

SKRIPSI

**KINETIKA PERTUMBUHAN BAKTERI
PSEUDOMONAS SP DAN BACILLUS SP
PADA PENGOLAHAN BIODEGRADASI
LIMBAH INDUSTRI BATIK JETIS
SIDOARJO**



Oleh :

AZZAHRA HANGGARARAS SASDIKA

NPM: 18034010031

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" JATIM
SURABAYA
TAHUN 2022**

SKRIPSI

**KINETIKA PERTUMBUHAN BAKTERI
PSEUDOMONAS SP DAN BACILLUS SP
PADA PENGOLAHAN BIODEGRADASI
LIMBAH INDUSTRI BATIK JETIS
SIDOARJO**



Oleh :

AZZAHRA HANGGARARAS SASDIKA

NPM: 18034010031

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN"
JATIM
SURABAYA
TAHUN 2022**

**KINETIKA PERTUMBUHAN BAKTERI PSEUDOMONAS SP
DAN BACILLUS SP PADA PENGOLAHAN BIODEGRADASI
LIMBAH INDUSTRI BATIK JETIS SIDOARJO**

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Dalam Memperoleh Gelar Sarjana Teknik (ST.)
Program Studi Teknik Lingkungan.

Diajukan Oleh :

AZZAHRA HANGGARARAS SASDIKA

NPM: 18034010031

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL “VETERAN”
JATIM
SURABAYA
2022**

**LEMBAR PENGESAHAN
SKRIPSI/TUGAS AKHIR**

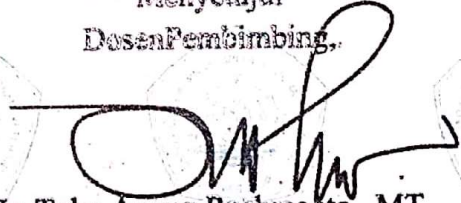
**KINETIKA PERTUMBUHAN BAKTERI PSEUDOMONAS SP
DAN BACILLUS SP PADA PENGOLAHAN BIODEGRADASI
LIMBAH INDUSTRI JETIS SIDOARJO**

Diajukan Oleh :

AZZAHRA HANGGARARAS SASDIKA
NPM: 18034010031

Telah Dipertahankan Dihadapan dan Diterima Oleh Tim Penguji Skripsi
Fakultas Teknik Program Studi Teknik Lingkungan
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur
Pada Tanggal : 18 Juli 2022

Menyetujui
Dosen Pembimbing,


Ir. Tuhu Agung Rachmanto, MT
NIP. 19620501 198803 1001

Mengetahui,
DEKAN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" JATIM


Dr. Dra. Jariyah, MP
NIP. 19650403 199103 2 001

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan rahmat dan hidayah-nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Kinetika Pertumbuhan Bakteri *Pseudomonas sp* dan *Bacillus sp* Pada Pengolahan Biodegradasi Limbah Industri Batik Jetis Sidoarjo” ini dengan baik. dalam penyusunan laporan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Dr. Dra. Jariyah, MP., selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
2. Ibu Dr. Ir. Novirina Hendrasarie, MT selaku Koordinator Progdi Teknik Lingkungan Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
3. Bapak Ir. Tuhu Agung Rachmanto, MT selaku Dosen Pembimbing, terima kasih atas kesediaan, kesabaran, dan ilmu yang diberikan dalam setiap proses bimbingan.
4. Seluruh dosen dan staff, terimakasih atas bantuan yang telah diberikan selama proses penelitian.
5. Orang tua dan keluarga yang selalu ikhlas mendoakan penulis dalam setiap doa yang dipanjatkan yang telah banyak membantu dalam penyelesaian skripsi ini.
6. Teman-teman satu dosen pembimbing dan teman-teman angkatan 2018 yang terus mendukung dan membantu penulis dalam penyelesaian skripsi ini.

Akhir kata penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu dan penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua menjadi bahan masukan bagi dunia pendidikan.

Surabaya, 16 Juli 2022

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI.....	ii
DAFTAR GAMBAR	iv
DAFTAR TABEL.....	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT.....	ix
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Manfaat Penelitian.....	2
1.5 Ruang Lingkup Penelitian	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Tinjauan Umum.....	4
2.1.1 Limbah Industri Batik	4
2.1.2 Parameter Uji	6
A. Chemical Oxygen Demand (COD)	6
B. Mixed Liquor Volatile Suspended Solid (MLVSS)	6
2.1.3 Teknologi Penyisihan Bahan Organik	7
2.1.4 Pengolahan Biologi Secara Aerob	8
2.1.5 Faktor Yang Dapat Mempengaruhi Proses Aerob	9
2.1.6 Faktor Inhibitor Pada Proses Biodegradasi Limbah Batik.....	9
2.1.7 Bakteri Pendegradasi Bahan Organik	11
2.1.8 <i>Pseudomonas sp</i>	11
2.1.9 <i>Bacillus sp.</i>	12
2.1.10 Fase Pertumbuhan Mikroorganisme	13
2.1.11 Isolasi Bakteri.....	14
2.1.12 Identifikasi Bakteri Dengan Pewarnaan.....	15
2.1.13 Kinetika Laju Pertumbuhan Mikroorganisme.....	16

2.2	Landasan Teori	20
2.3	Hasil Penelitian Sebelumnya	22
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN.....		25
3.1	Kerangka Penelitian	25
3.2	Bahan Dan Alat	27
3.2.1	Alat	27
3.2.2	Bahan.....	27
3.3	Cara Kerja	27
3.3.1	Tahap Persiapan	27
3.3.2	Tahap Penelitian Pendahuluan	27
3.3.3	Tahap Penelitian Utama	28
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....		32
4.1	Hasil Penelitian.....	32
4.1.1	Karakteristik Limbah batik	32
4.1.2	Hasil Penelitian Pendahuluan	32
4.1.3	Hasil Penelitian Utama	34
4.2	Pembahasan	44
4.2.1	Hubungan nilai pH pada berbagai bakteri terhadap waktu detensi	44
4.2.2	Hubungan nilai COD pada berbagai bakteri terhadap waktu detensi ...	49
4.2.3	Hubungan nilai MLVSS pada berbagai jenis bakteri terhadap waktu detensi	58
4.2.4	Kinetika Pertumbuhan Bakteri.....	67
4.2.5	Identifikasi Bakteri	83
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN		85
5.1	Kesimpulan.....	85
4.3	Saran	86
DAFTAR PUSTAKA		87
LAMPIRAN A		92
LAMPIRAN B		110
LAMPIRAN C		114

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Grafik Fase Pertumbuhan Mikroorganisme	13
Gambar 2. 2 Penentuan nilai μ_m dan K_s dengan plot Lineweaver - Burke.....	18
Gambar 2. 3 Plot dari persamaan monod untuk pertumbuhan bakteri.....	19
Gambar 2. 4 Plot garis lurus untuk penentuan $Y'_{x/s}$ dan m_s	20
Gambar 3. 1 Kerangka Penelitian	26
Gambar 3. 2 Desain Penelitian.....	28
Gambar 4. 1 Hubungan $1/\mu$ dengan $1/S$ pada bakteri <i>Pseudomonas sp</i> konsentrasi 30%	40
Gambar 4. 2 Faktor yield bakteri <i>Pseudomonas sp</i> konsentrasi 30%	42
Gambar 4. 3 Koefisien kematian bakteri <i>Pseudomonas sp</i> konsentrasi 30%	43
Gambar 4. 4 Hubungan nilai pH pada berbagai bakteri terhadap waktu detensi pada konsentrasi 100%.....	44
Gambar 4. 5 Hubungan nilai pH pada berbagai bakteri terhadap waktu detensi pada konsentrasi 60%.....	45
Gambar 4. 6 Hubungan nilai pH pada berbagai bakteri terhadap waktu detensi pada konsentrasi 30%.....	46
Gambar 4. 7 Hasil uji statistika nilai pH pada berbagai konsentrasi substrat pada tiap bakteri dalam waktu detensi tertentu.	48
Gambar 4. 8 Hubungan nilai COD pada berbagai bakteri terhadap waktu detensi pada konsentrasi 100%.....	50
Gambar 4. 9 Hubungan nilai COD pada berbagai bakteri terhadap waktu detensi pada konsentrasi 60%.....	51
Gambar 4. 10 Hubungan nilai COD pada berbagai bakteri terhadap waktu detensi pada konsentrasi 30%.....	52
Gambar 4. 11 Hasil uji statistika nilai COD pada berbagai konsentrasi substrat pada tiap bakteri dalam waktu detensi tertentu.	56
Gambar 4. 12 Hubungan nilai MLVSS pada berbagai bakteri terhadap waktu detensi pada konsentrasi 100%	59

Gambar 4. 13 Hubungan nilai MLVSS pada berbagai bakteri terhadap waktu detensi pada konsentrasi 60%	61
Gambar 4. 14 Hubungan nilai MLVSS pada berbagai bakteri terhadap waktu detensi pada konsentrasi 30%	62
Gambar 4. 15 Hasil uji statistika nilai MLVSS pada berbagai konsentrasi substrat padaatiap bakteri dalam waktu detensi tertentu.	65
Gambar 4. 16 Hasil uji statistika laju pertumbuhan spesifik pada berbagai konsentrasi substrat padaatiap bakteri dalam waktu detensi tertentu.....	70
Gambar 4. 17 Hasil uji statistika konstanta saturasi pada berbagai konsentrasi substrat padaatiap bakteri dalam waktu detensi tertentu.....	72
Gambar 4. 18 Hasil uji statistika laju pertumbuhan maksimum pada berbagai konsentrasi substrat padaatiap bakteri dalam waktu detensi tertentu.....	73
Gambar 4. 19 Hasil uji statistika perubahan spesifik substrat pada berbagai konsentrasi substrat padaatiap bakteri dalam waktu detensi tertentu.....	75
Gambar 4. 20 Hasil uji statistika faktor yield pada berbagai konsentrasi substrat padaatiap bakteri dalam waktu detensi tertentu.	78
Gambar 4. 21 Hasil uji statistika konstanta kematian pada berbagai konsentrasi substrat padaatiap bakteri dalam waktu detensi tertentu.....	79
Gambar 4. 22 Hasil pewarnaan bakteri	84

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Baku Mutu Air Limbah Industri Tekstil	5
Tabel 3. 1 Matriks Variabel Penelitian	30
Tabel 3. 2 Metode Uji Penelitian	30
Tabel 3. 3 Jadwal Kegiatan Penelitian	31
Tabel 3. 4 Rencana Anggaran Biaya.....	31
Tabel 4. 1 Karakteristik Limbah Batik.....	32
Tabel 4. 2 Hasil Penelitian COD pada konsentrasi substrat 100%	34
Tabel 4. 3 Hasil Penelitian COD pada konsentrasi substrat 60%	35
Tabel 4. 4 Hasil Penelitian COD pada konsentrasi substrat 30%	35
Tabel 4. 5 Hasil Penelitian MLVSS pada konsentrasi substrat 100%	36
Tabel 4. 6 Hasil Penelitian MLVSS pada konsentrasi substrat 60%	36
Tabel 4. 7 Hasil Penelitian MLVSS pada konsentrasi substrat 30%	37
Tabel 4. 8 Hasil Penelitian pH pada konsentrasi substrat 100%.....	37
Tabel 4. 9 Hasil Penelitian pH pada konsentrasi substrat 60%.....	38
Tabel 4. 10 Hasil Penelitian pH pada konsentrasi substrat 30%.....	38
Tabel 4. 11 Hasil laju pertumbuhan spesifik.....	39
Tabel 4. 12 Hasil laju pertumbuhan maksimum dan konstanta saturasi	40
Tabel 4. 13 Hasil perubahan spesifik substrat.....	41
Tabel 4. 14 Hasil faktor yield.....	42
Tabel 4. 15 Hasil koefisien kematian.....	43
Tabel 4. 16 Kinetika pertumbuhan bakteri <i>Pseudomonas sp</i>	81
Tabel 4. 17 Kinetika pertumbuhan kombinasi bakteri <i>Pseudomonas sp</i> dan <i>Bacillus sp</i>	81
Tabel 4. 18 Kinetika pertumbuhan sampel tanpa bakteri.....	81

ABSTRAK

Industri batik adalah industri yang menggunakan bahan kimia berbahaya dalam proses pembuatannya, khususnya dalam proses pewarnaan dan pencelupan. limbah cair batik dapat meningkatkan COD air sehingga dapat mengganggu ekosistem perairan. Pada penelitian ini akan digunakan pengolahan biologi yaitu biodegradasi limbah batik menggunakan kombinasi bakteri *Pseudomonas sp* dan *Bacillus sp*. Pada penelitian ini juga akan diteliti kinetika pertumbuhan dari bakteri *Pseudomonas sp*, bakteri kombinasi *Pseudomonas sp* dan *Bacillus sp* serta sampel tanpa bakteri, adapun variasi konsentrasi substrat yang digunakan adalah 100%, 60% dan 30% limbah. Proses ini dilakukan dengan memasukkan bakteri serta nutrisi ke dalam reaktor biologis dengan penambahan aerasi secara batch yang selanjutnya dilakukan proses seeding dan aklimatisasi, kemudian dilanjutkan dengan proses utama. Variabel tetap yang digunakan adalah volume reaktor, pH dan limbah. sedangkan variabel peubah nya adalah variasi konsentrasi substrat, jenis bakteri serta waktu detensi. Adapun parameter yang diuji adalah nilai COD, MLVSS dan pH. Volume bioreaktor yang digunakan adalah 3 L, dengan mengondisikan pH awal limbah menjadi 7. Limbah akan diambil setiap 6 jam selama 48 jam. Dari hasil penelitian diketahui bahwa penyisihan zat organik COD terbesar adalah pada bakteri kombinasi *Pseudomonas sp* dan *Bacillus sp* pada konsentrasi 60% yaitu sebesar 90% dan kontrol yaitu sebesar 92%. Adapun faktor yang menjadi inhibitor dalam proses ini adalah konsentrasi substrat yang bervariasi pada konsentrasi bakteri yang sama. Adapun nilai kinetika pertumbuhan yang didapat dalam penelitian ini didapatkan nilai laju pertumbuhan spesifik (μ) yang paling cepat terletak pada bakteri kombinasi *Pseudomonas sp* dan *Bacillus sp* dengan konsentrasi substrat 30% waktu ke-18 jam karena mencapai $0,09482 \text{ h}^{-1}$, sedangkan pertumbuhan paling kecil terletak pada sampel tanpa bakteri konsentrasi 60% pada waktu ke 36 jam dan 42 jam yaitu $0,00 \text{ h}^{-1}$. Perubahan spesifik substrat (q) terbesar pada sampel tanpa bakteri pada konsentrasi substrat 60% waktu ke 24 jam sebesar $0,15668 \text{ kg.kg}^{-1}\text{h}^{-1}$ dan terkecil pada konsentrasi 100% waktu ke 36 jam

yaitu $0,001094 \text{ kg.kg}^{-1}\text{h}^{-1}$. Nilai Faktor Yield ($Y'x/s$) tertinggi terletak pada bakteri *Pseudomonas sp* konsentrasi 100% yaitu $8,29876 \text{ kg/kg}$ dan terendah terletak pada *Pseudomonas sp* konsentrasi 60% yaitu $0,96358 \text{ kg/kg}$. Laju pertumbuhan maksimum (μ_m) terbesar terletak pada bakteri *Pseudomonas sp* dengan konsentrasi 30% yaitu sebesar $0,32312 \text{ h}^{-1}$, sedangkan laju pertumbuhan maksimum yang paling rendah terletak pada bakteri *Pseudomonas sp* dengan konsentrasi 100% yaitu sebesar $0,00413 \text{ h}^{-1}$. Adapun nilai K_s terbesar berada pada bakteri kombinasi *Pseudomonas sp* dan *Bacillus sp* konsentrasi 100% yaitu $2,859 \text{ kg/m}^3$, sedangkan nilai K_s terendah terletak pada sampel kontrol yaitu $0,00960 \text{ kg/m}^3$. Nilai koefisien kematian (K_d) terbesar terletak pada bakteri *Pseudomonas sp* konsentrasi 30% adalah $0,0287 \text{ h}^{-1}$ dan terkecil pada *Pseudomonas sp* konsentrasi 60% yaitu $0,0018 \text{ h}^{-1}$.

Kata kunci : Kinetika Pertumbuhan, *Pseudomonas sp*, *Bacillus sp*, Batik

ABSTRACT

The batik industry is an industry that uses hazardous chemicals in the manufacturing process, especially in the dyeing and dyeing process. Batik liquid waste can increase water organic matter so that it can disrupt aquatic ecosystems. In this study, biological treatment will be used, namely the biodegradation of batik waste using *Pseudomonas sp* and *Bacillus sp* bacteria. This research will also examine the growth kinetics of *Pseudomonas sp* bacteria, combination of *Pseudomonas sp* and *Bacillus sp* bacteria and samples without bacteria, while the variations in the concentration of the substrate used are 100%, 60% and 30% waste. This process is carried out by introducing bacteria and nutrients into a biological reactor with the addition of batch aeration followed by seeding and acclimatization processes, followed by the main process. The fixed variables used are reactor volume, pH and waste. while the variables are variations in substrate concentration, type of bacteria and detention time. The parameters tested were COD, MLVSS and pH values. The volume of the bioreactor used is 3 L, by conditioning the initial pH of the waste to be 7. Waste will be taken every 6 hours for 48 hours. From the results of the study, it was known that the largest removal of organic COD was in the combination of *Pseudomonas sp* and *Bacillus sp* bacteria at a concentration of 60%, which was 90% and control sample which was 92%. There is biggest factor that become inhibitors in this process, namely the varying substrate concentrations at the same bacterial concentration. The growth kinetics values obtained in this study showed that the fastest specific growth rate (μ) was found in the combination of *Pseudomonas sp* and *Bacillus sp* bacteria with a substrate concentration of 30% at 18 hours because it reached 0.09482 h^{-1} , while the smallest growth was lies in the sample without bacteria at a concentration of 60% at 36 hours and 42 hours, namely 0.00 h^{-1} . The largest change in substrate-specific (q) in the sample without bacteria was at 60% substrate concentration at 24 hours at $0.15668 \text{ kg.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$ and the smallest at 100% concentration at 36 hours at $0.001094 \text{ kg.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$. The highest yield factor value ($Y'_{x/s}$) was in the *pseudomonas sp* bacteria with a concentration

of 100%, which was 8,29876 kg/kg and the lowest was in *Pseudomonas sp* with a concentration of 60%, which was 0.96358 kg/kg. Maximum growth rate (μ_m) the largest was *pseudomonas sp* bacteria with a concentration of 30% is 0.32312 h⁻¹, while the lowest maximum growth rate (μ_m) is *Pseudomonas sp* bacteria with a concentration of 100%, which is 0.00413 h⁻¹. The largest K_s value was in the combination of *Pseudomonas sp* and *Bacillus sp* bacteria with a concentration of 100%, namely 2.859 kg/m³, while the lowest k_s value was in the control sample, which was 0.00960 kg/m³. The greatest value of the mortality coefficient (K_d) was in *Pseudomonas sp* bacteria with a concentration of 30%, which was 0.0287 h⁻¹ and the smallest in *Pseudomonas sp* with a concentration of 60%, which was 0.0018 h⁻¹.

Keywords: Growth Kinetics, *Pseudomonas sp*, *Bacillus sp*, Batik