

**ANALISIS KEANEKARAGAMAN MIKROBA HASIL *NEXT GENERATION*  
*SEQUENCING* (NGS) DI LUMPUR SIDOARJO**

**TUGAS AKHIR**



**Ilham Ardi Wiratama**

**1162005016**

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK DAN ILMU KOMPUTER  
UNIVERSITAS BAKRIE**

**JAKARTA**

**2021**

**ANALISIS KEANEKARAGAMAN MIKROBA HASIL *NEXT GENERATION*  
*SEQUENCING (NGS)* DI LUMPUR SIDOARJO**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik**



**Ilham Ardi Wiratama**

**1162005016**

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK DAN ILMU KOMPUTER**

**UNIVERSITAS BAKRIE**

**JAKARTA**

**2021**

**HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS**

**Tugas Akhir ini adalah hasil karya saya sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip maupun yang dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.**

**Nama : Ilham Ardi Wiratama**

**NIM : 1162005016**

**Tanda Tangan : **




**Tanggal : 5 April 2021**

**HALAMAN PENGESAHAN**

Nama : Ilham Ardi Wiratama  
NIM : 1162005016  
Program Studi : Teknik Lingkungan  
Fakultas : Teknik dan Ilmu Komputer  
Judul Skripsi : Analisis Keanekaragaman Mikroba Hasil *Next Generation Sequencing* (NGS) Di Lumpur Sidoarjo

**Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan untuk melakukan penelitian pada Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Bakrie.**

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Aqil Azizi, S.Pi., M. Appl.Sc., Ph.D (  )  
Penguji 1 : Deffi Ayu Puspito Sari, S.T.P., M.Agr., Ph.D (  )  
Penguji 2 : Prisma Nursetyowati, S.T., M.T (  )

Ditetapkan di : Jakarta  
Tanggal : 5 April 2021

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, karena atas berkat dan rahmatNya, penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Penulisan Tugas Akhir ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Lingkungan pada Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Bakrie. Saya menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan Tugas Akhir ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikannya. Oleh karena itu, saya ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan hidayah dan petunjuk-Nya dalam setiap langkah penulis.
2. Keluarga penulis yang selalu memberikan dukungan, doa, dan motivasi untuk penulis.
3. Bapak Aqil Azizi, S.Pi., M. Appl.Sc., Ph.D. sebagai Pembimbing dan Ketua Program Studi Teknik Lingkungan yang selalu memberi masukan dan membimbing penulis.
4. Ibu Sandra Madonna, S.Si, MT. selaku Pembimbing Akademik yang selalu memberi masukan kepada penulis.
5. Ibu Deffi Ayu Puspito Sari, S.T.P., M.Agr., Ph.D., selaku Penguji I
6. Ibu Prismita Nursetyowati, S.T., M.T., selaku Penguji II
7. Ibu Sirin Fairus, S.T.P., M.T dan Bapak Diki Surya Irawan, S.T., M.Si, selaku Dosen Teknik Lingkungan yang memberikan ilmu dan saran selama kuliah.
8. Mas Erdy selaku *staff* Teknik Lingkungan yang membantu penulis dalam pengurusan surat menyurat dalam pelaksanaan tugas akhir.
9. Universitas Bakrie yang telah mendukung dan membiayai penelitian ini dengan nomor kontrak 324/SPK/LPP-UB/IX/2018
10. Agung Tri Kuncoro, Alifia Rahmah, Anggie tri Agusti, Anggita Ariesta, Dwiany Mustika, Diyah Maharani, Lingga Damarmeru, Malikhatun Nikmah, Medinah Nur Khalifa, Nathalie Anjanie, Novita Indry, Nur Nadila Rahmanti, Rr. Alifianatifa Anandya P, Shylviana Denauli, Syauqy Khansa Arifa, Tricahyo Firdaus, Widan Kusuma R dan Yogi Supiarman, yang telah menyemangati, menemani, memberikan nasehat, motivasi dan doa dari awal kuliah hingga dalam menyelesaikan Tugas Akhir.
11. Anggie Tri Agusti dan Dwiany Mustika sebagai teman seperjuangan dalam mengerjakan Tugas Akhir.

12. Suciarti dari Sekolah Tinggi Ilmu Statistika yang sudah membantu penulis dalam memahami metode statistika.
13. Semua Pihak yang sudah membantu penyusunan Tugas Akhir ini sampai selesai.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa masih ada kekurangan baik dalam penyusunan maupun penulisan laporan tugas akhir ini. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan di masa yang akan datang.

Jakarta, 21 Agustus 2020



Ilham Ardi Wiratama

## HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Senagai civitas akademik Universitas Bakrie, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Ilham Ardi Wiratama  
NIM : 1162005016  
Program Studi : Teknik Lingkungan  
Fakultas : Teknik dan Ilmu Komputer  
Jenis Tugas Akhir : Studi Eksperimental

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Bakrie **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul

### **Analisis Keanekaragaman Mikroba Hasil *Next Generation Sequencing* (NGS) Di Lumpur Sidoarjo**

Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Bakrie berhak menyimpan, mengalihmedia,formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta untuk kepentingan akademis.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Jakarta

Pada tanggal : 5 April 2021

Yang menyatakan



Ilham Ardi Wiratama

## **ANALISIS KEANEKARAGAMAN MIKROBA HASIL *NEXT GENERATION SEQUENCING* (NGS) DI LUMPUR SIDOARJO**

Ilham Ardi Wirtama

### **ABSTRAK**

Lumpur panas Sidoarjo merupakan luapan lumpur vulkanik yang menyebabkan kerugian sosial, ekonomi dan lingkungan. Dampak pada lingkungan ditimbulkan karena terdapat pencemaran logam berat yang mengakibatkan terganggunya ekosistem serta bersifat toksik pada manusia. Metode untuk mendegradasi senyawa logam berat yaitu dengan proses bioremediasi dengan menggunakan bakteri indigenous yang memiliki sifat bioremediatif pada logam berat. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui keanekaragaman mikroba yang terdapat di lumpur Sidoarjo, mengetahui jenis mikroba yang dominan di lumpur Sidoarjo, mengetahui jenis dan peran bagi mikroba yang diindikasikan sebagai agen bioremediasi yang belum diuji resistensi hanya berdasarkan studi literatur. Sampel yang diuji adalah air dan lumpur dan diekstraksi dengan Powersoil kit dan ISOIL kit dengan masing-masing kode sampel yaitu Lumpur-PS, P.Water-PS dan Lumpur-ISOIL. Tabel *Operational Taxonomy Unit* (OTU) merupakan hasil dari *Next Generation Sequencing* (NGS) kemudian mencari perhitungan kelimpahan relatif, indeks shannon-wiener dengan *microsoft excel* 2010. Hasil NGS pada archaea yaitu 2 filum dan 8 ordo serta jumlah total sekuens sebesar 694, sedangkan pada bakteri memiliki 24 filum dan 123 ordo dengan total sekuens sebanyak 107.804. Mikroba yang diindikasikan sebagai agen bioremediasi adalah *Burkholderiales*, *Bacillus Spp*, *Pseudomonas Spp*, *Proteobacteria* dan *Archaeoglobus*.

Kata kunci: Bioremediasi, Logam berat, Lumpur Sidoarjo, Keanekaragaman, Mikroba, dan *Next Generation Sequencing* (NGS).



**ANALISIS KEANEKARAGAMAN MIKROBA HASIL *NEXT GENERATION SEQUENCING (NGS)* DI LUMPUR SIDOARJO**

Ilham Ardi Wirtama

Sidoarjo hot mud is a volcanic mudflow that causes social, economic, and environmental losses. The impact on the environment is caused by heavy metal pollution which disrupts the ecosystem and is toxic to humans. The method to degrade heavy metal compounds is the bioremediation process using indigenous bacteria which have bioremediative properties for heavy metals. The purpose of this study was to determine the diversity of microbes found in Sidoarjo mud, to determine the dominant microbial types in Sidoarjo mud, to determine the types and roles of microbes that are indicated as bioremediation agents that have not been tested for resistance based solely on literature studies. The samples tested were water and sludge and extracted with the Powersoil kit and ISOIL kit with each sample code namely Lusi Mud-PS, Lusi Porewater-PS, and Lusi Mud-ISOIL. The Operational Taxonomy Unit (OTU) table is the result of Next Generation Sequencing (NGS) then looking for the calculation of relative abundance, the Shannon-Wiener index with Microsoft Excel 2010. NGS results on archaea are 2 phylum and 8 orders and the total number of sequences is 694, while bacteria have 24 phylum and 123 orders with a total sequence of 107,804. The microbes indicated as bioremediation agents are Burkholderiales, Bacillus Spp, Pseudomonas Spp, Proteobacteria, and Archaeoglobus.

Keywords: Bioremediation, Heavy Metal, Sidoarjo Mud, Diversity, Microbes, and Next Generation Sequencing (NGS).

## DAFAR ISI

<b>HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS</b> .....	<b>i</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>ii</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI</b> .....	<b>v</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>vi</b>
<b>DAFAR ISI</b> .....	<b>viii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xi</b>
<b>BAB I</b> .....	<b>1</b>
<b>PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Manfaat Penelitian .....	3
1.5 Ruang Lingkup Penelitian .....	3
<b>BAB II</b> .....	<b>4</b>
<b>TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>4</b>
2.1 Lumpur Sidoarjo .....	4
2.2 Logam Berat .....	5
2.3 Pencemaran Logam Berat .....	9
2.4 Bioremediasi .....	10
2.5 Keanekaragaman.....	14
2.6 Kelimpahan Relatif .....	16
2.7 <i>Next Generation Sequencing</i> (NGS).....	17
2.8 Archaea dan Bakteri.....	18
2.9 Principal Component Analysis (PCA) .....	19

2.10	<i>Quorum Sensing</i> .....	23
2.11	Penelitian Terdahulu .....	23
<b>BAB III .....</b>		<b>25</b>
<b>METODOLOGI PENELITIAN.....</b>		<b>25</b>
3.1.	Tempat dan Waktu Penelitian.....	25
3.2.	Alat dan Bahan Penelitian.....	25
3.3.	Metode Penelitian .....	25
3.4.	Diagram Alir Penelitian .....	25
3.5.	Pengambilan Data Sekunder .....	26
3.6.	Pengolahan Data Next Generation Sequencing (NGS).....	29
3.7.	<i>Principal Component Analysis (PCA)</i> .....	31
<b>BAB IV .....</b>		<b>37</b>
<b>HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>		<b>37</b>
4.1	<i>Next Generation Sequencing (NGS)</i> .....	37
4.2	Hasil <i>Next Generation Sequencing (NGS)</i> pada Archaea .....	38
4.3	Hasil <i>Next Generation Sequencing (NGS)</i> pada Bakteri .....	43
4.4	Peran Keanekaragaman Archaea dan Bakteri Yang Diindikasikan Sebagai Agen Bioremediasi .....	51
4.5	<i>Principal Component Analysis (PCA)</i> .....	55
4.6	Implementasi Archaea dan Bakteri Yang Diindikasikan Sebagai Agen Bioremediasi Logam Berat .....	58
4.7	Aplikasi Bioremediasi Ex-Situ Dengan Metode Composting .....	59
<b>BAB V .....</b>		<b>60</b>
<b>KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>		<b>60</b>
5.1	Kesimpulan .....	60
5.2	Saran .....	60
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>62</b>

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2. 1</b> Perbedaan Archaea dan Bakteri.....	19
<b>Tabel 2. 2</b> Refrensi Penelitian Sebelumnya .....	23
<b>Tabel 3. 1</b> Metode Ekstraksi dan Kode Sampel.....	27
<b>Tabel 3. 2</b> Kelimpahan Relatif Archaea.....	32
<b>Tabel 3. 3</b> <i>Summary Statistics</i> .....	32
<b>Tabel 3. 4</b> <i>Eigenvalues</i> .....	32
<b>Tabel 3. 5</b> <i>Loading Factor</i> .....	34
<b>Tabel 3. 6</b> Korelasi Antara Variabel dan Faktor .....	34
<b>Tabel 3. 7</b> <i>Factor Scores</i> .....	35
<b>Tabel 4.1</b> Indeks Keanekaragaman Archaea.....	39
<b>Tabel 4. 2</b> Persentase Kelimpahan Relatif Archaea Pada Tingkat Ordo .....	40
<b>Tabel 4. 3</b> Persentase Kingdom Archaea Pada Tingkat Filum .....	40
<b>Tabel 4. 4</b> Indeks Keanekaragaman dan Dominasi Bakteri.....	43
<b>Tabel 4. 5</b> Persentase Kelimpahan Relatif Pada Bakteri Di Tingkat Ordo.....	45
<b>Tabel 4. 6</b> Persentase Kelimpahan Relatif Dominan Tingkat Filum .....	48
<b>Tabel 4. 7</b> Persentase Kelimpahan Relatif Dominan Tingkat Ordo.....	48
<b>Tabel 4. 8</b> Peran Mikroorganisme.....	53

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> Semburan Lumpur Panas Sidoarjo.....	4
<b>Gambar 3.1</b> Diagram Alir Penelitian.....	26
<b>Gambar 3.2</b> Spill Way.....	26
<b>Gambar 3.3</b> Outlet Pipa Menuju Sungai Porong .....	26
<b>Gambar 3.4</b> Ekstraksi DNA kit.....	28
<b>Gambar 3.5</b> Proses PCR dan Persiapan Sequencing.....	28
<b>Gambar 3.6</b> Bagan Alir Peran Mikroba Yang Berdasarkan Dari Kelimpahan Relatif .....	31
<b>Gambar 3. 7</b> <i>Scree Plot</i> .....	33
<b>Gambar 3. 8</b> <i>Loading Plot</i> .....	34
<b>Gambar 3. 9</b> <i>Score Plot</i> .....	35
<b>Gambar 3. 10</b> <i>Biplot/Scatter Plot</i> .....	36
<b>Gambar 4.1</b> Perbandingan Archaea dan Bakteri Pada Sampel Lumpur-PS.....	37
<b>Gambar 4.2</b> Perbandingan Archaea dan Bakteri Pada Sampel Lumpur-ISOIL.....	37
<b>Gambar 4.3</b> Perbandingan Archaea dan Bakteri Pada Sampel P.Water-PS .....	38
<b>Gambar 4. 4</b> Hasil Perhitungan Next Generation Sequencing (NGS) Pada Kelimpahan Relatif Archaea Di Tingkat Filum .....	41
<b>Gambar 4.5</b> Hasil Perhitungan Next Generation Sequencing (NGS) Pada Kelimpahan Relatif Archaea Di Tingkat Ordo.....	41
<b>Gambar 4. 6</b> Hasil Perhitungan Next Generation Sequencing (NGS) Pada Kelimpahan Relatif Bakteri Di Tingkat Filum.....	49
<b>Gambar 4. 7</b> Hasil Perhitungan Next Generation Sequencing (NGS) Pada Kelimpahan Relatif Bakteri Di Tingkat Ordo.....	50
<b>Gambar 4. 8</b> Grafik <i>Biplot/Scatter Plot</i> Bakteri.....	56
<b>Gambar 4. 9</b> Grafik <i>Biplot/Scatter Plot</i> Archaea .....	57
<b>Gambar 4. 10</b> Rekomendasi Aplikasi Bioremediasi Ex-Situ Di Lumpur Sidoarjo .....	59