

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian BOD

Berdasarkan penelitian kadar BOD pada limbah cair air lindi, dapat dilihat data hasil analisis uji laboratorium pada tabel 4.1 di bawah ini.

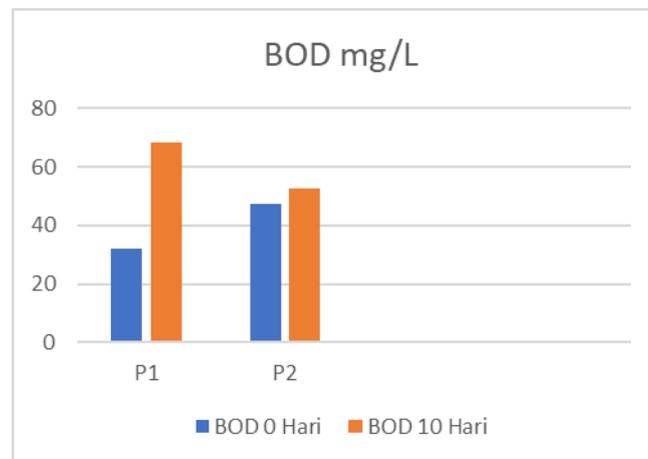
Tabel 4.1 Tabel Hasil Uji BOD Laboratorium

Hari	Kadar BOD (mg/L)							Baku Mutu	
	P1			Rata-rata	P2				Rata-rata
	U1	U2	U3		U1	U2	U3		
0	165	199	194	186	461	513	480	484	150
10	327	404	464	398	507	528	579	538	

Keterangan: P1 = Kontrol; P2 = Pemberian Ekoenzim

Berdasarkan tabel 4.1 diatas, menunjukkan nilai hasil kadar BOD sebelum dan sesudah pemberian ekoenzim dengan konsentrasi 10%. Pada perlakuan kontrol terdapat kadar BOD paling tinggi sebesar 464 mg/L dan nilai terendah kadar BOD yaitu 165 mg/L dengan nilai rata-rata pada P1 hari ke-0 sebesar 186 dan nilai rata-rata pada P1 hari ke-10 sebesar 398 mg/L. Sedangkan pada pemberian perlakuan ekoenzim terdapat kadar BOD tertinggi sebesar 579 mg/L dan nilai terendah kadar BOD yaitu 461 mg/L dengan nilai rata-rata pada P2 hari ke-0 sebesar 484 mg/L dan nilai rata-rata pada P2 hari ke-10 sebesar 538 mg/L.

Berikut penyajian grafik BOD pada limbah cair air lindi dengan pemberian ekoenzim dan tanpa ekoenzim untuk masing-masing pengulangan dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Persentase Kadar BOD Pada Limbah Cair Air Lindi Tanpa ekoenzim dan Dengan Ekoenzim

BOD atau kebutuhan oksigen biokimia adalah ukuran jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk memecah atau memecah bahan organik di udara (Umaly dan Cuvin, 1988; Metcalf dan Eddy, 1991). Mays (1996) mendefinisikan BOD sebagai jumlah oksigen yang digunakan komunitas mikroba perairan untuk mengimbangi pasokan bahan organik yang dapat terbiodegradasi. Dalam konteks ini, nilai BOD dapat dikatakan menunjukkan kadar oksigen, namun dapat juga diartikan sebagai jumlah bahan organik yang mudah terurai di dalam air.

Berdasarkan hasil penelitian, nilai rata-rata BOD hari ke-0 pada P1 sebesar 186 mg/L dan P2 sebesar 484 mg/L sedangkan nilai rata-rata BOD hari ke-10 pada P1 sebesar 398 mg/L dan P2 sebesar 538 mg/L. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan yang diberikan ekoenzim tidak mengalami penurunan nilai BOD serta belum sesuai dengan baku mutu air lindi menurut Permen LHK NO.59 tahun 2016.

Hasil penelitian ini dapat dipengaruhi oleh jenis gula yang digunakan dalam pembuatan ekoenzim, jenis gula yang digunakan dalam penelitian ini adalah gula molase. Molase merupakan produk limbah gula dengan kandungan bahan organik tinggi dan aktivitas mikroba sehingga meningkatkan nilai BOD. Adanya bahan organik pada permukaan molase menyebabkan hasil koreksi P2 negatif dan masih diatas P1. Tingginya nilai BOD pada P1 menunjukkan bahwa senyawa organik

memerlukan oksigen terlarut untuk dapat terurai, karena tingginya kandungan bahan organik pada ekoenzim menyebabkan nilai BOD pada P2 meningkat.

Sedangkan nilai BOD pada P1 yang sangat tinggi berasal dari senyawa organik dalam air lindi yang sulit diuraikan oleh mikroba pada proses dekomposisi sampah sehingga dalam penggunaan ekoenzim konsentrasi 10% yang memiliki kandungan zat organik dan mikroorganisme aktif membuat nilai BOD pada P2 semakin meningkat. Menurut Tang dan Tong (2011) ekoenzim memiliki fungsi yang berbeda sesuai dengan dosis yang berbeda. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pengaruh ekoenzim terhadap proses remediasi juga dipengaruhi salah satunya faktor konsentrasi. Penambahan ekoenzim dengan konsentrasi 10% pada proses remediasi limbah air lindi belum memenuhi baku mutu, sehingga perlu penggunaan ekoenzim dengan konsentrasi dibawah 10% dan waktu remediasi yang lebih lama.

1. Uji Normalitas

Pengujian normalitas merupakan pengujian untuk mengetahui apakah data disajikan secara normal. Data yang diukur adalah hasil BOD dan COD air limbah dan ekoenzim. Uji normalitas data ditentukan dengan menggunakan program SPSS dengan menggunakan uji satu sisi Kolmogorov-Smirnov pada taraf signifikansi 0,05.

Hasil perhitungan uji normalitas BOD menunjukkan hasil seperti pada (**Lampiran 14**). Diketahui nilai signifikansi (Sig) kontrol H-0 $0,206 > 0,05$, perlakuan H-0 $0,705 > 0,05$, kontrol H-10 $0,863 > 0,05$ dan perlakuan H-10 $0,549 > 0,05$. Maka sesuai dengan dasar pengambilan keputusan dalam uji normalitas Shapiro-Wilk di atas, dapat disimpulkan bahwa data berdistribusi normal.

2. Uji Homogenitas

Uji homogenitas merupakan uji statistik yang digunakan untuk menyediakan data tentang dua individu atau lebih yang memiliki varian yang sama. Uji homogenitas ini dilakukan dengan menggunakan uji homogenitas variance ANOVA satu arah pada taraf signifikansi 0,05 dengan menggunakan SPSS.

Berdasarkan hasil uji homogenitas BOD (**Lampiran 14**), diketahui nilai Sig. Levene Statistic of based on mean memiliki hasil sebesar 0,294. Karena $0,294 > 0,05$, maka dapat disimpulkan bahwa varian data homogen. Hasil uji One Way Anova dapat dilihat seperti pada (**Lampiran 14**).

Hasil uji pengujian ANOVA tersebut ditemukan harga F hitung sebesar 40,340 dengan sig. = 0,000. Oleh karena nilai sig. $< 0,05$ maka H_0 ditolak yang artinya memiliki pengaruh yang signifikan terhadap perbedaan antar perlakuan.

4.2 Hasil Penelitian COD

Berdasarkan penelitian kadar COD pada limbah cair air lindi, dapat dilihat data hasil analisis uji laboratorium pada tabel 4.2 di bawah ini.

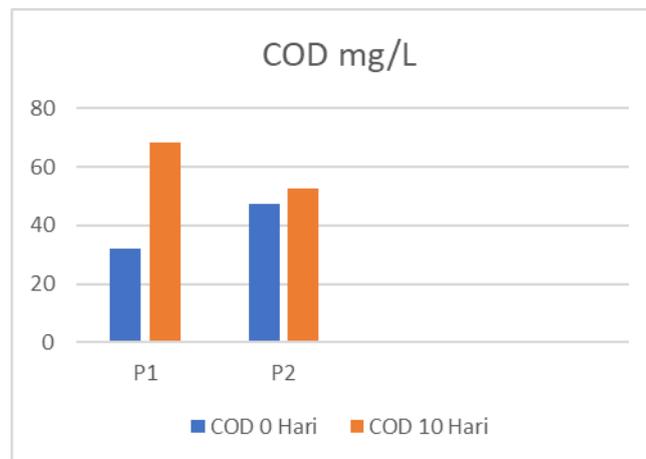
Tabel 4.2 Hasil Uji COD Laboratorium

Hari	Kadar COD (mg/L)								Baku Mutu
	P1			Rata-rata	P2			Rata-rata	
	U1	U2	U3		U1	U2	U3		
0	546	656	642	614	1520	1694	1584	1599	300
10	1078	1334	1532	1314	1678	1744	1912	1778	

Keterangan : P1 = Kontrol; P2 = Pemberian Ekoenzim

Berdasarkan tabel 4.2 diatas, menunjukkan nilai hasil kadar COD sebelum dan sesudah pemberian ekoenzim dengan konsentrasi 10%. Pada perlakuan kontrol terdapat kadar COD paling tinggi sebesar 1532 mg/L dan nilai terendah kadar COD yaitu 546 mg/L dengan nilai rata-rata pada P1 hari ke-0 sebesar 614 mg/L dan nilai rata-rata pada P1 hari ke-10 sebesar 1314 mg/L. Sedangkan pada pemberian perlakuan ekoenzim terdapat kadar COD tertinggi sebesar 1912 mg/L dan nilai terendah kadar COD yaitu 461 mg/L dengan nilai rata-rata pada P2 hari ke-0 sebesar 1599 mg/L dan nilai rata-rata pada P2 hari ke-10 sebesar 1778 mg/L.

Berikut penyajian grafik COD pada limbah cair air lindi dengan pemberian ekoenzim dan tanpa ekoenzim untuk masing-masing pengulangan dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Persentase Kadar COD Pada Limbah Cair Air Lindi Tanpa ekoenzim dan Dengan Ekoenzim

COD atau *Chemical Oxygen Demand* COD atau kebutuhan oksigen kimia adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk menguraikan seluruh bahan organik dalam air (Boyd, 1990). Hal ini terjadi ketika bahan organik didekomposisi secara kimia dalam kondisi asam dan suhu tinggi menggunakan katalis perak sulfat dan kalium dikromat, zat pengoksidasi kuat (Boyd, 1990; Metcalf & Eddy, 1991). keduanya mudah terurai dan mudah terurai. Benda-benda yang sulit terurai akan teroksidasi.

Berdasarkan hasil penelitian, nilai rata-rata COD hari ke-0 pada P1 sebesar 614 mg/L dan P2 sebesar 1599 mg/L sedangkan nilai rata-rata COD hari ke-10 pada P1 sebesar 1314 mg/L dan P2 sebesar 1778 mg/L. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan yang diberikan ekoenzim tidak mengalami penurunan nilai COD serta belum sesuai dengan baku mutu air lindi menurut Permen LHK NO.59 tahun 2016.

Proses remediasi dipengaruhi oleh adanya peningkatan aerasi (sirkulasi udara), sehingga menyebabkan nilai COD meningkat. Dalam proses bioremediasi, polutan dengan molekul yang lebih besar diubah menjadi molekul yang lebih sederhana. Proses ditransformasi melibatkan manipulasi biologis untuk memasukkan bakteri asli yang telah diuji kapasitas degradasinya yang tinggi. Penguraian bahan organik oleh bakteri menghasilkan senyawa CO_2 dan H_2O . Mikroorganisme dapat

menghasilkan energi untuk memecah senyawa organik ketika kebutuhan oksigen dan nutrisinya terpenuhi dengan baik.

Faktor lain yang dapat meningkatkan kadar BOD dan COD adanya kontaminasi tambahan didalam ekoenzim yang mengandung mikroorganisme tambahan seperti asam laktat ($C_3H_6O_3$) atau zat organik seperti laktosa ($C_{12}H_{22}O_{11}$) yang sebelumnya tidak terdapat pada limbah air lindi. Jika ekoenzim disaring dengan baik maka mikroorganisme aktif lebih sedikit dibandingkan dengan hasil ekoenzim yang disaring dengan biasa akan memiliki mikroorganisme aktif lebih banyak. Adapun pada proses fermentasi ekoenzim mengandung enzim protease, lipase, dan amilase yang bertindak sebagai degradasi utama dalam polutan di air limbah (Joseph. A, 2021). Hal ini terlihat pada hasil TPC, dimana terdapat 2 hasil yang sudah di inkubasi selama 24 jam. Hasil P1 terdapat 5 koloni bakteri, dan pada P2 terdapat 53 koloni bakteri.

1. Uji Normalitas

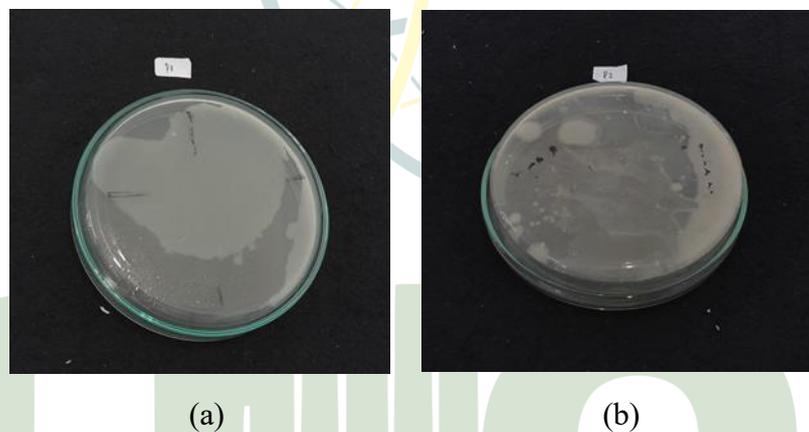
Dalam hasil perhitungan uji normalitas COD menunjukkan hasil seperti pada (**Lampiran 15**). Diketahui nilai signifikansi. Sig kontrol H-0 $0,224 > 0,05$, perlakuan H-0 $0,711 > 0,05$, kontrol H-10 $0,859 > 0,05$ dan perlakuan H-10 $0,529 > 0,05$. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa data berdistribusi normal sesuai dengan kriteria keputusan uji normalitas Shapiro-Wilk di atas, artinya persyaratan normalitas terpenuhi.

2. Uji Homogenitas

Dalam hasil perhitungan uji homogenitas COD menunjukkan hasil seperti pada (**Lampiran 15**). diketahui nilai Sig. Levene Statistic of based on mean memiliki hasil sebesar $0,285$. Karena $0,285 > 0,05$, maka dapat disimpulkan bahwa varian data homogen. Hasil uji One Way Anova dapat dilihat seperti pada (**Lampiran 15**). Hasil uji ANOVA menunjukkan nilai F hitung sebesar $40,421$ untuk sig.= $0,000$. Karena itu nilai Sig.< Jika $0,05$ maka H_0 ditolak. Hal ini mempunyai dampak yang signifikan terhadap perbedaan antar perlakuan.

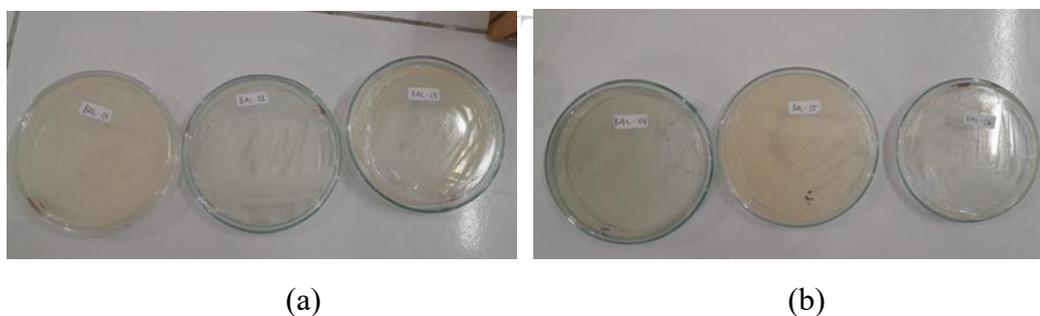
4.3 Isolasi Bakteri Pada Limbah Air Lindi

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan, terdapat 2 hasil TPC yang sudah di inkubasi selama 24 jam menunjukkan bahwa pada media PCA tanpa pemberian ekoenzim (P1) terdapat 5 koloni bakteri, dan pada media PCA dengan pemberian ekoenzim (P2) terdapat 53 koloni bakteri. Hal ini disebabkan karena sebaran koloni dan faktor pengenceran setiap sampel menunjukkan data yang berbeda-beda dan mengikuti prinsip faktor pengenceran, dimana semakin tinggi faktor pengenceran maka koloni mikroba semakin kecil (Sukmawati dan Hardianti, 2018).



Gambar 4.3 (a) koloni bakteri P1; (b) Koloni bakteri P2

Berdasarkan hasil pemurnian bakteri diperoleh 6 isolat bakteri yang dapat tumbuh pada media agar menggunakan metode sebaran (*spread plate*), sedangkan peremajaan bakteri dilakukan pada media *Nutrient Agar* (NA) menggunakan metode cawan gores (*streak plate*).



Gambar 4.4 (a) isolat bakteri P1; (b) isolat bakteri P2

1. Karakteristik Makroskopis Bakteri

Secara morfologi dapat diamati dengan cara makroskopis dan mikroskopis. Terdapat 6 jenis isolate bakteri yang diamati morfologinya secara makroskopis seperti: bentuk koloni (*punctiform, circular, filamentous, irregular, rhizoid, spindle*), bentuk tepian (*entire, undulate, lobate, erose, filamentous, curled*), elevasi (*flat, raised, convex, pulvinate, umbonate*), warna koloni (kelabu, keputihan, kekuningan, bening) serta ukuran koloni dengan menggunakan protokol Holt et al. (1994). Pada saat yang sama, pengamatan mikroskopis dilakukan di laboratorium dengan pewarnaan gram, yaitu mengamati jenis dan bentuk bakteri gram. Bakteri hasil isolasi dikultur dalam medium menggunakan metode kuadran strip dan diinkubasi selama 48 jam. Hasil dari karakteristik morfologi dari 6 isolat bakteri tersebut dapat dilihat pada tabel 4.3 dibawah.

Tabel 4.3 Karakteristik morfologi isolat bakteri secara makroskopik`

Kode Isolat	Bentuk	Margin	Elevasi	Warna
P1-01	Irreguler	Lobate	Convex	Putih kekuningan
P1-02	Irreguler	Curleb	Convex	Putih kekuningan
P1-03	Sirkuler	Rhizoid	Convex	Putih kekuningan
P2-04	Sirkuler	Filamentous	Convex	Putih kekuningan
P2-05	Sirkuler	Entire	Convex	Putih kekuningan
P2-06	Irreguler	Undulate	Convex	Putih kekuningan

Keterangan :

P1: Bakteri sebelum pemakaian ekoenzim

P2: Bakteri sesudah pemakaian ekoenzim

Berdasarkan hasil pengamatan morfologi diatas diperoleh karakter pada isolat P1-01, P1-02, dan P1-06 memiliki bentuk irregular; pada isolat P2-03, P2-04, dan P2-05 memiliki bentuk sirkuler. Pada margin isolat P1-01 memiliki bentuk lobate; isolat P1-02 memiliki bentuk curleb; isolat P1-03 memiliki bentuk rhizoid; isolat P2-04 memiliki bentuk filamentous; isolat P2-05 memiliki bentuk entire; isolat P2-06 memiliki bentuk undulate. Pada ke 6 isolat memiliki elevasi yang sama yaitu convex dan warna yang sama yaitu putih kekuningan.

2. Identifikasi Bakteri Air Lindi

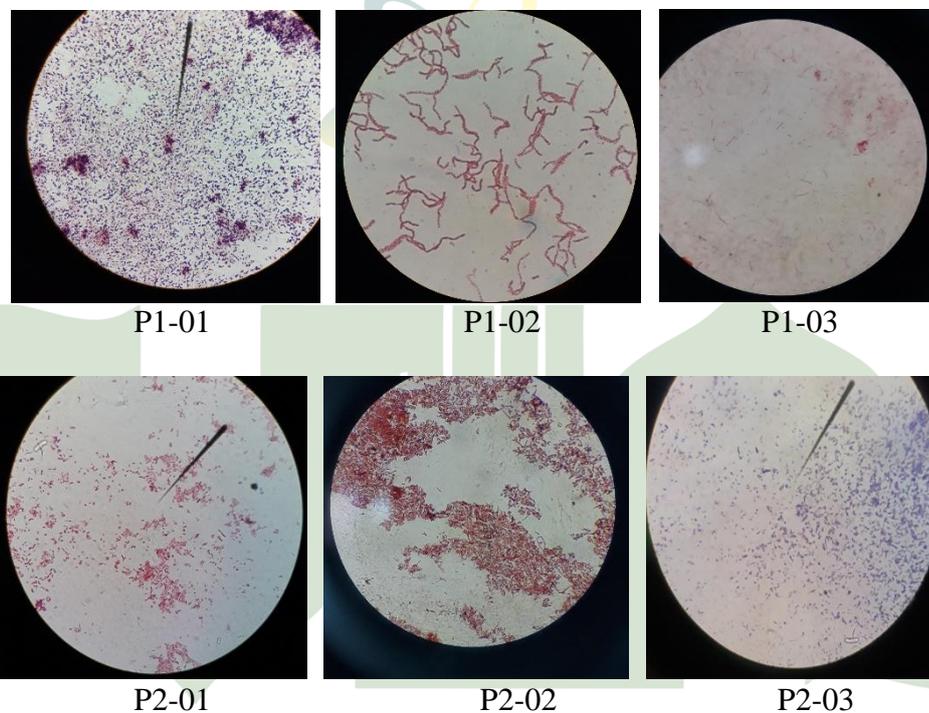
Ada dua jenis pewarna: pewarna gram positif dan pewarna gram negatif. Tujuan pewarnaan adalah untuk mengetahui ukuran dan bentuk bakteri, dengan menggunakan bahan pewarna berupa kristal bening, lugol, alkohol dan safranin untuk mencerahkan bakteri. Jika hasil label menunjukkan bakteri berwarna gelap, maka bakteri tersebut adalah bakteri positif (+) (Pelczar dan Chan, 2008). Pada keenam isolat bakteri pada limbah air lindi, dilakukan pengujian pewarnaan gram, dan hasil pengamatan mikroskopis mikroba pada perbesaran 1000x ditunjukkan pada Tabel 4.4

Tabel 4.4 Hasil Uji Pewarnaan Isolat Bakteri

Kode Isolat	Penataan	Gram
P1-01	Monococcus	+
P1-02	Streptobasil	-
P1-03	Streptobasil	-
P2-04	Manobasil	-
P2-05	Streptobasil	-
P2-06	Monobasil	+

Hasil pemeriksaan mikroskopis pada Tabel 4.4 menunjukkan bahwa isolat P1-01 dan P2-06 merupakan bakteri positif bakteri; hal ini ditunjukkan dengan koloni berwarna ungu, sedangkan isolat P1-02, P1-03, P2-04, dan P2 -05 merupakan bakteri gram negatif yang ditandai dengan koloni berwarna merah.

Pratita dan Putra (2012) menjelaskan bahwa warna ungu pada bakteri positif bakteri disebabkan oleh pengikatan pigmen pada kristal, sedangkan warna merah pada bakteri negatif disebabkan oleh pengikatan pigmen safranin pada dinding sel. Menurut Susanti dkk (2017), struktur sel bakteri dapat dilihat melalui pengamatan mikroskopis yang menjadi ciri masing-masing bakteri. Berdasarkan pengamatan, isolat kode P1-01 mempunyai sel monokokus, P1-02, P1-03 dan P2-05 mempunyai sel streptobacillus, serta P2-04 dan P2-06 mempunyai sel monobacillus. Hasil gramnya dapat dilihat pada Gambar 4.5 di bawah ini.



Gambar 4.5 Hasil Pewarnaan Gram Isolat bakteri

Menurut Tashlan dkk. Infeksi bakteri positif dan menunjukkan warna ungu atau biru pada gramnya. Hal ini disebabkan warna kristal tetap utuh meskipun terkena larutan pemutih yang mengandung aseton (Lay, 1994). Infeksi bakteri terdiri dari tiga tipe dasar: bulat atau kokus, berbentuk batang atau basil, dan spiral (Dwidjoseputro, 1985).

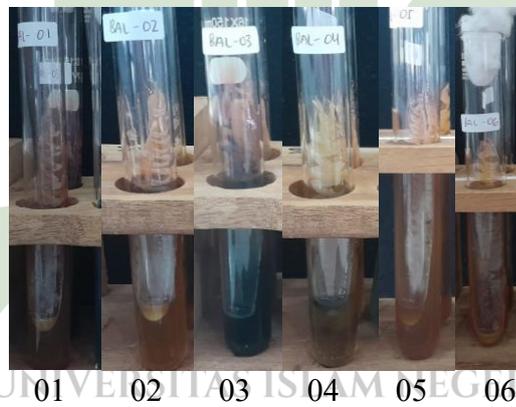
a. Uji Biokimia

Hasil uji biokimia bakteri tercantum sebagai P1-01, P1-02, P1-03, P2-04, P2-05, dan P2-06. Uji Biokimia Bakteri Lindi Pengamatan dilakukan dengan

menggunakan observasi bakteri yang terdiri dari uji katalase, uji agar TSI, uji motorik, uji asam sitrat dan uji gelatin.

- Uji TSIA (Triple Sugar Iron Agar)

Media TSIA mengandung tiga jenis gula: glukosa, laktosa, dan sukrosa. Tujuan dari uji TSI adalah untuk mengukur kemampuan bakteri dalam memfermentasi karbon. Jika hasil pengujian menunjukkan adanya peningkatan basa (K/A) berwarna kuning dan merah, berarti bakteri mampu memfermentasi karbon. Hasil tes menunjukkan (A/A); Artinya bakteri dapat memfermentasi semua jenis karbon, namun hasil (K/K) menunjukkan bahwa bakteri tidak dapat memfermentasi semua jenis karbohidrat. Perubahan yang terjadi selama inkubasi, warna sampel menjadi kuning menandakan keasaman, warna indikator menjadi merah menandakan alkalinitas dan warna indikator menjadi hitam menandakan terbentuknya H₂S (hidrogen sulfida) dan menandakan cocok atau tidaknya media tersebut dan bila media terangkat menunjukkan adanya gas.



Gambar 4.6 Hasil Uji TSI Agar

Berdasarkan hasil pengamatan uji TSIA pada isolat bakteri air lindi keenam isolat bakteri yaitu: P1-01, P1-02, P1-03, P2-04, P2-05 dan P2-06 menunjukkan bahwa isolat bakteri bersifat asam, hal ini dapat diketahui dengan permukaan media yang mengalami perubahan warna yang menjadi kekuningan. Hal itu menandakan keenam isolat mampu memfermentasikan laktosa dan sukrosa. Pada isolat bakteri P1-01, P1-02, P1-03 dan P2-04 menunjukkan hasil H₂S bersifat positif, hal ini dapat diketahui dengan adanya endapan berwarna hitam pada dasar (butt) dari media yang

digunakan, sedangkan pada isolat bakteri P2-05 dan P2-06 menunjukkan hasil H₂S bersifat negatif. Pada isolat bakteri P1-01, P1-02, P1-03, P2-04 dan P2-05 tidak menunjukkan adanya gas, sedangkan pada isolat bakteri P2-06 menunjukkan adanya gas ditandai dengan adanya gelembung pada media atau media dalam tabung terangkat ke atas (Parija, 2012).

- Uji Katalase

Uji katalase berguna untuk mengidentifikasi kelompok bakteri yang menghasilkan enzim katalase. Dengan mengubah hidrogen peroksida (H₂O₂) menjadi oksigen dan air. Organisme yang mampu memproduksi enzim katalase dapat ditandai dengan adanya terlalu banyak udara yang menunjukkan efek positif, sedangkan tidak adanya udara menunjukkan akibat negatif (Lay, 1994).

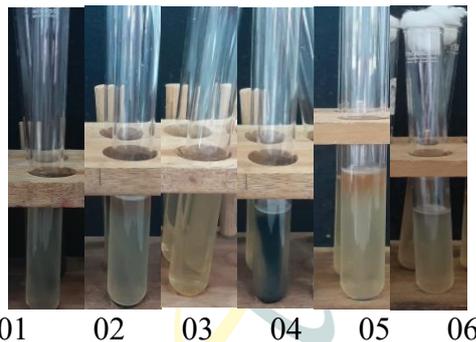


Gambar 4.7 Hasil Uji Katalase

Berdasarkan hasil uji katalase isolat bakteri P1-01, P1-02, P1-03, P2-04, P2-05 dan P2-06 hasilnya positif setelah ditambahkan 1-2 tetes larutan H₂O₂. Hal ini terlihat dari adanya konsentrasi bakteri yang tinggi; Hal ini menunjukkan bahwa enam bakteri berbeda dapat menghasilkan enzim katalase. Enzim katalase pada bakteri bertanggung jawab atas pemecahan H₂O₂ menjadi air dan oksigen. Enzim katalase merupakan protein heme yang terdiri dari empat gugus heme. Jika bakteri tidak dapat memecah hidrogen peroksida menjadi senyawa tidak berbahaya lainnya, mereka akan mati. Degradasi ini terjadi dengan adanya enzim katalase (Cappuccino dan Sherman, 2001).

- Uji Motilitas (Sulfid Indol Motility)

Uji Motilitas (Sulfide Indol Motility) bertujuan untuk mengukur motilitas bakteri dalam kultur. Aktivitas bakteri positif ditandai dengan tidak adanya gejala pada tempat infeksi, sedangkan bakteri yang tumbuh pada permukaan media pada tempat infeksi menunjukkan hasil negatif.

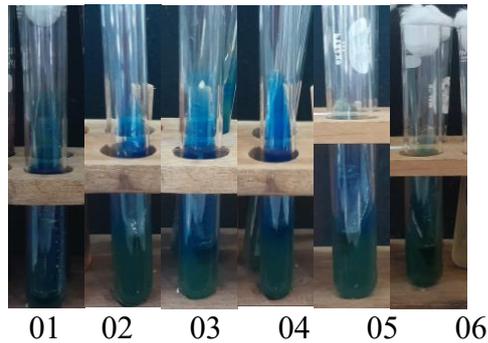


Gambar 4.8 Hasil Uji Motilitas Pada Media SIM (Sulfid Indol Motility)

Berdasarkan hasil pengamatan uji motilitas pada isolat bakteri P1-01, P1-02, P1-03, P2-04 dan P2-06 menunjukkan hasil positif, hal ini ditandai dengan adanya pertumbuhan menyebar serta tumbuh lurus di sekitar tusukan ose. Sedangkan pada isolat bakteri P2-05 menunjukkan hasil negatif, hal ini ditandai dengan pertumbuhan bakteri tidak menyebar serta tumbuh lurus sesuai area tusukan ose.

- Uji Sitrat

Uji sitrat bertujuan untuk mengetahui apakah bakteri menggunakan sitrat sebagai sumber karbon. Larutan sitrat dalam bentuk cair atau larutan asam sitrat dalam bentuk padat dapat digunakan dalam pengujian asam sitrat. Uji sitrat positif bila ditandai dengan perubahan warna dari hijau menjadi biru; hal ini menunjukkan bahwa bakteri dapat menggunakan sitrat sebagai sumber karbon (Lay, 1994).

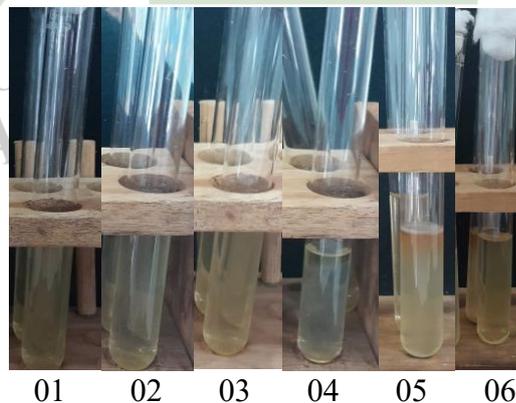


Gambar 4.9 Hasil Uji Sitrat

Berdasarkan hasil pengamatan uji sitrat pada isolat bakteri P1-01, P1-02, P1-03, P2-04 dan P2-05 menunjukkan hasil positif, hal ini dikarenakan terjadinya perubahan warna dari warna hijau menjadi warna biru pada media. Sedangkan pada isolat bakteri P2-06 menunjukkan hasil negatif, hal ini dikarenakan tidak adanya perubahan pada media.

- Uji Gelatin

Uji gelatin dilakukan untuk mengetahui apakah terjadi proses hidrolisis gelatin. Hasil positif ditunjukkan dengan melelehnya gelatin atau media yang tidak dibekukan. Artinya bakteri dapat menghasilkan enzim ekologi gelatinase. Gelatin adalah protein hewani berbentuk gel yang menjadi cair ketika dipecah. Beberapa mikroorganisme mendegradasi gelatin, menjadikan asam amino yang dihasilkan tersedia sebagai nutrisi (Lay, 1994).



Gambar 4.10 Hasil Uji Gelatin

Berdasarkan hasil pengamatan uji gelatin pada isolat bakteri P1-01, P1-02, P1-03, P2-04 dan P2-05 menunjukkan hasil positif, hal ini dikarenakan tidak terjadi

pembekuan pada media. Sedangkan pada isolat bakteri P2-06 menunjukkan hasil negatif, hal ini dikarenakan terjadinya pembekuan pada media. Berikut tabel hasil pengujian isolat bakteri air lindi.

Tabel 4.5 Hasil Uji Biokimia Isolat Bakteri Air Lindi

Kode Isolat	TSI	Sitrat	Gelatin	SIM	Katalase	Genus
P1-01	K/K Gas (-) H ₂ S (+)	+	+	+	+	<i>Micrococcus</i> sp.
P1-02	K/K Gas (-) H ₂ S (+)	+	+	+	+	<i>Proteus</i> sp.
P1-03	A/K Gas (-) H ₂ S (+)	+	+	+	+	<i>Proteus</i> sp.
P2-04	K/K Gas (-) H ₂ S (+)	+	+	+	+	<i>Pseudomonas</i> sp.
P2-05	A/K Gas (-) H ₂ S (-)	+	+	-	+	<i>Shigella</i> sp.
P2-06	K/K Gas (+) H ₂ S (-)	-	-	+	+	<i>Bacillus</i> sp.

Keterangan :

P1: Bakteri sebelum pemakaian ekoenzim

P2: Bakteri sesudah pemakaian ekoenzim

Menurut uji biokimia yang dilakukan dan diamati pada struktur yang terungkap melalui pengamatan mikroskopis dan pengukuran biokimia, diperoleh 5 genus pada sample limbah cair air lindi yang dapat dilihat tabel 4.5

Pada kode isolat P1-01 yaitu Genus *Micrococcus* sp. Pengamatan karakteristik uji aktivitas biokimia isolat P1-01 menunjukkan bahwa pada uji TSIA terjadi perubahan warna dan terjadi fermentasi sukrosa dan laktosa, menghasilkan H₂S dan tidak dihasilkan gas. Hasil yang baik diperoleh dengan uji sitrat, uji gelatin, uji SIM dan uji katalase. Hasil yang diperoleh menegaskan bahwa isolat P1-01 termasuk dalam genus *Micrococcus* menurut Bergey's Determinative Bacteriology, edisi 7, Identifikasi Bakteri (Holt et al.). 1994; Robert dkk., 1957). Mikrokokus dicirikan sebagai gram-positif, sedangkan kokus berbentuk (bulat), terkadang berpasangan tetapi tanpa spora, dan mampu mengekstraksi tiga gula sebagai sumber karbon.

Pada kode isolat P1-02 yaitu Genus *Proteus* sp. Pengamatan karakteristik uji aktivitas biokimia isolat P1-02 menunjukkan bahwa pada uji TSIA terjadi perubahan warna dan terjadi fermentasi sukrosa dan laktosa, menghasilkan H₂S dan tidak dihasilkan gas. Hasil yang baik diperoleh dengan uji sitrat, uji gelatin, uji SIM dan uji katalase. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa isolat P1-02 termasuk dalam genus *Proteus* menurut Bergey Determinative Bacteriology Edisi 7, (Holt et al., 1994; Robert et al., 1957). Sebaliknya, *Proteus* sp. Ia mempunyai sifat gram negatif berupa streptobacilli dan basil rantai panjang.

Pada kode isolat P1-03 yaitu Genus *Proteus* sp. dengan Pengamatan karakteristik uji aktivitas biokimia isolat P1-03 menunjukkan bahwa pada uji TSIA tidak terjadi perubahan dan terjadi fermentasi glukosa, menghasilkan H₂S dan tidak ada gas yang keluar. Hasil yang baik diperoleh dengan uji sitrat, uji gelatin, uji SIM dan uji katalase. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa isolat P1-03 termasuk dalam genus *Proteus* berdasarkan struktur bakterinya dan (Holt et al. 1994; Robert dkk.,1957) dalam Bergey's Determinative Bacteriology Edisi 7. Di sini *Proteus* sp. Ia mempunyai ciri-ciri Gram negatif karena streptobacilli dan basil menempelsatu sama lain dalam bentuk rantai.

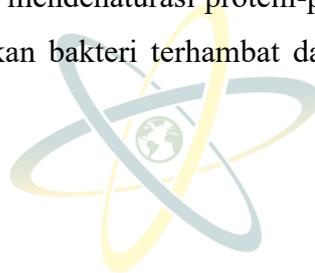
Pada kode isolat P2-04 yaitu Genus *Pseudomonas* sp. Pengamatan karakteristik uji aktivitas biokimia isolat P2-04 menunjukkan bahwa pada uji TSIA terjadi perubahan warna dan terjadi fermentasi sukrosa dan laktosa, menghasilkan H₂S

dan tidak dihasilkan gas. Hasil yang baik diperoleh dengan uji sitrat, uji gelatin, uji SIM dan uji katalase. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa isolat P2-04 termasuk dalam genus *Pseudomonas*, sesuai dengan identifikasi bakteri yang dibuat dalam *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology Edition* (Holt et al., 1994; Robert et al., 1957). Dimana *Pseudomonas* mempunyai sifat Gram negatif, terdapat dalam bentuk bacillus (bentuk batang), bentuk mannobacillus (bentuk tunggal).

Pada kode isolat P2-05 yaitu Genus *Shigella* sp. dengan Pengamatan karakteristik uji aktivitas biokimia isolat P2-05 menunjukkan bahwa pada uji TSIA tidak terjadi perubahan dan terjadi fermentasi glukosa serta tidak terbentuk gas dan H₂S. Sedangkan uji sitrat, gelatin dan katalase menunjukkan hasil positif, sedangkan uji SIM tidak memberikan hasil motorik negatif. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa isolat P2-05 termasuk dalam genus *Shigella* menurut identitas bakteri dan (Holt et al. 1994; Robert dkk., 1957), dalam *Bergey's Determinative Bacteriology Edisi 7*. Di sini *Proteus* sp. Ia mempunyai ciri-ciri Gram negatif karena streptobacilli dan basil menempel satu sama lain dalam bentuk rantai.

Pada kode isolat P2-06 yaitu Genus *Bacillus* sp., Pengamatan mikroskopis mirip dengan sel Gram positif (sel induk). Uji TSIA menunjukkan telah terjadi fermentasi sukrosa dan laktosa, dan tidak dihasilkan gas H₂S. Uji sitrat dan gelatin memberikan hasil negatif, sedangkan uji SIM dan katalase memberikan hasil positif. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa isolat P2-06 termasuk dalam genus *Bacillus* menurut klasifikasi bakteri Bergey dalam *Determinative Bacteriology volume edisi ke-7* (Holt et al., 1994; Buchanan dan Gibbons, 1974). Jika spesies *Bacillus* bercirikan basil (batang), maka ia banyak ditemukan di tanah dan air, termasuk air laut. Beberapa spesies menghasilkan enzim unik yang dapat menghidrolisis protein dan polisakarida serta merupakan katalase yang baik (Pelczar et al., 1976). Ekoenzim kulit buah pepaya memiliki kemampuan menghambat pertumbuhan bakteri *Micrococcus* sp. dan *Proteus* sp. Hambatan ini dapat diketahui dengan munculnya bakteri lain setelah pemberian ekoenzim kulit buah pepaya dengan konsentrasi 10%, yaitu bakteri *Pseudomonas* sp, *Shigella* sp, dan *Bacillus* sp.

Penghambatan bakteri terjadi dikarenakan aktivitas senyawa antibakteri yang terkandung pada ekoenzim kulit buah pepaya berupa alkohol, asam asetat, dan senyawa metabolit sekunder. Menurut Talaro (2008); Russell dan Gonzalez (1997), alkohol memiliki aktivitas antimikroba spektrum luas yang menghambat pertumbuhan bakteri dan asam asetat mempunyai efek antimikroba. Menurut McDonnell et al. (1999) alkohol dapat bersifat menghambat dengan cara merusak membran sel bakteri sehingga komponen intrasel keluar. Mekanisme lain dari alkohol bekerja dengan cara mendenaturasi protein-protein di dalam sel, sehingga kinerja enzim yang dihasilkan bakteri terhambat dan mengganggu metabolisme seluler



UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
SUMATERA UTARA MEDAN