

**ISOLASI BAKTERI PROTEOLITIK DARI TANAH TEMPAT PEMBUANGAN  
AKHIR (TPA) PIYUNGAN DAN EKSPLORASI POTENSINYA SEBAGAI  
AGEN BIOREMEDIASI LIMBAH CAIR TEMPE**

**Skripsi  
Untuk memenuhi sebagian persyaratan  
mencapai derajat Sarjana Kimia**



STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
**SUNAN KALIJAGA**  
YOGYAKARTA

**Amalia Ginanti  
17106030005**

**PROGRAM STUDI KIMIA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA  
2022**



KEMENTERIAN AGAMA  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
Jl. Marsda Adisucipto Telp. (0274) 540971 Fax. (0274) 519739 Yogyakarta 55281

## PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-1856/Un.02//PP.00.9/08/2022

Tugas Akhir dengan judul : ISOLASI BAKTERI PROTEOLITIK DARI TANAH TEMPAT PEMBUANGAN AKHIR (TPA) PIYUNGAN DAN EKSPLORASI POTENSINYA SEBAGAI AGEN BIOREMEDIASI LIMBAH CAIR TEMPE

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : AMALIA GINANTI  
Nomor Induk Mahasiswa : 17106030005  
Telah diujikan pada : Kamis, 21 Juli 2022  
Nilai ujian Tugas Akhir : A-

dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

### TIM UJIAN TUGAS AKHIR



Ketua Sidang

Dr. Esti Wahyu Widowati, M.Si  
SIGNED

Valid ID: 6303450019978



Penguji I

Lela Susilawati, S.Pd., M.Si  
SIGNED

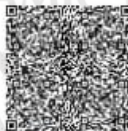
Valid ID: 630444bf73609



Penguji II

Ika Qurrotul Afifah, M.Si.  
SIGNED

Valid ID: 63043c0c09ef8



Yogyakarta, 21 Juli 2022  
UIN Sunan Kalijaga  
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si.  
SIGNED

Valid ID: 6304823f110e9

## **SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI**

Yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : Amalia Ginanti  
NIM : 17106030005  
Jurusan : Kimia  
Fakultas : Sains dan Teknologi

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul **"Isolasi Bakteri Proteolitik Dari Tanah Tempat Pembuangan Akhir (TPA) dan Eksplorasi Potensinya Sebagai Agen Bioremediasi Limbah Cair Tempe"** merupakan hasil penelitian saya sendiri, tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjana di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Jika terbukti pernyataan ini tidak benar, maka penulis siap mempertanggungjawabkan sesuai hukum yang berlaku.

Yogyakarta, 10 Agustus 2022



Amalia Ginanti  
NIM 17106030035



### **SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR**

Hal : Persetujuan Skripsi / Tugas Akhir

Lamp :

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

di Yogyakarta

*Assalamu'alaikum wr. wb.*

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Amalia Ginanti

NIM : 17106030005

Judul Skripsi : Isolasi Bakteri Proteolitik dari Tanah Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Piyungan dan Eksplorasi Potensinya Sebagai Agen Bioremediasi Limbah Cair Temoe

sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam Program Studi Kimia.

Dengan ini kami berharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqasyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

*Wassalamu'alaikum wr. wb.*

Yogyakarta, 10 Agustus 2022

Pembimbing

Dr. rer. medic. Esti Wahyu Widowati, M.Si., M.Biotech

NIP: 19760830 200312 2 001



## NOTA DINAS KONSULTASI

Hal : Persetujuan Skripsi/Tugas Akhir

Lamp : -

Kepada  
Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi  
UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta  
di Yogyakarta

*Assalamu'alaikum wr. wb.*

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Amalia Ginanti  
NIM : 17106030005  
Judul Skripsi : Isolasi Bakteri Proteolitik dari Tanah Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Piyungan dan Eksplorasi Potensinya Sebagai Agen Bioremediasi Limbah Cair Tempe

sudah benar dan sesuai ketentuan sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam bidang Kimia.

Demikian kami sampaikan. Atas perhatiannya, kami ucapkan terimakasih.

*Wassalamu'alaikum wr. wb.*

Yogyakarta, 11 Agustus 2022

Konsultan

Lela Susilawati, S.Pd., M.Si., Ph.D.  
NIP. 19790127 2 00901 2 004



## NOTA DINAS KONSULTASI

Hal : Persetujuan Skripsi/Tugas Akhir

Lamp : -

Kepada  
Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi  
UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta  
di Yogyakarta

*Assalamu'alaikum wr. wb.*

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Amalia Ginanti  
NIM : 17106030005  
Judul Skripsi : Isolasi Bakteri Proteolitik dari Tanah Tempat Pembuangan Akhir  
(TPA) Piyungan dan Eksplorasi Potensinya Sebagai Agen  
Bioremediasi Limbah Cair Tempe

sudah benar dan sesuai ketentuan sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam bidang Kimia.

Demikian kami sampaikan. Atas perhatiannya, kami ucapkan terimakasih.

*Wassalamu'alaikum wr. wb.*

Yogyakarta, 11 Agustus 2022  
Konsultan

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

  
Ika Qurrotul Afifah, M.Si  
NIP. 19911128 201903 2 022

**ABSTRAK**  
**ISOLASI BAKTERI PROTEOLITIK DARI TANAH TEMPAT**  
**PEMBUANGAN AKHIR (TPA) PIYUNGAN DAN EKSPLORASI**  
**POTENSINYA SEBAGAI AGEN BIOREMEDIASI**

**Oleh:**  
**Amalia Ginanti**  
**17106030005**

**Dosen Pembimbing:**  
**Dr. rer. medic. Esti Wahyu Widowati, M.Si., M.Biotech**

---

Bakteri proteolitik tergolong sebagai bakteri yang dapat hidup pada berbagai habitat salah satunya di dalam tanah. Tanah Tempat Pembuangan Akhir (TPA) merupakan tempat penimbunan berbagai macam sampah yang merupakan tempat hidup berbagai mikroorganisme, salah satunya bakteri proteolitik. Bakteri proteolitik berpotensi sebagai agen bioremediasi limbah yang mengandung bahan organik. Salah satu limbah yang mengandung bahan organik cukup tinggi adalah limbah cair tempe. Pengolahan limbah yang mengandung bahan organik dapat dilakukan dengan bioremediasi menggunakan konsorsium bakteri proteolitik. Penelitian ini bertujuan untuk mengisolasi bakteri proteolitik dari TPA kemudian bakteri yang diperoleh diuji potensinya sebagai agen bioremediasi limbah tempe.

Isolasi bakteri dari tanah TPA dilakukan menggunakan media *skim milk agar* (SMA) dengan metode *pour plate* dan *streak plate*. Diperoleh empat isolat bakteri dengan kemampuan proteolitik tinggi yang diindikasikan terbentuknya zona bening pada media SMA. Bioremediasi dilakukan menggunakan konsorsium keempat isolat bakteri dengan formulasi perbandingan isolat AP 24, AP 20, AP 18, dan AP 10 berturut-turut 3:1:1:1 serta dibuat 3 variasi konsentrasi konsorsium yaitu 0%, 5%, 10% dan 15% (v/v). Degradasi bahan pencemar limbah tempe diukur dengan parameter BOD (*Biological Oxygen Demand*), COD (*Chemical Oxygen Demand*), dan protein yang dilakukan sebelum dan sesudah bioremediasi selama 72 jam. Kadar protein diukur menggunakan metode Lowry.

Penurunan kadar BOD, COD, dan protein pada limbah tempe terbesar yaitu pada penambahan konsentrasi konsorsium bakteri proteolitik 15% (v/v) dengan kadar BOD awal sebesar 12853.76 mg/L menjadi 5859.39 mg/L, kadar COD awal sebesar 16270.58 mg/L menjadi 7416.94 mg/L, dan kadar protein awal sebesar 535 mg/L menjadi 285 mg/L.

---

**Kata kunci:** Bakteri proteolitik, bioremediasi, BOD, COD, protein

**ABSTRACT**  
**ISOLATION OF PROTEOLYTIC BACTERIA FROM PIYUNGAN  
LANDFILL (TPA) SOIL AND EXPLORATION OF ITS POTENTIAL  
AS BIOREMEDIATION AGENT**

**By:**  
**Amalia Ginanti**  
**17106030005**

**Advisor:**  
**Dr.rer.medic. Esti Wahyu Widowati, M.Si., M.Biotech.**

---

Proteolytic bacteria is categorized into a bacteria which can life as habitate one of which is in the soil. Landfill (TPA) soil is a hoarding place of various trash and it is a place to live for various microorganism such as proteolytic bacteria. Bacteria producer of proteolytic has potential as bioremediation agent of waste which contains organic material. Tempe liquid waste is one of waste which contains quite high organic material. The organic compounds contained in the waste are carbohydrate, protein, fat, and oil. The management of waste that contains organic material can be conducted through bioremediation using proteolytic bacteria consortium. This research aimed to isolate proteolytic bacteria from Landfill (TPA) then the bacteria obtained would be tested for its potential as bioremediation of tempe waste

The media used in the bacteria isolation process was skim milk agar (SMA) with pour plate and streak plate methods. Four bacterial isolated with high proteolytic ability were obtained which indicated the formation of a clear zone on SMA media. Bioremediation was conducted by using those four bacteria isolate with comparison formula of isolate AP 24, AP 20, AP 18, and AP 10 respectively 3:1:1:1 and made 2 variation of consortium concentration namely 0%, 5%, 10%, and 15% (v/v). Degradation of tempe waste polluter was measured using Biological Oxygen Demand (BOD) parameter, Chemical Oxygen Demand (COD) parameter, and protein conducted before and after bioremediation for 72 hours. The protein level was measured using Lowry method.

The decrease of BOD level, COD level, and protein level in tempe waste the biggest is in the addition of consortium concentration of proteolytic bacteria 15% (v/v) with initial BOD level was 12853 mg/L becomes 5859.39 mg/L. For the decrease of waste COD level namely from initial level was 16270.58 mg/L to be 7416.94 mg/L, and protein decrease from 535 mg/L to be 285 mg/L.

---

**Keywords:** Proteolytic bacteria, bioremediation, BOD, COD, protein.

## **HALAMAN MOTO**

**Dunia akan selalu punya cukup ruang untuk  
segala kebaikan di dalamnya.**



## **HALAMAN PERSEMBAHAN**

Karya ini saya dedikasikan

Untuk Ibu, Mba Wigati, dan Almarhum Bapak saya tercinta, serta almamater saya

Program Studi Kimia UIN Sunan kalijaga Yogyakarta.



## KATA PENGANTAR

*Bismillahirrahmanirrahim.*

Segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan kemudahan, kelancaran, dan kesabaran sehingga skripsi yang berjudul “Isolasi Bakteri Proteolitik dari Tanah Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Piyungan dan Eksplorasi Potensinya Sebagai Agen Bioremediasi Limbah Cair Tempe” dapat terselesaikan dengan baik. Shalawat serta salam semoga senantiasa tercurahkan kepada Rasulullah SAW.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan dan dukungan dalam proses pembuatan skripsi ini sehingga skripsi ini dapat selesai tepat pada waktunya. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Phil. Al Makin, S.Ag., M.A. selaku Rektor UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
2. Dr. Dra. Hj. Khurur Wardati, M.Si. selaku Dekan Fakultas Sain dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
3. Dr. Imelda Fajriati, M.Si. selaku Ketua Pogram Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
4. Irwan Nugraha, M.Sc. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan pengarahan selama melakukan studi.
5. Dr.rer.medic. Esti Wahyu Widowati, M.Si., M.Biotech. selaku Dosen Pembimbing Skripsi yang telah meluangkan banyak waktunya untuk

membimbing, mengarahkan, mengorkesi dan memberikan motivasi selama proses penyusunan skripsi.

6. Dr. Isma Kurniatanty, M.Si selaku Ketua Laboratorium Biologi yang telah memberikan izin untuk melakukan penelitian di Laboratorium Biologi.
7. Ibu Ethik Susiawati Purnomo, S.Si selaku Pranata Laboratorium Pendidikan (PLP) Pendamping selama melakukan penelitian di Laboratorium Biologi.
8. Seluruh Dosen Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi.
9. Seluruh staff dan karyawan Laboratorium Biologi Fakultas Sains dan Teknologi khususnya Bapak Dony, Bapak Sutriyono dan Ibu Anif yang telah membantu selama tahap penelitian hingga proses penulisan skripsi terselesaikan dengan baik.
10. Kedua orang tua saya Ibu Warisah dan almarhum Bapak, mbaku tercinta Wigati Andayani, serta seluruh keluarga yang telah memberikan dukungan baik secara material maupun non-material.
11. Sri Raehanti, Lia Amalia, dan Yethi Anindi Novita serta teman-teman bimbingan seperjuangan Citra Nandya, Dita Ayu, dan Hanifah Aryani yang telah membantu, mendukung dan memotivasi selama proses penyelesaian skripsi.
12. Ajeng Putri, Isna Rokhimah, Eka Wahyanti, Diana, Agianti, dan Nuraini Fitri yang telah memberikan banyak kisah selama perkuliahan.
13. Teman-teman Program Studi Kimia 2017 UIN Sunan Kalijaga Angkatan 2017.

14. Keluarga kos hijau yang telah memberikan kebahagiaan, dukungan dan semangat selama di Jogja. Amalia, Isti, Ari Mardika, Arif, Latif dan Wahyu yang telah memberikan banyak kebahagiaan, dukungan dan semangat.
15. Teman-teman seperjuangan di Laboratorium Mikrobiologi yang telah mendukung, membantu, dan memotivasi selama proses penelitian.
16. Seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu atas segala bantuan dalam proses penyelesaian skripsi.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih terdapat banyak kesalahan sehingga penulis mengharapkan kritik dan saran dari berbagai pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Penulis juga berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi almamater tercinta Program Studi Kimia UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta dan perkembangan ilmu pengetahuan khususnya ilmu kimia.

Yogyakarta, 11 Juli 2022

Penulis,

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA



Amalia Ginanti  
NIM 17106030005

## DAFTAR ISI

|                                             |       |
|---------------------------------------------|-------|
| HALAMAN PENGESAHAN.....                     | i     |
| SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....      | ii    |
| SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR ..... | iii   |
| NOTA DINAS KONSULTASI .....                 | iv    |
| ABSTRAK .....                               | vi    |
| ABSTRACT .....                              | vii   |
| HALAMAN MOTO .....                          | viii  |
| HALAMAN PERSEMBAHAN .....                   | ix    |
| KATA PENGANTAR .....                        | x     |
| DAFTAR ISI.....                             | xiii  |
| DAFTAR TABEL.....                           | xv    |
| DAFTAR GAMBAR .....                         | xvi   |
| DAFTAR LAMPIRAN.....                        | xviii |
| BAB I PENDAHULUAN .....                     | 1     |
| A. Latar Belakang.....                      | 1     |
| B. Batasan Masalah .....                    | 4     |
| C. Rumusan Masalah.....                     | 5     |
| D. Tujuan Penelitian.....                   | 5     |

|                                                     |    |
|-----------------------------------------------------|----|
| E. Manfaat Penelitian .....                         | 5  |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI .....    | 6  |
| A. Tinjauan Pustaka .....                           | 6  |
| B. Landasan Teori.....                              | 8  |
| C. Hipotesis Penelitian.....                        | 13 |
| BAB III METODE PENELITIAN.....                      | 15 |
| A. Waktu dan Tempat Penelitian .....                | 15 |
| B. Alat-Alat Penelitian.....                        | 15 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....                   | 25 |
| A. Isolasi Bakteri Proteolitik dari Tanah TPA ..... | 25 |
| B. Karakterisasi Bakteri Proteolitik.....           | 26 |
| C. Uji Aktivitas Proteolitik .....                  | 33 |
| D. Bioremediasi Skala Laboratorium.....             | 35 |
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....                     | 44 |
| A. KESIMPULAN .....                                 | 44 |
| B. SARAN .....                                      | 44 |
| DAFTAR PUSTAKA .....                                | 45 |
| LAMPIRAN .....                                      | 50 |
| CURICULUM VITAE.....                                | 57 |

## DAFTAR TABEL

- Tabel 4.1 Hasil uji morfologi isolat bakteri proteolitik hasil isolasi yang meliputi ukuran, bentuk, margin, elevasi, bentuk sel, dan pengecatan gram ... 26
- Tabel 4.2 Uji biokimia isolat bakteri proteolitik meliputi uji motilitas, uji pembentukan asam sulfida ( $H_2S$ ), uji produksi indol, uji urease, uji hidrolisis pati, uji reduksi nitrat, uji katalase, serta uji fermentasi karbohidrat yang meliputi uji glukosa, laktosa, maltosa, dan sukrosa dengan (+) menunjukkan hasil reaksi positif dan (-) menunjukkan hasil reaksi negatif. .... 29
- Tabel 4.3 Tabel hasil uji aktivitas proteolitik isolat AP 10, AP 18, AP 20, dan AP 24 berdasarkan perhitungan indeks proteolitik. .... 34

## DAFTAR GAMBAR

|             |                                                                                                                                                                                                                                                  |    |
|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 4.1  | Isolat bakteri proteolitik yang diisolasi dari tanah TPA pada media SMA. (A) Isolat AP 18, (B) Isolat AP 10, (C) Isolat AP 20, dan (D) Isolat AP 24. Terdapat zona bening di sekitar koloni bakteri....                                          | 26 |
| Gambar 4.2  | Hasil pewarnaan gram isolat bakteri proteolitik. (A) Isolat AP 18, (B) Isolat AP 10, (C) Isolat AP 20, dan (D) Isolat AP 24.....                                                                                                                 | 27 |
| Gambar 4.3  | Reaksi pembentukan H <sub>2</sub> S oleh cysteine desulfurase menghasilkan H <sub>2</sub> S dan asam piruvat. ....                                                                                                                               | 30 |
| Gambar 4.4  | Reaksi antara H <sub>2</sub> S dan FeSO <sub>4</sub> menghasilkan FeS dan H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ...                                                                                                                                     | 30 |
| Gambar 4.5  | Reaksi penguraian tryptophan oleh enzim tryptophanase menghasilkan indol, amonia, dan asam piruvat. ....                                                                                                                                         | 31 |
| Gambar 4.6  | Reaksi penguraian urea oleh enzim urease yang menghasilkan karbon dioksida, air, dan ammonia .....                                                                                                                                               | 31 |
| Gambar 4.7  | Reaksi reduksi nitrat menjadi nitrit oleh enzim nitrat reduktase                                                                                                                                                                                 | 32 |
| Gambar 4.8  | Reaksi penguraian hidrogen peroksida oleh enzim katalase menghasilkan air dan oksigen berupa gelembung pada permukaan isolat. ....                                                                                                               | 33 |
| Gambar 4.9  | Hasil uji aktivitas proteolitik isolat bakteri dengan (A) Isolat AP 10, (B) Isolat AP 18, (C) Isolat AP 20, dan (D) Isolat AP 24....                                                                                                             | 34 |
| Gambar 4.10 | Diagram nilai parameter COD pada limbah tempe dengan penambahan konsorsium bakteri 0%, 5%, 10% dan 15% serta nilai COD awal sebelum perlakuan bioremediasi. Sumber analisis Intitut Teknologi Yogyakarta.....                                    | 36 |
| Gambar 4.11 | Diagram nilai parameter BOD pada limbah tempe awal sebelum remediasi serta limbah dengan penambahan konsorsium bakteri 0%, 5%, 10% dan 15% serta nilai COD awal sebelum perlakuan bioremediasi. Sumber analisis Intitut Teknologi Yogyakarta.... | 38 |

- Gambar 4.12 Diagram nilai kadar protein pada limbah tempe awal sebelum remediasi serta limbah dengan penambahan konsorsium bakteri 0%, 5%, 10% dan 15% serta kadar awal sebelum perlakuan bioremediasi ..... 40



## DAFTAR LAMPIRAN

|                                                                            |    |
|----------------------------------------------------------------------------|----|
| Lampiran 1 Hasil uji biokimia isolat bakteri proteolitik.....              | 50 |
| Lampiran 2 Pengukuran Aktivitas Proteolitik Bakteri Secara Kualitatif..... | 54 |
| Lampiran 3 Pengukuran Kadar Protein Limbah Tempe .....                     | 55 |



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Sampah merupakan sisa kegiatan sehari-hari manusia atau proses alam yang berbentuk padat atau semi-padat berupa zat organik maupun anorganik yang dianggap sudah tidak memiliki nilai guna dan dibuang ke lingkungan (Undang-Undang No. 18 Tahun 2008). Secara umum, sampah yang dihasilkan dari aktivitas sehari-hari dibuang ke Tempat Pembuangan Akhir (TPA). Salah satu TPA sampah di Yogyakarta adalah TPA Piyungan yang berlokasi di Desa Situmulyo, Piyungan, Bantul, DIY. Metode pengolahan sampah yang digunakan di TPA Piyungan adalah *controlled landfill* atau menimbun sampah pada daerah cekung hingga ketinggian tertentu kemudian tumpukan sampah ditimbun dengan tanah dan dilakukan pemadatan dengan alat berat (Amos, 2015). Berdasarkan penelitian Adidarma (2014) jenis sampah terbesar di TPA Piyungan adalah sampah organik yaitu sebesar 64,41%, sampah organik ini tertimbun tanah dan menjadi kompos. Tanah timbunan sampah ini merupakan tempat hidup berbagai mikroorganisme, salah satunya bakteri proteolitik. Farkhiyah dkk. (2020) berhasil mengisolasi 21 isolat bakteri dari tanah TPA Talangagung yang berpotensi menghasilkan enzim hidrolitik salah satunya protease yang dapat dijadikan konsorsium potensial untuk perombakan limbah organik. Saha & Santra (2014) juga berhasil mengisolasi bakteri proteolitik dari tanah sampah perkotaan yang dapat digunakan untuk degradasi limbah yang ramah lingkungan.

Secara alami, bakteri proteolitik dapat ditemukan dalam tanah, beberapa berasal dari genus *Pseudomonas* sp, *Bacillus* sp dan *Clostridium* sp (Rao, 1994). Shah dkk (2014) berhasil mengisolasi bakteri proteolitik dari tanah yang teridentifikasi sebagai bakteri genus *Bacillus*. Kurniawan & Anggraini (2021) juga berhasil mengisolasi bakteri dari tanah di TPA Talang Gulo Jambi, 50 isolat menunjukkan kemampuan menghasilkan protease, dengan indeks proteolitik tertinggi yaitu 3,00 dan merupakan genus *Bacillus*.

Protease merupakan enzim golongan hidrolase yang berperan dalam reaksi pemecahan ikatan peptida pada molekul protein, menjadi oligopeptida pendek atau asam amino, melalui reaksi hidrolisis pada ikatan peptida. Enzim ini mengkatalisis reaksi hidrolisis, yaitu reaksi yang menambahkan satu molekul air untuk memecah ikatan peptida pada protein (Rasmi & Endang, 2007). Kemampuan bakteri dalam menghasilkan enzim protease yang mampu merombak senyawa organik khususnya protein, menjadikan bakteri ini dapat diaplikasikan di berbagai bidang, salah satunya sebagai agen bioremediasi.

Bioremediasi merupakan salah satu metode pengolahan limbah yang mereduksi bahan pencemar, dengan merombak molekul kompleks menjadi lebih sederhana, melalui sebuah proses biologis akibat aktivitas mikroorganisme melalui enzim yang dihasilkannya (Alexander, 1994). Pengolahan limbah menggunakan mikroorganisme termasuk proses pengolahan limbah yang sederhana dan mudah dilakukan. Penggunaan bakteri proteolitik sebagai agen bioremediasi sendiri dapat menurunkan kadar COD, BOD, TSS, dan bahan organik seperti protein pada suatu limbah (Anggraini dkk., 2019). Hasil penelitian Waluyo (2017) menunjukkan

penambahan konsorsium bakteri pada pengolahan limbah rumah tangga menghasilkan reduksi bahan organik COD dan BOD sebesar 96%. Pada penelitian ini juga terjadi reduksi protein sebesar 98% yang terjadi karena penambahan konsorsium bakteri proteolitik yaitu *Bacillus cereus*, *Bacillus pumilus*, *Bacillus subtilis*, dan *Bacillus megaterium*.

Salah satu limbah yang menghasilkan bahan organik tinggi adalah limbah cair pengolahan tempe. Kandungan limbah cair tempe adalah bahan organik, padatan tersuspensi serta bahan koloid seperti lemak, protein dan selulosa dengan konsentrasi tinggi (Amanda dkk., 2019). Ketika limbah cair tempe tidak diolah dengan benar dan dibuang langsung ke lingkungan, zat-zat organik dapat menyebabkan perubahan kualitas perairan di sekitar industri, serta menimbulkan gangguan pada lingkungan (Mariatun, 2018). Kandungan bahan organik dalam limbah memberikan dampak buruk pada lingkungan sekitar, khususnya perairan (Sugiharto, 1987). Pada penelitian yang dilakukan Amanda dkk 2019 menunjukan bahwa limbah cair tempe memiliki kadar COD, BOD dan TSS yang cukup tinggi, sehingga air limbah tempe merupakan salah satu sumber pencemaran lingkungan yang sangat potensial, sehingga perlu dilakukan pengolahan limbah sebelum di buang ke lingkungan.

Pengolahan limbah bertujuan untuk menghilangkan atau menurunkan konsentrasi bahan-bahan pencemar yang terkandung di dalamnya sehingga limbah cair tersebut memenuhi syarat untuk dapat dibuang (Junaidi, 2016). Salah satu teknologi pengolahan air limbah yang aman dan berwawasan lingkungan adalah dengan proses biologi, yaitu bioremediasi menggunakan bakteri yang berpotensi

sebagai pengurai dalam proses biodegradasi. Kandungan bahan organik paling besar dalam limbah cair tempe adalah protein sebesar 40% - 60% sehingga bakteri proteolitik yang memiliki kemampuan mendegradasi protein dapat digunakan untuk pengolahannya.

Berdasarkan latar belakang tersebut, pada penelitian ini akan dilakukan isolasi bakteri proteolitik dari tanah TPA Piyungan. Isolat bakteri yang diperoleh akan dikaji potensinya sebagai agen bioremediasi pada limbah cair tempe. Uji potensi bioremediasi pada penelitian ini dilakukan dalam skala laboratorium, menggunakan konsorsium bakteri dari tanah TPA dengan parameter uji kadar COD, BOD, dan protein.

#### **B. Batasan Masalah**

1. Bakteri proteolitik diisolasi dari tanah TPA Piyungan yang berlokasi di Desa Situmulyo, Piyungan, Bantul Daerah Istimewa Yogyakarta.
2. Sampel tanah diambil pada kedalaman 10 cm.
3. Karakterisasi isolat bakteri proteolitik yang dilakukan meliputi pengamatan morfologi dan uji biokimia.
4. Uji potensi bakteri proteolitik dilakukan secara kualitatif melalui pengukuran Indeks Proteolitik (IP).
5. Uji potensi bioremediasi pada limbah cair tempe dilakukan dalam skala laboratorium

**C. Rumusan Masalah**

1. Bagaimana isolasi bakteri proteolitik dari limbah tanah TPA?
2. Bagaimana potensi konsorsium bakteri proteolitik yang berasal dari tanah TPA sebagai agen bioremediasi limbah cair tempe?

**D. Tujuan**

1. Mengisolasi bakteri proteolitik dari tanah TPA Piyungan.
2. Menentukan potensi konsorsium bakteri proteolitik dari tanah TPA sebagai agen bioremediasi limbah cair tempe melalui pengukuran parameter BOD, COD dan kadar protein.

**E. Manfaat**

1. Untuk mengetahui proses isolasi bakteri proteolitik yang berasal dari tanah TPA serta potensinya sebagai agen bioremediasi.
2. Untuk memberikan informasi mengenai potensi isolat bakteri proteolitik yang berasal dari tanah TPA sebagai agen bioremediasi pada limbah cair tempe.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **A. KESIMPULAN**

1. Hasil isolasi bakteri proteolitik dari tanah TPA diperoleh 4 isolat yang mempunyai zona bening di sekitar koloni pada saat ditumbuhkan pada media *Skim Milk Agar* (SMA) yaitu isolat AP 10, AP 18, AP 20 dan AP 24. Keempat isolat tersebut merupakan bakteri gram positif dan berbentuk *bacil*.
2. Penurunan kadar BOD, COD dan protein pada limbah tempe terbesar yaitu pada penambahan konsentrasi konsorsium bakteri proteolitik 15% (v/v) dengan persentase penurunan BOD sebesar 63,99%, COD sebesar 50,54% dan protein sebesar 46,73%. Adanya penurunan kadar BOD, COD, dan protein membuktikan bahwa konsorsium bakteri proteolitik hasil isolasi mampu menguraikan bahan organik dan berpotensi sebagai agen bioremediasi limbah cair tempe.

#### **B. SARAN**

1. Perlu dilakukan penelitian lanjutan mengenai karakterisasi bakteri agar diketahui genus dari bakteri yang berhasil diisolasi.
2. Perlu dilakukan tahap bioremediasi dengan waktu yang lebih lama untuk memaksimalkan aktivitas bakteri dalam mendegradasi limbah.
3. Perlu konsorsium bakteri yang terdiri dari berbagai jenis bakteri penghasil enzim seperti bakteri proteolitik, bakteri lipolitik, dan bakteri amilolitik agar bioremediasi dapat berlangsung optimal dan dapat memperbaiki kualitas limbah cair tempe.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adidarma, K. P. (2014). *Gas Emissions Inventory of Methane (CH<sub>4</sub>) with First Order Decay (FOD) Method in TPA Piyungan, Bantul, DIY*. FTSP UII.
- Akhdiya, A. (2013). Isolasi Bakteri Penghasil Enzim Protease Alkalik Termotabil. *Buletin Plasma Nutrafah*, 38–44.
- Alexander, M. (1994). *Biodegradation and Bioremediation*. Academic Press.
- Amanda, Y. T., Marufi, I., Moelyaningrum, A. D. (2019). Teknologi Pertanian Pemanfaatan Biji Trembesi (Samane Saman) Sebagai Koagulan Alami Untuk Menurunkan BOD, COD, TSS Dan Kekeruhan Pada Pengolahan Limbah Cair Tempe, 2(3), 92–96.
- Amos, S. (2015). No Titrasi Isolasi dan Uji Kompatibilitas Bakteri dari Tanah Tempat Pemrosesan Akhir Talangagung, Kabupaten Malang. *Jurnal Wilayah Dan Lingkungan*, 3 No 1, 27–38.
- Andika Bayu., Puji, Wahyuningsih., Rahmatul, Fajri. (2020). Penentuan Nilai BOD dan COD Sebagai Parameter Pencemaran Air dan Baku Mutu Air Limbah di Pusat Penelitian Kelapa Sawit (PPKS) Medan. *Quimica: Jurnal Kimia Sains dan Terapan*. V 2 No 1, 14-22
- Anggarwulan, E. (2012). Pertumbuhan, Aktivitas Nitrat Reduktase dan Polifenol Kimpul (*Xanthosoma sagittifolium* (L.) Schott pada Variasi Naungan dan Nitrogen. *Jurnal FMIPA UNS*, 27, 100–105.
- Anggraini, S. I., Arfiati, D., Nursyam, H., Pratiwi, A. I., Windi, E., & Sofiatul. (2019). Penurunan Kadar Bahan Organik dan Proksimat pada Air Budidaya Ikan Lele ( *Clarias gariepinus* ) Menggunakan *Bacillus subtilis* ( *Clarias gariepinus* ). *Jurnal Ilmu Perikanan*, 10(2), 73–82.
- Apriyantono, A., D. Fardiaz, N. L. (1989). *Analisis Pangan*. PAU Pangan dan Gizi. IPB Press.
- Atima, W. (2015). BOD dan COD Sebagai Parameter Pencemaran Air dan Baku Mutu Air Limbah. *Jurnal Biologi Science Dan Education*, 83–93.
- Atlas, R. (1997). *Principles of Microbiology*. WBC MC Graw Hill.
- Badan Standarisasi Nasional. (1994). SNI 03-3241-1994 tentang Tata Cara Pemilihan Lokasi TPA.
- Baehaki, A., Budiman, A. (2011). Isolation and Characterization of Proteases from Indralaya Soil Swamp Bacteria, South Sumatera. *J. Teknol. Dan Industri Pangan, J. Teknol. Dan Industri Pangan*, 22(1), 1–6.
- Bhat M., Dar, T, A., Singh, L. R. (2016). Casein Proteins: Structural and Functional Aspects. *InTech*.
- Boyd, C. E. (1990). *Water Quality In Pond For Aquaculture*. Auburn University. Alabama.
- Burrows, W., J.M Moulder, and R.M Lewert. (2004). *Textbook of Microbiology*. W.B. Saunders Company. Philadelphia.
- Cappuccino, JG. dan Sherman, N. (2014). *Manual Laboratorium Mikrobiologi Edisi Kedelapan*. Alih Bahasa: Nur Miftahurrahman. Jakarta: EGC.
- Dahruji, Pipit F W, T. H. (2017). Studi Pengolahan Limbah Usaha Mandiri Rumah Tangga dan Dampak Bagi Kesehatan di Wilayah Kenjeran. *Aksiologi: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 36–44.

- Dina Wahyuna, Anthoni Agustien, P. (2012). Isolasi Dan Karakterisasi Bakteri Termo-Proteolitik Sumber Air Panas Sungai Medang, Sungai Penuh, Jambi. *Jurnal Biologi Universitas Andalas*, 93–98.
- Eko Nuraini, Tantri Fauziah, & F. L. (2019). Penentuan Nilai BOD dan COD Limbah Cair Inlet Laboratorium Pengujian Fisis POLITEKNIK ATK Yogyakarta. *Integrated Lab Journal*, 07, No. 02.
- Farkhiyah, Prilya Dewi, Fitriasari Nanda Amalia. (2020). Isolasi dan Uji Kompatilitas Bakteri dari Tanah Tempat Pemrosesan Akhir Talangagung, Kabupaten Malang. *Jurnal Ilmu Ilmu Hayati*, 152–156.
- Ferdiaz, S. (1992). *Mikrobiologi Pangan*. Gramedia Pustaka Utama.
- Fidiastuti. (2016). Biodegradasi In Vitro menggunakan Bakteri Indigen Lipolitik. *Seminar Nasional Pendidikan Dan Saintek*, (ISSN: 2557-533X).
- Fitriasari, P. D., Amalia, N., dan Farkhiyah, S. (2020). Isolasi Dan Uji Kompatibilitas Bakteri Hidrolitik Dari Tanah Tempat Pemrosesan Akhir Talangagung, Kabupaten Malang. *Berita Biologi*, 19(2). <https://doi.org/10.14203/beritabiologi.v19i2.3828>
- Gultom, S.S., Hasbi, M., Purwanto, E. (2019). Isolasi dan Identifikasi Bakteri Penghasil Biosurfaktan pada Kolam Tanah Gathering Station-Eor PPlant di PT. Bumi Siak Pusako-Pertamina Hulu, Provinsi Riau. *Jurnal Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Riau Pekanbaru*
- Hafsan, S. E. (2014). *Penuntun praktikum Mikrobiologi Dasar*.
- Harley, J. P. (2005). *Laboratory Exercises in Microbiology*. Sixth ed. McGraw-Hill.
- Haryani, A, Roffi Grandiosa, Ibnu Dwi Wibowo, A. S. (2012). Uji Efektifitas Daun Pepaya (*Carica Papaya*) Untuk Pengobatan Infeksi Bakteri *Aeromonas hydrophilla* Pada Ikan Mas Koki (*Carassius auratus*). *Jurna Perikanan Dan Kelautan*.
- Hidayat, A., & Siregar, C. A. (2017). *Telaah Mendalam tentang Bioremediasi: Teori dan Aplikasinya dalam Upaya Konservasi Tanah dan Air*. IPB Press.
- Jasmianti, Sofia, A., Thamrin. (2010). Bioremediasi Limbah Cair Industri Tahu Menggunakan Efektif Mikroorganisme (EM4). *Jurnal Ilmu Lingkungan*. Program Studi Ilmu Lingkungan PPS Universitas Riau
- Junaidi, H. (2016). Analisis Teknologi Pengolahan Limbah Cair pada Industri Tekstil (Studi Kasus PT. Iskandar Indah Printing Textile Surakarta). *Jurnal Prestisipasi*, Vol.1 No.1, 1–5.
- Jutono. (1980). *Pedoman Praktikum Mikrobiologi Umum*. Fakultas Pertanian UGM.
- Kayser, F. H., Bienz, K.A., Eckert, J., & Zinkernagel, R. M. (2005). *Medical Microbiology*. Thieme.
- Krishna, M. P., Mohan, M. (2017). Litter decomposition in forest ecosystems: a review. *Energy, Ecology and Environment*, 2(4), 236–249.
- Kurniawan, H.M., Anggraini, L. (2021). Isolasi, Seleksi dan Karakterisasi Bakteri Potensial Penghasil Protease dari Tanah Tempat Pembuangan Akhir Sampah Akhir (TPAS) Talang Gulo Jambi. *Scientia Journal*, 215–222.
- Lay, B. W. (1994). *Analisis Mikrobiologi Di Laboratorium*. PT. Raja Grafindo. Jakarta
- Lehninger, A.L. 1995. *Dasar-dasar biokimia*. Erlangga. Jakarta.

- Lestari, P. B. (2014). Biodegradasi Limbah Cair Tahu Dari Mikroorganisme Indigen Sebagai Bahan Ajar Mikrobiologi Lingkungan. *Jurnal Edukasi Matematika Dan Sains*, 84–94.
- Lily A L, Eni Harmayani, Tyas Utami, Puspita Mardika Sari, S. N. (2018). *Dasar-Dasar Mikrobiologi Makanan di Bidang Gizi dan Kesehatan*. Gadjah Mada Univesity Press.
- Loperena, L., Ferrari, M. D., Díaz, A. L., Ingold, G., Pérez, L. V., Carvallo, F., Travers, D., Menes, R. J., & Lareo, C. (2009). Isolation and selection of native microorganisms for the aerobic treatment of simulated dairy wastewaters. *Bioresource Technology*, 1762–1766.
- Madigan M. T., J. Martinko, J. Parker. 2003. *Brock Biology of Microorganisms*, 10th ed. Pearson Education, Inc : New York.
- Mariatun, H. I. J. (2018). Studi Sanitasi Industri Rumah Tangga dalam Pengelolaan Tahu Tempe Kelurahan Kekalik Jaya Kecamatan Sekarbela. *Jurnal Kajian Penelitian & Pengembangan Pendidikan*, 34–44.
- Melliawati, R. (2015). Isolasi Bakteri Asam Laktat Sebagai Bakteri Penghasil Enzim Protease. *Pros Semnas Masy Biody Indo*, 184–188.
- Monica, Kharisma Swandi, Periadnadi, & N. (2015). Isolasi Bakteri Pendegradasi Limbah Cair Industri Minyak Sawit. *Jurnal Biologi Universitas Andalas*, 4, 71–77.
- Neldawati, Ratnawulan, & G. (2013). Nilai Absorbansi dalam Penentuan Kadar Flavonoid untuk Berbagai Jenis Daun Tanaman Obat. *Pillar Of Physics*, 2, 76.
- Nurhasan, B. P. (1987). *Pengolahan Air Buangan Industri Tahu*. Yayasan Bina Lestari dan Walhi.Semarang.
- Paskandani, R., Ustadi, & Husni, A. (2014). Isolasi dan Pemanfaatan Bakteri Proteolitik Untuk Memperbaiki Kualitas Limbah Cair Pengolahan Bandeng Presto. *Jurnal Manusia Dan Lingkungan*, 21(3), 310–316.
- Pamaya, D., Muchlissin, S. I., Darmawati, S., Ethica, S. N., Sciences, H., Semarang, M., Sciences, M., Diponegoro, U., Sciences, H., & Semarang, M. (2018). Isolasi Bakteri Penghasil Enzim Protease *Bacillus Amyloliquefacuebs Irod2* Pada Oncom Merah Pasca Fermentasi 48 Jam. *Edusainstek*. 40–46.
- Pelczar, Michael J., dan Chan, E. C. S. (1986). *Dasar-Dasar Mikrobiologi*. Universitas Indonesia. UI-Press. Jakarta.
- Puspitasari, Maya Shovitri, N. D. K. (2012). Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Aerob Proteolitik dari Tangki Septik. *JURNAL SAINS DAN SENI ITS*, Vol 1 No 1, E1–E4.
- Putri, Y. S. (2012). *Skrining dan Uji Aktivitas Enzim Protease Bakteri dari Limbah Rumah Pemotongan Hewan*.
- Raju, E.V., Divakar, G. (2013). Production of pectinase by using *Bacillus circulans* isolated from dump yards of vegetable wastes. *International Journal of Pharmaceutical Sciences Research*, 4(7), 2615– 2622.
- Rao, S. (1994). *Mikroorganisme Tanah dan Pertumbuhan Tanaman*. Universitas Indonesia Press. Jakarta.
- Rasmi, D. A. C. dan Endang, L. (2007). Uji Potensi Bakteri Proteolitik Indigenos Dalam Memacu Degradasi Protein Pada Dekornposisi Bahan Organik Di Dalam Tanah. Laporan Penelitian Dosen Muda. Fakultas Ilmu Keguruan dan

Pendidikan. Universitas Mataram.

- Retno Ken R, A. Wibowo Nugroho Jati, L. I. M. Y. (2019). Peranan Bakteri Indigenus dalam Degradasi Limbah Cair Pabrik Tahu. *Biota : Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Hayati*, 4(1), 8–15. <https://doi.org/10.24002/biota.v4i1.2362>
- Rini, C.S., dan Rochmah, J. (2020). *Bakteriologi Dasar*. UMSIDA Press. Sidoarjo.
- Saha, A., Santra, S.C. (2014). Isolation and characterization of bacteria isolated from municipal solid waste for production of industrial enzymes and waste degradation. *Journal of Microbiology & Experimentation*, 1–8.
- Sampe, H. (2013). Pencemaran Perairan Akibat Kadar Amonia yang Tinggi dari Limbah Cair Industri Tempe. *Jurnal Akuatika*, Vol.4 No., 183–194.
- Satwika, T. D., Yulianti, D. M., & Hikam, A. R. (2021). Karakteristik dan Potensi Enzimatis Bakteri Asal Tanah Sampah Dapur dan Kotoran Ternak sebagai Kandidat Agen Biodegradasi Sampah Organik. *Al-Hayat: Journal of Biology and Applied Biology*, 4(1), 11–18. <https://doi.org/10.21580/ah.v4i1.7013>
- Setiawan, A., Arimurti, S., Senjarini, K., Sutoyo. (2016). Aktivitas Proteolitik dan Fibrinolitik Isolat Bakteri dari Perairan Pantai Papuma Kabupaten Jember. *Jurnal Berkala Sainstek*, IV (1), 1-4.
- Siahaan, S. M. Hutapea, dan R. H. (2013). Penentuan Kondisi Optimum Suhu dan Waktu Karbonasi pada Pembuatan Arang dari Sekam Padi. *Jurnal Teknik Kimia USU*.
- Sudarmanto, A. (2008). *Penetapan Kadar Protein Metode Lowry*. Universitas Gajah Mada.
- Sugiharto. (1987). *Dasar-dasar Pengelolaan Limbah*. UI Press. Jakarta
- Suhartono, M. T. (1989). *Enzim dan Bioteknologi*. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Antar Universitas Bioteknologi Institut Pertanian Bogor.
- Thompson, I. P., Gast, C. J. V. D., Ciric, L., Singer, A. C. (2005). Bioaugmentation for bioremediation the challenge of strain selection. *Envi. Microbiology*, DOI:10.1111/j.1462- 2920.2005.00804.x.
- Turista, D. D. R. (2017). Biodegradation of Organic Liquid Waste by Using Consortium Bacteria as Material Preparation of Environmental Pollution Course Textbook. *Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia*, 3(2), 95. <https://doi.org/10.22219/jpbi.v3i2.4322>
- Umary, R. (1988). *Laboratory and Field guide, Physico-chemical Factors, Biological Factors*. National Book Store, Inc Publishers. Metro Manila.
- Wahyuni, Lianto, A. K. (2014). Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Manolitikas Bonggol Pohon Sagu. *Jurnal Agroteknos*, 174–179.
- Waluyo, L. (2009). *Mikrobiologi Lingkungan*. UMM Press. Malang
- Waluyo, L. (2017). Bioremediasi Limbah Cair Rumah Tangga dengan Produk Formula Konsorsium Pengurai Limbah. *Seminar Nasional Dan Gelar Produk*, 99–103.
- Ward, O. (1983). *Proteinase Di dalam Microbial Enzyme And Biotechnology*. Applied Science Publisher. New York.
- Wijayanti, E. P. (2004). Pengaruh Cata Pengolahan Tempe Terhadap Kandungan Proteinya. Skripsi. Fakultas Farmasi. Universitas Sanata Dharma.
- Zahroh, S. F. (2015). Efektivitas Konsorsium Mikroba dalam Mendegradasi

Lumpur Minyak (Oil Sludge) dengan Variasi Waktu Inkubasi. Skripsi thesis.  
Univesitas Airlangga.

