectr.*, **2014**, 154, 54–158

Zamani, W., Rastgar, S. & Hedayati, 2023, A. Capability of TiO<sub>2</sub> and Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> nanoparticles loaded onto Algae (*Scenedesmus sp.*) as a novel bio-magnetic photocatalyst to degradation of Red195 dye in the sonophotocatalytic treatment process under ultrasonic/UVA irradiation. *Sci Rep* **13**, 18182. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-45274-1>

<https://www.alodokter.com/ciprofloxacin>

<https://www.kompas.com/skola/read/2022/04/18/150000869/alga--pengertian-ciri-ciri-dan-manfaatnya>

### Lampiran 1. Laporan Keuangan

| NO | JENIS KEGIATAN                                     | Vol | Sat     | Harga (Rp)    | Jumlah (Rp)           |
|----|----------------------------------------------------|-----|---------|---------------|-----------------------|
|    | <b>Bahan Penelitian</b>                            |     |         |               |                       |
| 1  | Aseton                                             | 5   | liter   | Rp 800.000    | Rp 4.000.000          |
| 2  | Bi <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Sigma Aldrich 100 g | 100 | gram    | Rp 3.000.000  | Rp 3.000.000          |
| 3  | TiO <sub>2</sub> Sigma Aldrich 100 g               | 100 | gram    | Rp 3.500.000  | Rp 3.500.000          |
| 4  | NaCl Sigma Aldrich 100 g                           | 100 | gram    | Rp 2.500.000  | Rp 2.500.000          |
| 5  | AgNO <sub>3</sub> Sigma Aldrich 100 g              | 100 | gram    | Rp 2.400.000  | Rp 2.400.000          |
| 6  | KCl Sigma Aldrich 500 g                            | 500 | gram    | Rp. 2.000.000 | Rp. 2.000.000         |
| 7  | Crusible Alumina 30 ml                             | 5   | buah    | Rp 920.000    | Rp 4.600.000          |
| 8  | HNO <sub>3</sub> Pekat                             | 1   | Liter   | Rp.1000.000   | Rp. 1.000.000         |
| 9  | Etanol                                             | 1   | Liter   | Rp. 800.000   | Rp. 800.000           |
| 10 | Dietilamino etanol                                 | 100 | ml      | Rp. 200.000   | Rp. 200.000           |
|    | <b>TOTAL</b>                                       |     |         |               | <b>Rp. 24.000.000</b> |
|    | <b>Biaya Jasa Karakterisasi</b>                    |     |         |               |                       |
| 1  | XRD                                                | 8   | sampel  | 250.000       | Rp. 2.000.000         |
| 2  | SEM-EDS                                            | 2   | sampel  | 500.000       | Rp. 1.000.000         |
| 3  | UV-Vis DRS                                         | 1   | sampel  | 200.000       | Rp. 200.000           |
| 4  | Spektroskopi IR                                    | 10  | sampel  | 150.000       | Rp. 1.500.000         |
|    | <b>Total</b>                                       |     |         |               | <b>Rp. 4.700.000</b>  |
|    | <b>Biaya HAKI dan Publikasi</b>                    |     |         |               |                       |
| 1  | HAKI                                               | 1   | dokumen | 400.000       | 400.000               |
| 2. | Biaya Publikasi                                    | 1   | Dokumen | 900.000       | 900.000               |
|    | <b>TOTAL KESELURUHAN</b>                           |     |         |               | <b>Rp 30.000.000</b>  |