

ISOLASI DAN KARAKTERISASI BAKTERI PROTEOLITIK PADA LIMBAH AIR CUCIAN AYAM POTONG DAN CUCIAN IKAN SEBAGAI PENYUSUN MODUL BIOLOGI SMA KELAS X

Zahra Putri Andika¹, Ani Sulistyarsi²

^{1,2}Program Studi Pendidikan Biologi, FKIP, Universitas PGRI Madiun
zahraputriandika@gmail.com, anismansa81@yahoo.com

ABSTRACT

Water waste chicken laundry and fish laundry contains many organic substances, especially proteins that will become the growth of microorganisms, one of which is proteolytic bacteria. Proteolytic bacteria are bacteria capable of degrading proteins, because they produce extracellular protease enzymes. The purpose of this research is to know the type of bacteria, morphological structure, potency and module of proteolytic bacteria in waste water of chicken laundry and fish. This research includes qualitative research, using a qualitative descriptive approach that refers to the description of isolation and characterization of proteolytic bacteria. Sample waste water waste chicken and fish laundry was grown on Skim Milk Agar (SMA) medium then macroscopic and microscopic characterization as well as measuring the potential of proteolytic bacteria seen from the clear zone around the colony. The isolation and characterization of proteolytic bacteria have different morphological and genus differences. Sample wastewater waste chicken chicken there are 5 isolates of bacteria belonging to genus Bacillus, Pseudomonas and Staphylococcus. While in fish laundry there are 4 bacterial isolates included in genus Bacillus and Pseudomonas. The potential of proteolytic bacteria from both samples contained 6 isolates and resulted in clear zones all of which means that if all bacteria were able to isolate protease enzymes, the coded PP isolates were the highest proteolytic index values of 2 mm. The result of validation of proteolytic bacteria module showed that the average of 89,5% appraisal was in the category worth using without revision.

Keywords: Isolation, Characterization, Proteolytic Bacteria, Water Waste

PENDAHULUAN

Rumah pemotongan ayam di Indonesia berkembang sesuai dengan kemajuan perunggasan global yang mengarah kepada sasaran mencapai tingkat efisiensi usaha yang optimal. Rumah Potong Ayam (RPA) merupakan salah satu industri di bidang peternakan yang bergerak dalam fungsi pemotongan ayam hidup dan mengolah menjadi karkas yang siap konsumsi. Perkembangan industri yang demikian cepat merupakan salah satu penyebab turunnya kualitas lingkungan. Rumah pemotongan ayam akan menghasilkan limbah yang terdiri dari limbah padat dan cair. Limbah padat seperti bangkai ayam, isi perut, bulu ayam, dan kotoran ayam. Limbah cair terutama di proses pemotongan dan pencucian karkas. Kandungan limbah cair RPA

(Rumah Pemotongan Ayam) diantaranya adalah limbah kimia-fisik dan mikrobiologi.

Limbah cair perikanan mengandung bahan organik yang tinggi. Tingkat pencemaran limbah cair ikan sangat tergantung pada tipe spesies ikan. Jumlah debit air limbah umumnya berasal dari proses pencucian. Cairan ini mengandung darah dan potongan-potongan kecil ikan, kulit serta isi perut. Menurut Battistoni dan Veranita (dalam Ibrahim, 2005) beban cemaran organik yang tinggi terkandung senyawa nitrogen yang tinggi yang merupakan protein larut air setelah mengalami *leaching* selama pencucian, defrost dan proses pemasakan.

Limbah cair perikanan dan rumah potong ayam dibuang ke perairan umum tanpa pengolahan terlebih dahulu akan mencemari lingkungan. Kandungan nutrisi organik yang tinggi ini apabila berada dalam badan air akan menyebabkan eutrofikasi pada perairan umum, yang kemudian akan menyebabkan kematian organisme yang hidup dalam air tersebut, pendangkalan, penyuburan ganggang dan bau yang tidak nyaman. Limbah cair yang dihasilkan dapat menyebabkan pencemaran lingkungan terutama bau yang dikeluarkan akibat dari pembusukan protein.

Limbah cair yang dihasilkan oleh cucian ayam potong dan cucian ikan akan menjadi tempat tumbuhnya mikroorganisme terutama bakteri, bakteri yang tumbuh salah satunya adalah bakteri proteolitik. Menurut Abraham (dalam Situmorang, 2014) bakteri proteolitik adalah bakteri yang mampu memproduksi enzim protease ekstraseluler, yaitu enzim pemecah protein yang diproduksi di dalam sel kemudian dilepaskan keluar dari sel. Penelitian Tarntip dan Thungkao (dalam Yusufa, dkk. 2012) telah ditemukan isolat *Bacillus sp* asal limbah cair RPA sebagai *biomeulsifier* serta memiliki sifat proteolitik dan lipolitik. Berdasarkan informasi tersebut, penelitian ini perlu dilakukan untuk mengisolasi dan memperoleh bakteri yang berasal dari limbah air cucian ayam potong dan cucian ikan, serta melakukan karakterisasi bakteri proteolitik yang ada pada limbah.

Berbagai jenis dan macam sumber dan bahan ajar dapat digunakan dalam pembelajaran. Salah satu bentuk sumber belajar dan bahan ajar yaitu cetakan seperti buku, modul, ensiklopedia, dan bentuk cetakan lainnya. Modul sebagai salah satu bahan ajar berbentuk cetak sangat baik digunakan dalam pembelajaran. Modul

adalah sebuah buku yang ditulis dengan tujuan agar siswa dapat belajar secara mandiri tanpa arahan atau bimbingan guru. Ini menunjukkan bahwa modul dapat digunakan untuk pembelajaran meskipun tidak ada pengajar. Keberadaan modul dan penggunaannya mampu membuat siswa mampu belajar sendiri. Siswa dapat belajar secara mandiri dengan menggunakan modul tanpa bantuan atau keberadaan pendidik yang biasanya ada dalam setiap pembelajaran. Ini membuat siswa memiliki keterampilan untuk menggali informasi maupun materi dan mengembangkannya secara mandiri, tidak selalu harus bergantung kepada guru.

Hasil isolasi dan karakterisasi bakteri proteolitik pada limbah air cucian ayam potong dan cucian ikan dapat dijadikan sebagai penyusunan modul bahan ajar Biologi bagi siswa kelas X. Pembelajaran tentang Bakteri pada materi Eubacteria dan Archaeobacteria merupakan konsep yang dapat dikembangkan dalam pelajaran biologi serta termasuk materi yang tergolong sulit dipahami. Dimana modul bakteri khususnya bakteri proteolitik saat ini masih jarang ada dalam pembelajaran Biologi, oleh karena itu dengan adanya modul akan dapat memperkuat, mempermudah dan memperkaya pemahaman siswa dalam belajar bakteri. Dalam penyusunan modul bakteri diperlukan sumber data dari hasil penelitian sehingga dapat disusun menjadi modul berbasis penelitian. Data hasil penelitian tentang bakteri ini dapat melalui isolasi dan karakterisasi yang dapat diambil dari sampel tanah, air, udara maupun limbah. Modul memiliki fungsi pengayaan pengetahuan, meningkatkan pengetahuan pembaca dan menambah wawasan bagi siswa tentang bakteri yang ada di sekitar. Modul bakteri penting karena dapat digunakan sebagai pendamping buku paket pembelajaran Biologi SMA kelas X.

Berdasarkan hal tersebut, maka peneliti akan melakukan penelitian yang berjudul “Isolasi Dan Karakterisasi Bakteri Proteolitik Pada Limbah Air Cucian Ayam Potong Dan Cucian Ikan Sebagai Penyusun Modul Biologi SMA kelas X”

METODE PENELITIAN

Penelitian ini termasuk penelitian kualitatif, menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif yang mengacu pada pendeskripsian hasil isolasi dan karakterisasi bakteri proteolitik. Sampel limbah air cucian ayam potong dan cucian ikan ditumbuhkan pada media *Skim Milk Agar* (SMA) kemudian di karakterisasi

berdasarkan makroskopis dan mikroskopis serta mengukur potensi bakteri proteolitik yang dilihat dari adanya zona bening di sekitar koloni.

Sampel limbah air cucian ayam potong dan cucian ikan dilakukan pengenceran hingga 10^{-5} dan pengenceran tiga terakhir diambil sebanyak 1 ml dengan menggunakan mikropipet, kemudian ditetaskan ke dalam cawan petri yang berisi medium SMA. Setelah membeku diinkubasi pada suhu ruang selama 48 jam, sehinggaterlihat koloni-koloni bakteri yang tumbuh. Pengamatan makroskopis pada medium SMA miring meliputi bentuk koloni, warna koloni, permukaan koloni (kasar atau licin) dan tepian koloni.

Uji morfologis secara mikroskopis dilakukan dengan menggunakan pengecatan Gram dengan prosedur, mengambil satu ose dari setiap koloni dari isolasi, selanjutnya difiksasi di atasnya api, ditetesi gention violet dan dibiarkan 2-3 menit, selanjutnya ditetesi larutan Iodium lugol, dicuci dengan air mengalir, kemudian ditetesi alkohol sedikit demi sedikit sampai larutan yang mengalir tidak berwarna dan dibiarkan 2-3 menit, terakhir diamati dibawah mikroskop dengan pembesaran 10 x 100. Sel yang telah terwarnai bersifat gram positif jika sel berwarna biru gelap atau ungu dan bersifat gram negatif bila sel berwarna merah muda (Rahmawati, 2016).

Menurut Zahidah dan Shovitri (2013) pengujian potensi bakteri proteolitik dilakukan dengan cara isolat bakteri ditumbuhkan pada medium *Skim Milk Agar*. Setelah diinkubasi 48 jam pada suhu 37°C, disekitar isolat bakteri yang memiliki aktivitas protease akan terlihat zona bening. Indeks amilolitik, selulolitik dan proteolitik diukur dengan cara berikut :

$$IA/IS/IP = \frac{X1-X2}{X2}$$

Keterangan : IA/IS/IP = Indeks aktivitas amilolitik, selulolitik, proteolitik
X1 = Diameter zona bening
X2 = Diameter koloni

Modul disusun berdasarkan Direktorat Tenaga Kependidikan Nasional (2008) struktur penulisan suatu modul dibagi menjadi beberapa bagian yaitu : Judul, daftar isi, peta Informasi , pendahuluan/tinjauan umum materi, hubungan dengan materi atau pelajaran yang lain, uraian materi, *glossary* atau daftar isitilah, tes akhir. Sebagai hasil dari penelitian digunakan untuk bahan penyusunan modul materi

Eubacteria. Dilakukan validasi terlebih dahulu oleh dosen ahli materi, bahan ajar dan guru.

Rumus penilaian validasi :

$$\text{Prosentase nilai} = \frac{\sum \text{skor yang diperoleh}}{\sum \text{Skor maksimal}} \times 100\%$$

$$\text{Rata-rata prosentase} = \frac{\sum \text{prosentase nilai}}{\sum \text{aspek penilaian}}$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang berhasil dikumpulkan adalah data morfologi dari bakteri yang berada pada limbah air cucian ayam potong dan ikan. Morfologi yang terlihat berupa bentuk koloni, ukuran koloni, warna koloni, permukaan koloni, tepian koloni dan bentuk sel serta gram bakteri.

Tabel 1. Hasil Karakterisasi Bakteri Proteolitik

Jenis Limbah	Kode Isolat	Morfologi Koloni						
		Bentuk Koloni	Tepi Koloni	Permukaan Koloni	Warna	Ukuran Koloni	Bentuk Sel	Gram
Cucian ayam potong	A1	Circular	Entire	Flat	Kuning	Small	Coccus	+
	A2	Circular	Entire	Flat	Putih pekat	Moderate	Basil	+
	A3	Circular	Entire	Flat	Putih kekuningan	Small	Basil	+
	A4	Irregular	Lobate	Flat	Putih	Large	Basil	+
	A5	Circular	Entire	Flat	Pink	Small	Basil	-
Cucian ikan	I1	Irregular	Lobate	Flat	Putih	Moderate	Basil	+
	I2	Irregular	Entire	Flat	Putih bening	Large	Coccus	+
	I3	Circular	Entire	Flat	Putih pekat	Moderate	Basil	+
	I4	Circular	Entire	Flat	Putih kekuningan	Small	Basil	+

Tabel 2. Tabel Temuan Jenis Bakteri Proteolitik

Genus	Limbah air cucian ayam potong	Limbah air cucian ikan
<i>Bacillus</i>	√	√
<i>Pseudomonas</i>	√	—
<i>Staphylococcus</i>	√	√

Hasil penelitian isolasi dan karakterisasi bakteri proteolitik pada limbah air cucian ayam potong dan ikan dilakukan dengan pengambilan sampel sebanyak 10 ml yang kemudian diencerkan tingkat 5 (10^{-5}) lalu diambil 1 ml ditumbuhkan pada media *Skim Milk Agar* selama 48 jam dengan suhu ruangan (37°C). Hasil isolasi diketahui adanya bakteri yang tumbuh pada media *Skim Milk Agar*. Hal ini disebabkan medium susu skim mendukung pertumbuhan bakteri proteolitik karena

mengandung kasein yang berfungsi sebagai substrat bagi enzim protease tumbuh. Hasil isolasi dan karakterisasi bakteri proteolitik pada limbah air cucian ayam potong dan cucian ikan yang tumbuh pada media *Skim Milk Agar* diperoleh 5 isolat bakteri proteolitik dari sampel limbah air cucian ayam potong berdasarkan penamaan genus *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology* terdapat 3 genus yang mendekati ciri-ciri bakteri proteolitik, yaitu genus *Bacillus*, *Pseudomonas*, dan *Staphylococcus*. Diperoleh 4 isolat bakteri proteolitik dari sampel limbah air cucian ikan terdapat 2 genus yang mendekati ciri-ciri bakteri proteolitik, yaitu genus *Bacillus* dan *Staphylococcus*.

Bakteri genus *Bacillus* berdasarkan *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology* mempunyai ciri-ciri bentuk sel batang, gram positif, warna koloni putih atau putih kekuningan, termasuk bakteri aerob, mampu menghasilkan endospora, tepi tidak teratur, berukuran antara 0,5-1,0 mm. Hasil penelitian Yusufa (2012) *Bacillus* asal limbah cair RPA tradisional menunjukkan warna putih atau krem keputihan serta memiliki bentuk koloni yang bulat dan tidak beraturan. Perbedaan bentuk koloni disebabkan oleh masa inkubasi. *Bacillus* merupakan bakteri berbentuk batang, tergolong bakteri gram positif pada kultur muda, motil (reaksi nonmotil kadang terjadi), menghasilkan spora yang biasanya resisten pada panas, bersifat aerob (beberapa spesies bersifat anaerob fakultatif), katalase positif, dan oksidasi bervariasi. Tiap spesies berbeda dalam penggunaan gula, sebagian melakukan fermentasi dan sebagian tidak. Berdasarkan ciri-ciri diatas yang tergolong dalam genus *bacillus* adalah isolat A2,A3,A4,I1,I3, dan I4.

Bakteri genus *Pseudomonas* berdasarkan *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology* memiliki ciri-ciri bentuk circular, tepi koloni entire, permukaan koloni dilihat dari samping flat, bentuk selnya basil, gram negatif, pigmen warna koloni kuning, pink, atau hijau kecoklatan, termasuk bakteri aerob, ditemukan di tanah atau air, sedangkan berdasarkan penelitian Puspitasari (2012) *Pseudomonas* adalah bakteri berbentuk batang yang berukuran 0.5-0.8 μm , gram negatif, aerob obligat, motil, oksidasi fermentatif negatif dan bergerak dengan flagella. Bakteri *Pseudomonas* termasuk golongan bakteri mesofil, bakteri tersebut dapat tumbuh optimal pada kisaran 25° – 30°C dengan suhu optimum 40°C. Berdasarkan deskripsi tersebut maka isolat A5 masuk dalam genus *Pseudomonas*.

Bakteri genus *Staphylococcus* berdasarkan *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology*. memiliki ciri-ciri bersifat Gram positif, tidak motil, tidak berspora, koloni krem atau putih, berukuran 0,8 sampai 1,0 mikron, anaerob fakultatif, chemoorganotrof, fermentatif, katalase positif, oksidase negatif, dan mereduksi nitrat. Isolat A1 dan I2 masuk dalam genus *Staphylococcus*. Sesuai dengan penelitian Puspitasari (2012) bakteri proteolitik adalah bakteri dari genus *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Proteus*, *Streptobacillus*, *Staphylococcus*, *Streptococcus*

Variasi genus yang ditemukan pada setiap sampel disebabkan perbedaan jumlah kandungan zat organik khususnya protein yang dapat memicu tumbuhnya bakteri, jumlah mikroorganisme yang tumbuh dimana ada bakteri dominan dalam suatu koloni sehingga bakteri lain tidak mampu tumbuh karena bakteri dominan menghasilkan metabolisme yang tinggi sehingga menghambat pertumbuhan bakteri yang lainnya, dan tidak dapat bertahan hidup dengan lingkungannya. Variasi yang berbeda tidak hanya genus tetapi ada bentuk koloni, warna koloni, gram, dan bentuk sel bakteri. Hasil isolasi bakteri diketahui adanya bakteri yang mampu tumbuh dengan tingkat pertumbuhan yang berbeda-beda jumlahnya. Hal ini disebabkan oleh perbedaan tingkat adaptasi isolat bakteri dengan medium pertumbuhannya, masing-masing isolat bakteri yang tumbuh diamati karakter morfologinya. Bakteri Gram negatif biasanya berwarna merah dikarenakan bakteri Gram negatif tidak mampu mengikat warna ungu dari kristal violet dan hanya mampu mengikat warna merah dari safranin. Sedangkan bakteri Gram positif mampu mengikat warna dari kristal violet sehingga bakteri Gram positif berwarna ungu. Hal ini disebabkan karena adanya perbedaan struktur dari dinding sel bakteri. Bakteri gram negatif memiliki dinding sel dengan kandungan lipida yang tinggi, sehingga lipida larut oleh aseton alkohol. Bakteri gram positif memiliki struktur dinding sel berkomposisi peptidoglikan yang membentuk persenyawaan kompleks kristal violet-yodium ribonukleat dan tidak larut dalam aseton alkohol. Sesuai dengan Febriyossa (2013) bahwa dinding sel dari bakteri Gram negatif berbeda dengan bakteri Gram positif dimana dinding sel bakteri Gram negatif lebih kompleks dibandingkan bakteri Gram positif.

Aktivitas bakteri proteolitik dalam mendegradasi protein yang ditumbuhkan pada media *Skim Milk Agar* (SMA) ditunjukkan dengan terlihatnya areal bening (zona

halo) yang muncul di sekitar koloni yang terbentuk. Aktivitas bakteri atau zona bening yang dihasilkan bakteri dari masing-masing koloni berbeda, terdapat 6 isolat bakteri proteolitik yang di dapat dari sampel limbah air cucian ayam potong dan ikan semuanya menghasilkan zona bening. Data zona bening dapat dilihat pada tabel 3 dibawah ini

Tabel 3. Hasil Pengukuran Potensi Atau Aktivitas Bakteri Proteolitik

Kode Isolat	Diameter Zona Koloni	Diameter Halo	Zona Total Proteolitik (IP)	Indeks
K	2 mm	4 mm	1 mm	
P	2 mm	5 mm	1,5 mm	
PG	7 mm	12 mm	0,71 mm	
PP	1 mm	3 mm	2 mm	
PK	1 mm	2 mm	1mm	
PB	1 mm	2 mm	1mm	

Potensi bakteri proteolitik diukur berdasarkan kemampuan isolat bakteri dalam mensekresikan enzim protease. Enzim proteolitik ekstraseluler ini selanjutnya bekerja menghidrolisis senyawa-senyawa bersifat protein menjadi oligopeptida, peptida rantai pendek dan asam amino. Metode pengujian dilakukan dengan pengamatan zona bening yang dihasilkan dari penguraian protein menjadi asam amino oleh enzim protease yang dihasilkan bakteri pada medium susu skim. Nilia indeks proteolitik tertinggi pada isolat PP dengan nilai IP=2 mm. Hasil penelitian Zahidah dan Shovitri (2013) zona bening yang dihasilkan oleh bakteri proteolitik terjadi karena adanya aktivitas protease yang memutuskan ikatan peptida dari kasein dalam susu skim. Medium susu skim mendukung pertumbuhan bakteri proteolitik karena mengandung kasein yang berfungsi sebagai substrat bagi enzim protease. Berbedanya diameter daerah bening yang dihasilkan dari setiap isolat karena aktivitas protease untuk menguraikan protein yang terdapat dalam medium juga berbeda. Ini menunjukkan bahwa bakteri yang memiliki indeks aktivitas proteolitik tinggi merupakan bakteri yang berpotensi bagus pula.

Diameter zone hambat yang terbentuk dapat menunjukan secara kualitatif tingginya kemampuan proteolitik enzim protease yang dihasilkan atau juga tingginya jumlah enzim yang diproduksi dan dilepas keluar. Keberadaan enzim protease ekstraseluler ini sangat penting bagi kehidupan bakteri karena menyediakan kebutuhan senyawa bernitrogen yang dapat diangkut ke dalam sel. Jenis-jenis bakteri

yang mempunyai kemampuan mensekresikan enzim protease ini memiliki potensi yang besar untuk digunakan sebagai agensia pembersih bahan pencemar yang bersifat protein.

Modul ini disusun berdasarkan hasil penelitian isolasi dan karakterisasi bakteri proteolitik pada limbah air cucian ayam potong dan ikan. Modul bakteri proteolitik dibuat sesuai dengan SK KD pada SMA Kelas X. Isi modul yaitu berupa pendahuluan, petunjuk penggunaan modul, peta konsep, pengantar materi bakteri proteolitik, diskusi kelompok, tugas mandiri, dan bio info. Modul bakteri proteolitik disusun untuk memudahkan siswa dalam proses pembelajaran karena dengan adanya modul siswa dapat belajar mandiri dan berpikir logis, memiliki rasa ingin tahu. Diakhir bab terdapat soal yang nantinya untuk membangun pengetahuan siswa.

Hasil validasi modul bakteri proteolitik melalui isolasi dan karakterisasi bakteri proteolitik pada limbah air cucian ayam potong dan ikan yang dilakukan oleh 2 validator menunjukkan hasil yang bagus. Validasi modul bakteri proteolitik oleh validator 1 mendapatkan prosentase 85% layak digunakan di lapangan sedikit revisi pada bagian peta konsep harus sesuai tata tulisan atau cara pembuatan peta konsep, dan oleh validator 2 mendapatkan prosentase 94% yang layak digunakan di lapangan tanpa revisi, sehingga apabila di rata-rata hasil validasi modul bakteri proteolitik memperoleh prosentase 89,5% valid dan layak digunakan di lapangan dengan tanpa revisi.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Jenis bakteri berdasarkan penamaan genus *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology* bakteri proteolitik sampel limbah air cucian ayam mengarah pada genus *Bacillus*, *Pseudomonas*, dan *Staphylococcus*. Sampel limbah air cucian ayam mengarah pada genus *Bacillus* dan *Staphylococcus*. Struktur morfologi bakteri genus *Bacillus* mempunyai ciri-ciri bentuk sel batang, gram positif, warna koloni putih atau putih kekuningan, termasuk bakteri aerob, mampu menghasilkan endospora, bakteri genus *Pseudomonas* memiliki ciri-ciri bentuk circular, tepi koloni entire, permukaan koloni dilihat dari samping flat, bentuk selnya basil, gram negatif, pigmen warna koloni kuning, pink, atau hijau kecoklatan, termasuk bakteri aerob, ditemukan di

tanah atau air, dan bakteri genus *Staphylococcus* ciri-ciri bersifat Gram positif, tidak motil, tidak berspora, koloni krem atau putih, berukuran 0,8 sampai 1,0 mikron, anaerob fakultatif. Potensi bakteri proteolitik pada limbah air cucian ayam potong dan cucian ikan terdapat 6 isolat dan semua menghasilkan zona bening. Nilai indeks proteolitik tertinggi pada isolat PP dengan nilai IP=2 mm. Modul bakteri proteolitik dibuat dengan cara hasil dari isolasi dan karakterisasi bakteri proteolitik pada limbah air cucian ayam potong dan cucian ikan. Hasil validasi modul bakteri proteolitik menunjukkan bahwa rata-rata penilaian 89,5% dimana masuk kategori layak digunakan tanpa revisi

Saran

Isolasi dan karakterisasi bakteri proteolitik pada limbah air cucian ayam potong dan cucian ikan akan menambah pengetahuan mengenai karakterisasi makroskopis dan mikroskopis serta jenis bakteri yang ditemukan berdasarkan penamaan genus *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology*. Perlu adanya penelitian dengan uji biokimia dan fisiologi bakteri proteolitik agar mendapatkan hasil jenis bakteri proteolitik lebih detail hingga jenis spesiesnya. Modul bakteri proteolitik perlu diujikan pada siswa agar lebih valid dalam validasi atau kelayakan penggunaannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Febriyossa, Adelia. Nurmiati dan Periadnadi. (2013). Potensi dan Karakterisasi Bakteri Alami Pencernaan Ayam Broiler Pedaging (*Gallus gallus domesticus* L.) Sebagai Kandidat Probiotik Pakan Ayam Broiler. *Jurnal Biologi Universitas Andalas (J. Bio. UA.)* 2(3)
- Ibrahim, Bustami. (2005). Kaji Ulang Sistem Pengolahan Limbah Cair Industri Hasil Perikanan Secara Biologis Dengan Lumpur Aktif. *Buletin Teknologi Hasil Perikanan* 31 VIII (1).
- Ibrahim, Bustami. Suptijah, Pipih dan Prantommy. (2009). Pemanfaatan Kitosan Pada Pengolahan Limbah Cair Industri Perikanan. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan* XII (2)
- Mi'rojijah, Fajar. (2016). Pengembangan Modul Berbasis Multirepresentasi Pada Pembelajaran Fisika Di Sekolah Menengah Atas. *Pros. Semnas Pend. IPA* Vol. 1,
- Pujiati. (2017). *Mikrobiologi Dasar*. Madiun; IKIP PGRI Madiun.

- Paskandani, Riky., Ustadhi dan Husni. (2014). Isolasi Dan Pemanfaatan Bakteri Proteolitik Untuk Memperbaiki Kualitas Limbah Cair Pengolahan Bandeng Presto. *J. Manusia Dan Lingkungan*, 21 (3).
- Puspitasari, Fajar Diah. Shovitri, Maya. dan Kuswyasari. (2012). Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Aerob Proteolitik dari Tangki Septik. *Jurnal Sains Dan Seni ITS* 1(1).
- Rahmawati, Nur. (2016). Isolasi Dan Karakterisasi Bakteri Proteolitik Dari FesesHewan Luwak (*Paradoxurus hermaphroditus*).*Jurnal Biologi* 5 (4).
- Septyenthi, Sica. Lukman, dan Yelianti, Upik. (2014). Pengembangan Modul Pembelajaran IPA Berbasis Entrepreneurship di SMK Negeri 2 Kota Jambi.*Edu-Sains* 3 (2).
- Situmorang, Novaria. (2014). *Aktivitas Protease Dan Uji Fisiologi Isolat Bakteri Proteolitik Dari Limbah Cair Nanas*. Skripsi. Universitas Lampung.
- Susilo, Agus. Siswandari, dan Bandi. (2016). Pengembangan Modul Berbasis Pembelajaran Saintifik Untuk Peningkatan Kemampuan Mencipta Siswa Dalam Proses Pembelajaran Akuntansi Siswa Kelas Xii Sma N I Slogohimo 2014.*Jurnal Pendidikan Ilmu Sosial*, 26 (1).
- Waluyo, Lud. (2011). *Mikrobiologi Umum*. Malang; Universitas Muhammadiyah Malang Press.
- Yusufa, Mohammad. Padaga Dan Octavianie, Dyah A. (2012). Identifikasi Dan Studi Aktivitas Protease *Bacillus Sp* Asal Limbah Cair Rumah Potong Ayam Tradisional Sebagai Kandidat Penghasil Biodeterjen. Universitas Brawijaya.
- Zahidah dan Shovitri. (2013). Isolasi, Karakterisasi Dan Potensi Bakteri Aerob Sebagai Pendegrasi Limbah Organik. *Jurnal Sains dan Seni Pomits*, 2(1)