

**PENGARUH PEMBERIAN PREBIOTIK BERBEDA YANG DIPERKAYA DENGAN TEPUNG
DAUN KELOR (*MORINGA OLEIFERA*) TERHADAP KELIMPAHAN BAKTERI
NITRIFIKASI PADA KULTUR SALINITAS NOL (0)**

***THE EFFECT OF GIVING DIFFERENT PREBIOTICS ENRICHED WITH MORINGA LEAF
FLOUR (*MORINGA OLEIFERA*) ON THE ABUNDANCE OF NITRIFYING BACTERIA IN
ZERO SALINITY CULTURE (0)***

Aura Agustina¹, Azwar Thaib², Nurhayati³

^{1,2}Program Studi Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan, Universitas Abulyatama Aceh

³Program Studi Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan, Fakultas Kelautan dan Perikanan,
Universitas Syiah Kuala

¹auraagustina02@gmail.com

Abstract

This study aimed to evaluate the effect of different prebiotics, enriched with Moringa oleifera leaf flour, on the abundance and viability of nitrifying bacteria in a zero-salinity culture. Nitrifying bacteria play an essential role in converting harmful ammonia into nitrites and nitrates, which are safer for aquatic ecosystems. Three types of prebiotics were used: rice bran, soybean meal, and tapioca flour, each enriched with Moringa oleifera leaf flour. The probiotic culture was conducted for 48 hours, and bacterial abundance was measured using the Total Plate Count (TPC) method. The results showed that soybean meal prebiotic enriched with Moringa oleifera leaf flour produced the highest abundance of nitrifying bacteria, with a final count of $1,95 \times 10^8$ CFU/mL. The treatments with rice bran and tapioca flour also increased bacterial abundance but were less effective than the soybean meal prebiotic. Statistical analysis revealed significant differences in bacterial abundance across the different prebiotic treatments. Bacterial viability was also higher in the soybean meal treatment compared to rice bran and tapioca flour. Thus, soybean meal-based prebiotic enriched with Moringa oleifera leaf flour was the most effective in increasing the abundance and viability of nitrifying bacteria. This study contributes to the development of more efficient and eco-friendly aquaculture technology, particularly in water quality management using probiotics.

Keywords: Prebiotics, Moringa Leaf Flour, Nitrifying Bacteria, Probiotic Culture, Zero Salinity.

Article History

Received: April 2025

Reviewed: April 2025

Published: April 2025

Plagiarism Checker No 234

Prefix DOI : Prefix DOI :
10.8734/argopuro.v1i2.365

Copyright : Author

Publish by : Hybrida



This work is licensed
under a [Creative
Commons Attribution-
NonCommercial 4.0
International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh prebiotik yang berbeda, diperkaya dengan tepung daun kelor (*Moringa oleifera*), terhadap kelimpahan dan viabilitas bakteri *nitrifikasi* pada kultur bersalinitas nol. Bakteri *nitrifikasi* berperan penting dalam mengubah amonia berbahaya menjadi nitrit dan nitrat, yang lebih aman bagi ekosistem perairan. Tiga jenis prebiotik yang digunakan dalam penelitian ini adalah dedak, bungkil kacang kedelai, dan tepung tapioka, yang masing-masing diperkaya dengan tepung daun kelor. Kultur probiotik dilakukan selama 48 jam, dan pengukuran kelimpahan bakteri dilakukan menggunakan metode Angka Lempeng Total (ALT). Hasil penelitian menunjukkan bahwa prebiotik bungkil kacang kedelai (BKK) yang diperkaya dengan tepung daun kelor menghasilkan kelimpahan bakteri *nitrifikasi* tertinggi, dengan nilai akhir sebesar $1,95 \times 10^8$ CFU/mL. Perlakuan dengan dedak dan tepung tapioka juga meningkatkan kelimpahan bakteri, namun tidak sebesar prebiotik BKK. Analisis statistik menunjukkan adanya perbedaan signifikan dalam kelimpahan bakteri di antara perlakuan prebiotik yang berbeda. Viabilitas bakteri juga lebih baik pada perlakuan BKK dibandingkan dedak dan tepung tapioka. Dengan demikian, prebiotik berbasis bungkil kacang kedelai yang diperkaya dengan tepung daun kelor terbukti paling efektif dalam meningkatkan kelimpahan dan viabilitas bakteri *nitrifikasi*. Penelitian ini memberikan kontribusi dalam pengembangan teknologi budidaya perairan, khususnya dalam pengelolaan kualitas air menggunakan probiotik yang lebih efisien dan ramah lingkungan.

Kata kunci: Prebiotik, Tepung Daun Kelor, Bakteri *Nitrifikasi*, Kultur Probiotik, Salinitas Nol.

PENDAHULUAN

Dalam budidaya perairan, kualitas lingkungan terutama kualitas air sangat menentukan keberhasilan produksi. Salah satu tantangan yang dihadapi para pembudidaya adalah tingginya konsentrasi zat beracun seperti amonia, yang dihasilkan dari sisa pakan, metabolisme biota, dan limbah organik lainnya. Amonia yang terakumulasi di dalam air dapat berdampak negatif pada kesehatan biota budidaya, penurunan efisiensi pakan, dan menghambat pertumbuhan. Oleh karena itu, diperlukan strategi manajemen kualitas air yang efektif untuk mengurangi konsentrasi amonia dan menjaga keseimbangan ekosistem budidaya.

Penggunaan probiotik berbasis bakteri *nitrifikasi* menjadi salah satu solusi inovatif untuk mengatasi masalah ini. Bakteri *nitrifikasi*, terutama *Nitrosomonas* dan *Nitrobacter*, memiliki peran penting dalam siklus nitrogen. *Nitrosomonas* mengoksidasi amonia menjadi nitrit, dan *Nitrobacter* melanjutkan proses dengan mengubah nitrit menjadi nitrat, yang relatif lebih aman bagi biota perairan. Proses *nitrifikasi* ini sangat efektif dalam mengendalikan kadar amonia, namun keberhasilan proses ini sangat tergantung pada kelimpahan dan viabilitas bakteri *nitrifikasi* yang ada (Bartelme *et al.*, 2017).

Agar bakteri *nitrifikasi* dapat berkembang dengan baik, diperlukan sumber nutrisi yang mencukupi. Prebiotik merupakan bahan yang dapat mendukung pertumbuhan mikroorganisme baik, termasuk bakteri *nitrifikasi*. Bahan seperti dedak, bungkil kacang kedelai, dan tepung tapioka dikenal sebagai sumber karbon dan nitrogen yang dapat digunakan sebagai prebiotik. Bahan-bahan tersebut mengandung unsur karbon (C) sebesar 50% dan mengandung unsur nitrogen (N) sebesar 16% (Kurniaty *et al.*, 2018). Namun, kemampuan prebiotik tersebut dalam mendukung pertumbuhan bakteri *nitrifikasi* dapat ditingkatkan dengan menambahkan tepung daun kelor (*Moringa oleifera*). Daun kelor dikenal memiliki kandungan nutrisi yang sangat baik, termasuk protein, vitamin, mineral, dan senyawa fitokimia, yang semuanya dapat mendukung aktivitas metabolisme bakteri.

Beberapa penelitian telah menunjukkan potensi daun kelor sebagai sumber nutrisi tambahan dalam berbagai aplikasi, termasuk sebagai pakan fungsional untuk hewan dan sebagai suplemen nutrisi bagi manusia. Kandungan protein daun kelor yang berkisar antara 20-29% serta kandungan vitamin dan antioksidannya menjadikannya bahan yang sangat berguna untuk meningkatkan kualitas prebiotik (Rani *et al.*, 2019). Dengan memperkaya prebiotik seperti dedak, bungkil kacang kedelai, dan tepung tapioka dengan tepung daun kelor, diharapkan bakteri *nitrifikasi* dapat memperoleh nutrisi yang lebih optimal, sehingga dapat meningkatkan kelimpahan dan viabilitasnya dalam sistem budidaya.

Meskipun sudah banyak penelitian mengenai penggunaan prebiotik dan probiotik dalam budidaya perairan, belum banyak yang secara khusus meneliti pengaruh kombinasi prebiotik yang diperkaya daun kelor terhadap pertumbuhan bakteri *nitrifikasi*. Hal ini menimbulkan pertanyaan apakah setiap jenis prebiotik yang diperkaya dengan daun kelor memberikan pengaruh yang berbeda terhadap kelimpahan dan viabilitas bakteri *nitrifikasi* dalam kultur probiotik bersalinitas nol. Penelitian ini dilakukan untuk menjawab pertanyaan tersebut serta mengidentifikasi prebiotik yang paling efektif dalam mendukung kelimpahan dan viabilitas bakteri *nitrifikasi*.

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan teknologi budidaya perairan yang lebih efisien, terutama dalam upaya pengelolaan kualitas air melalui aplikasi probiotik. Temuan dari penelitian ini juga dapat menjadi pedoman bagi pembudidaya dalam memproduksi probiotik secara mandiri, serta memanfaatkan sumber daya lokal seperti daun kelor untuk meningkatkan keberhasilan budidaya.

BAHAN DAN METODE

Alat dan Bahan Penelitian

Dalam penelitian ini, berbagai alat dan bahan digunakan untuk mendukung proses pembuatan probiotik dan kultur bakteri *nitrifikasi*. Alat-alat yang digunakan meliputi wadah berukuran 1,3 liter, instalasi aerasi, timbangan analitik, Autoklaf, inkubator, *colony counter*, cawan petri, *erlenmeyer*, botol kaca untuk pengenceran, *laminar air flow*, Mikropipet, pipet tetes, pH pen, DO meter, alat dokumentasi, *bunsen*, dan spatula.

Untuk bahan, penelitian ini menggunakan dedak, bungkil kacang kedelai, dan tepung tapioka sebagai sumber karbon dan prebiotik. Ragi, bakteri *Lactobacillus*, molase, *sodium bikarbonat* (NaHCO_3), bakteri *nitrifikasi* sebagai mikroorganisme uji, tepung daun kelor digunakan sebagai tambahan sumber karbon dan prebiotik, *Aquadest*, *Trypton Soya Agar* (TSA), *Potassium dihydrogen phosphate*, alkohol 70%, dan spiritus.

Metode Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada tanggal 29 Juli 2024 – 09 Agustus 2024. Penelitian ini dilakukan pada dua tempat, yaitu Di Laboratorium Basah Fakultas Perikanan Universitas Abulyatama Aceh dan Di Laboratorium Stasiun Karantina Ikan, Pengendalian Mutu dan Keamanan Hasil Perikanan (SKIPM) Aceh. Kultur probiotik dilakukan Di Laboratorium Basah Fakultas Perikanan Universitas Abulyatama Aceh, sedangkan menghitung kelimpahan bakteri *Nitrifikasi* dilakukan pada Laboratorium SKIPM Aceh.

Metode penelitian yang digunakan adalah penelitian Eksperimen. Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) *factorial* dengan 3 perlakuan dan 3 ulangan yaitu A=Dedak, B=Bungkil Kacang Kedelai (BKK), dan C=Tepung Tapioka.

Pembuatan Tepung Daun Kelor

Proses pembuatan tepung daun kelor meliputi pemisahan batang dan tangkai, pengeringan, penghalusan, dan pengayakan. Setelah pemisahan batang dan tangkai, daun kelor di angin-anginkan pada suhu ruang selama 1 minggu hingga daun kelor benar-benar kering dan rapuh. Setelah itu daun kelor dihaluskan menggunakan blender, lalu diayak menggunakan ayakan dengan *mesh* 100 sehingga memperoleh tepung daun kelor yang halus.

Fermentasi Prebiotik

Proses fermentasi prebiotik dilakukan dengan cara mencampurkan dedak / bungkil kacang kedelai / tepung tapioka dan ragi ke dalam wadah dan aduk hingga merata. Diwadah yang berbeda masukkan *molase* yang telah dipanaskan. Pemanasan ini berfungsi untuk menghilangkan bakteri *Vibrio* sp. Tambahkan *aquadest* sebanyak 2ml. Setelah merata masukkan campuran *molase* ke dalam campuran dedak / bungkil kacang kedelai / tepung tapioka dan aduk sampai merata. Kemudian tutup rapat wadah hingga tidak ada celah masuknya udara dan biarkan bahan – bahan terfermentasi secara *anaerob* selama 24 jam.

Kultur Probiotik

Campurkan air yang bersalinitas 0 atau *aquadest* sebanyak 1 liter, soda kue sebanyak 5%, ekstrak daun kelor sebanyak 2 ppm, dan bakteri *nitrifikasi* sebanyak 0,5 ppm. Masukkan ke dalam wadah berkapasitas 1,3 liter, kemudian wadah dipasang instalasi aerasi. Setelah itu diamkan selama 48 jam (fermentasi secara *aerob*).

- **Perhitungan Total Plate Count**

Persiapan Sampel

Sampel probiotik yang telah dikultur dimasukkan ke dalam botol atau wadah steril tertutup dan selanjutnya langsung dibawa ke Laboratorium SKIPM Aceh untuk dilakukan pemeriksaan.

Persiapan Alat

Alat-alat yang akan digunakan pada saat proses pengujian terlebih dahulu di sterilkan. Seluruh alat yang akan digunakan dicuci bersih dan dikeringkan kemudian dibungkus menggunakan kertas HVS. Selanjutnya dilakukan sterilisasi basah yaitu dengan cara alat-alat dimasukkan ke dalam autoklaf pada suhu 121°C dan tekanan 15 psi selama 15 menit. Setelah itu dilakukan sterilisasi kering yaitu alat-alat tersebut dimasukkan ke dalam oven dengan suhu 160-180°C selama 30-240 menit.

Pembuatan Media

Pembuatan media pengenceran dilakukan dengan menimbang 3,4 gram *Potassium dihydrogen phosphate*, kemudian dilarutkan ke dalam 100 ml *aquadest* sebagai larutan pengencer pertama. Kemudian diambil 1ml dari larutan pengencer pertama dimasukkan ke dalam larutan pengencer kedua. Setelah itu larutan pengencer kedua dimasukkan masing-masing 9 ml ke dalam 6 botol tertutup. Selanjutnya di sterilisasi menggunakan autoklaf selama 15 menit pada suhu 121°C.

Pembuatan media TSA (*Trypton Soya Agar*) dilakukan dengan dosis 40 gram/liter dan ditimbang sebanyak 144gram media TSA, kemudian dilarutkan ke dalam 3.600 ml *aquadest* di dalam *erlenmeyer*. Media TSA dimasukkan ke dalam autoklaf selama 15 menit untuk sterilisasi pada suhu 121°C.

Homogenisasi Sampel

Sampel probiotik diambil sebanyak 1 ml kemudian dimasukkan ke dalam media pengencer yang telah di sterilisasi dalam botol kaca sebanyak 9 ml. Dengan perbandingan nya 1:9, yaitu 1 ml sampel probiotik dan 9 ml media pengencer kedua. Kemudian di homogenkan sehingga diperoleh suspensi dengan pengenceran 10^{-1} .

Pengenceran Bertingkat

Sebanyak 6 botol kaca yang digunakan untuk wadah pengenceran masing-masing diisi dengan 9 ml media pengencer kedua. Hasil dari homogenisasi pengenceran 10^{-1} diambil menggunakan *mikropipet* sebanyak 1 ml kemudian dimasukkan ke dalam botol kaca untuk memperoleh pengenceran 10^{-2} dan terus dilakukan hingga memperoleh pengenceran 10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5} , dan 10^{-6} .

Inokulasi dan Inkubasi

Dari setiap pengenceran diambil 1 ml menggunakan *mikropipet* dan dimasukkan ke dalam cawan petri dan dibuat duplo. Kemudian setiap cawan petri dituangkan lebih kurang 20ml media TSA. Setelah itu cawan petri dihomogenkan secara perlahan membentuk angka delapan. Setelah seluruh media memadat, cawan petri tersebut dimasukkan ke dalam inkubator dengan posisi terbalik dan suhu 30°C selama 24 jam.

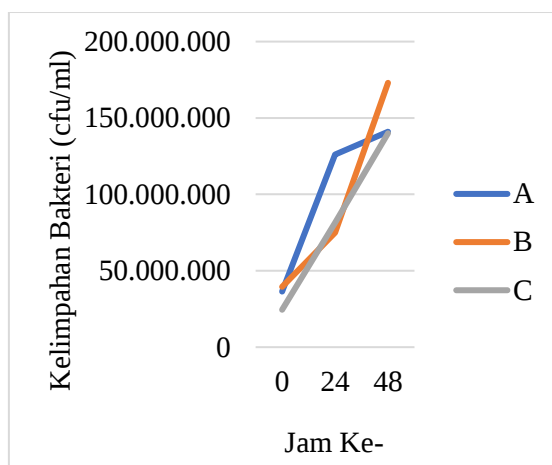
Pengamatan

Rentang pertumbuhan koloni pada setiap cawan petri yaitu 25-250 koloni setelah 24 jam. Pengamatan koloni dilakukan pada *colony counter* kemudian ditandai dengan menggunakan pulpen berwarna hitam dan hasil dari setiap perhitungan pada cawan petri di catat.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kelimpahan Bakteri

Berdasarkan hasil perhitungan kelimpahan bakteri pada jam ke-0, 24, dan 48 dengan menggunakan metode Angka Lempeng Total (ALT). Hasil dari perhitungan bakteri probiotik menggunakan *colony counter* dimasukkan ke dalam rumus maka di dapatkan Angka Lempeng Total (ALT) untuk masing-masing sampel. Hasil perhitungan disajikan pada gambar berikut :



Gambar 1. Grafik Kelimpahan Bakteri

Figure 1. Bacterial Abundance Graph

Berdasarkan gambar diatas menunjukkan bahwa kelimpahan bakteri pada perlakuan dedak, bungkil kacang kedelai dan tapioka terus meningkat yang dimulai dari jam ke-0, 24 dan 48. Kelimpahan bakteri ditemukan pada perlakuan B dengan sumber karbon Bungkil Kacang Kedelai (BKK) dengan kelimpahan bakteri masing-masing dari jam ke-0, 24 dan 48 adalah $7,8 \times 10^7$ cfu/ml, $1,61 \times 10^8$ cfu/ml dan $1,95 \times 10^8$ cfu/ml.

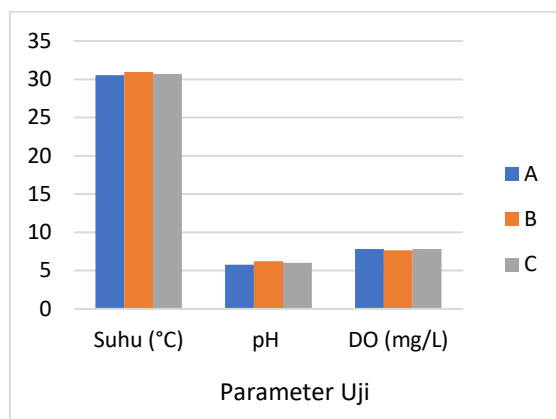
Protein yang berbeda antara dedak, tapioka dan bungkil kacang kedelai. Menurut (Varianti *et al.*, 2017) bungkil kacang kedelai memiliki kandungan protein kasar sebanyak 45,76%. Protein adalah senyawa organik kompleks yang tersusun dari unsur Karbon (C), Hidrogen (H), Oksigen (O), dan Nitrogen (N) (Azizah, 2018; Kurniaty *et al.*, 2018). Bakteri membutuhkan karbon sebanyak 1,76 mg/10⁶ koloni bakteri untuk sumber energi dan 0,16 mg/10⁶ koloni bakteri untuk sintesis protein (Kurniaty *et al.*, 2018). Komposisi rata-rata unsur kimia dalam satu molekul protein adalah: 50% karbon, 7% hidrogen, 23% oksigen, 16% nitrogen, 0-3% sulfur, dan 0-3% fosfor (Novel Ersya Ilfada *et al.*, 2024). Semakin tinggi protein, semakin tinggi pula kandungan karbon dan nitrogen sehingga mencukupi kebutuhan untuk bakteri. Bungkil kacang kedelai merupakan sumber protein tertinggi dibandingkan dedak dan tepung tapioka, sehingga kelimpahan tertinggi di dapatkan pada perlakuan B. Protein ini mendukung pertumbuhan dan aktivitas metabolik bakteri *nitrifikasi*, dengan cara mengubah protein menjadi nitrogen dan menjadi sumber nutrisi untuk bakteri *nitrifikasi*.

Mikroba *Bacillus* sp. yang ada pada bakteri *nitrifikasi* akan menghidrolisis protein menjadi peptida dan asam amino esensial yang selanjutnya didegradasi menjadi amonia (NH₃). Amonia ini dimanfaatkan oleh bakteri *nitrifikasi* sebagai sumber nitrogen utama untuk tumbuh dan berkembang (Hindratiningrum *et al.*, 2011). Protein ini mendukung pertumbuhan dan aktivitas metabolik bakteri *nitrifikasi*. Bakteri memerlukan unsur karbon untuk tumbuh, karbon berfungsi sebagai sumber energi dan bahan bangunan sel, mendukung proses metabolisme yang menghasilkan energi dan molekul-molekul esensial. Tanpa karbon, bakteri tidak dapat memproduksi senyawa yang diperlukan untuk pertumbuhan dan perkembangan, sehingga pertumbuhan mereka akan terhambat. Unsur karbon tersebut didapat pada bungkil kacang kedelai, sehingga kelimpahan bakteri pada perlakuan tersebut meningkat.

Dedak dan tepung tapioka memiliki kandungan nutrisi yang relatif rendah dibandingkan dengan Bungkil Kacang Kedelai (BKK), protein kasar dedak hanya 12,39% (Hudang & Sirappa, 2022) dan protein kasar tepung tapioka hanya 0,59% (Utami *et al.*, 2023) sehingga kelimpahan bakteri *nitrifikasi* pada perlakuan B cenderung lebih tinggi dibandingkan kelimpahan bakteri *nitrifikasi* pada perlakuan A dan C. Selain itu kandungan serat kasar pada dedak juga relatif tinggi yaitu 11,5% (Citria *et al.*, 2018), sehingga membutuhkan waktu yang lama untuk peningkatan jumlah koloni bakteri. Hal ini sesuai dengan pernyataan Tilman *et al.*, 2005; Citria *et al.*, 2018) bahwa kadar serat kasar yang terlalu tinggi dalam suatu bahan akan menyebabkan pencernaan nutrisi semakin lama.

Parameter Kualitas Media Kultur

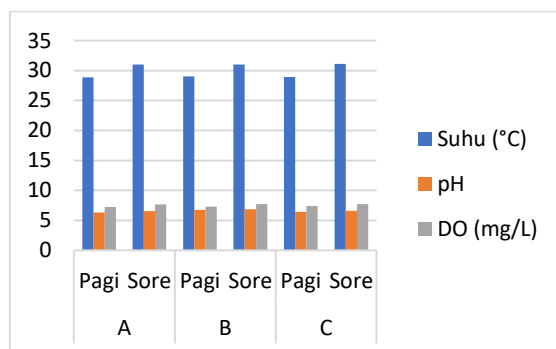
Kualitas media kultur merupakan suatu parameter yang penting karena air merupakan media untuk hidup dan tumbuhnya bakteri. Oleh karena itu, kualitas media kultur perlu diperhatikan dalam proses kultur. Selama masa kultur hasil pengukuran Kualitas media kultur dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2. Parameter Kualitas Media Kultur Hari pertama

Figure 2. Culture Media Quality Parameters First Day

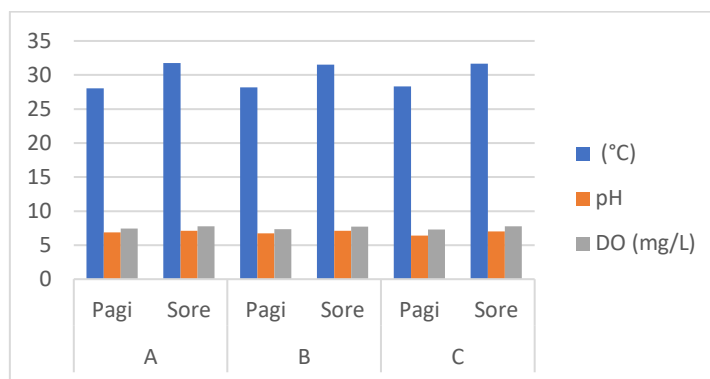
Pada hari pertama kultur setelah dilakukan fermentasi prebiotik selama 24 jam rata-rata parameter Kualitas media kultur termasuk normal yaitu suhu rata-rata 30,72°C pH rata-rata 6 dan DO rata-rata 7,8 mg/L. Pada jam ke-0 bakteri *nitrifikasi* masih beradaptasi dengan lingkungan sekitarnya sehingga pH pada jam tersebut cenderung lebih rendah dibandingkan jam ke-24 dan jam ke-48.



Gambar 3. Parameter Kualitas Media Kultur Hari Kedua

Figure 3. Second Day Culture Media Quality Parameters

Parameter Kualitas media kultur pada hari kedua (24 jam) masih termasuk normal dengan suhu rata-rata pada pagi hari 28,9°C, pH 6,5 dan DO 7,2 mg/L. Sementara suhu rata-rata pada sore hari yaitu 31°C, pH 6,6 dan DO 7,7 mg/L. Pada jam ke-24 *natrium bikarbonat* (NaHCO_3) yang digunakan pada kultur probiotik sudah mulai bereaksi, fungsi dari penambahan *natrium bikarbonat* disini sebagai penyangga dan penyeimbang pH (Suhardiyatno, 2024) sehingga pH pada jam ini sedikit meningkat. Selain itu pada jam ke-24 bakteri *nitrifikasi* sudah mulai memanfaatkan nutrisi yang tersedia pada media kultur sehingga sudah ada aktivitas metabolik.



Gambar 4. Parameter Kualitas Media Kultur Hari Ketiga

Figure 4. Quality Parameters of Culture Media on the Third Day

Pada jam ke-48 masa kultur, parameter Kualitas media kultur masih dikategorikan normal suhu rata-rata pada pagi hari 28,1°C, pH 6,6 dan DO 7,3 mg/L. Sementara suhu rata-rata pada sore hari yaitu 31,6°C, pH 7 dan DO 7,7 mg/L. Pada jam tersebut parameter kualitas media kultur sudah sangat normal dan sesuai dengan angka optimal kualitas media kultur. pH, suhu dan DO sudah pada angka optimal untuk pertumbuhan bakteri *nitrifikasi*. pH yang sangat mempengaruhi kualitas kultur berada pada angka 6-7 (Yosmaniar *et al.*, 2018)

Secara umum kualitas media kultur pada media kultur probiotik tergolong baik. Suhu media kultur selama pemeliharaan termasuk stabil dan tetap pada kisaran optimum. Hal tersebut diduga karena tempat kultur probiotik dan wadah kultur berada di dalam ruangan, sehingga suhu dalam ruangan dan luar ruangan relatif sama. Berdasarkan hasil pengecekan, suhu media kultur pada pagi hari kisaran 27,9-29,1°C. Sedangkan pada sore kisaran suhu media kultur 30,1-32°C. Suhu media kultur tersebut cukup baik untuk aktivitas dan pertumbuhan bakteri *nitrifikasi*. Hal tersebut sesuai dengan pendapat (Jones & Morita, 1985; Agustiyani *et al.*, 1994) bahwa suhu optimum bagi pertumbuhan bakteri *nitrifikasi* adalah suhu 30°C.

Secara umum nilai pH sangat mempengaruhi makhluk hidup yang ada di perairan. Derajat keasaman pada media kultur probiotik ini cenderung basa dan terus meningkat dari jam ke-0 kultur sampai dengan jam ke-48, dengan kisaran nilai pH media kultur yaitu 6-7. Dari data hasil pengukuran kualitas air tersebut dapat disimpulkan bahwa aktivitas bakteri *nitrifikasi* terus meningkat pada pH 6 hingga pH 7 dan pada kondisi pH tersebut bakteri *nitrifikasi* mencapai tingkat optimal. Hasil ini memperkuat pernyataan (Boyd, 1985; Agustiyani *et al.*, 1994) bahwa proses nitrifikasi paling optimal terjadi pada pH 7-8.

Penggunaan aerasi pada media kultur probiotik menyebabkan kandungan oksigen terlarut (DO) cukup tinggi. Sejak awal penelitian dari jam ke-0 hingga jam ke-48 kisaran nilai DO 7,0-7,8 mg/L. Tingginya nilai oksigen terlarut dalam media kultur probiotik terus bertahan sampai akhir kultur. Nilai DO pada media kultur ini masih berada pada kisaran angka optimal, hal ini sesuai dengan pernyataan (Dewantoro *et al.*, 2022) bahwa kisaran optimal DO untuk aktivitas dan pertumbuhan bakteri *nitrifikasi* >5,0 mg/L.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa pemberian prebiotik yang diperkaya dengan tepung daun kelor (*Moringa oleifera*) berpengaruh signifikan terhadap kelimpahan dan viabilitas bakteri nitrifikasi pada kultur salinitas nol. Setiap prebiotik menghasilkan kelimpahan bakteri yang berbeda, dengan perlakuan B (bungkil kacang kedelai) menghasilkan kelimpahan tertinggi sebesar $1,95 \times 10^8$ cfu/ml. Perbedaan prebiotik ini juga mempengaruhi viabilitas bakteri, di mana prebiotik bungkil kacang kedelai yang diperkaya tepung daun kelor menunjukkan hasil terbaik dalam mendukung kelimpahan dan viabilitas bakteri nitrifikasi dibandingkan prebiotik dedak dan tepung tapioka.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada orangtua, tim penelitian, para dosen, dan pihak SKIPM Aceh yang terlibat di dalam penelitian ini.

PEMBIAYAAN PENELITIAN

Pembiayaan penelitian ini diperoleh dari dua sumber utama, yaitu dukungan finansial dari orang tua dan bantuan dari Stasiun Karantina Ikan, Pengendalian Mutu, dan Keamanan Hasil Perikanan (SKIPM) Aceh. Sebagian besar dana penelitian ini berasal dari dukungan finansial orang tua peneliti. Orang tua peneliti berperan penting dalam memberikan dana yang digunakan untuk kebutuhan bahan-bahan penelitian, serta operasional sehari-hari selama penelitian berlangsung. Kontribusi ini mencakup biaya pembelian instalasi aerasi, bahan pembuatan probiotik, dan perlengkapan penelitian lainnya, serta biaya transportasi dan konsumsi selama masa penelitian. Dukungan finansial dari keluarga memungkinkan peneliti untuk fokus dalam menyelesaikan penelitian dengan optimal. Selain dari dukungan orang tua, SKIPM Aceh juga memberikan kontribusi penting dalam proses penelitian ini. SKIPM Aceh menyediakan fasilitas laboratorium dan peralatan khusus yang diperlukan untuk pengujian mikrobiologi. Mereka juga memberikan bimbingan teknis dalam menggunakan alat-alat penelitian, terutama dalam proses pengecekan dan menghitung kelimpahan bakteri *nitrifikasi*. Dengan adanya fasilitas ini, penelitian dapat berjalan dengan lebih efisien dan mengurangi beban biaya pada beberapa komponen yang mahal seperti penggunaan alat analisis dan bahan uji laboratorium. Kombinasi dari kedua sumber pembiayaan ini telah memberikan dukungan penuh bagi kelancaran penelitian, sehingga memungkinkan peneliti untuk mencapai hasil yang optimal.

KONTRIBUSI PENULIS

Penulis berkontribusi signifikan dalam penelitian ini, mulai dari perumusan ide hingga penulisan skripsi. Dengan bimbingan dosen pembimbing, penulis merumuskan konsep penelitian yang bertujuan mengevaluasi pengaruh prebiotik yang diperkaya dengan tepung daun kelor (*Moringa oleifera*) terhadap kelimpahan bakteri nitrifikasi dalam kultur bersalinitas nol. Pembimbing memberikan arahan awal terkait masalah yang relevan dalam budidaya perairan, serta menyarankan penggunaan daun kelor sebagai sumber nutrisi tambahan. Penulis kemudian merancang metodologi penelitian, melakukan seluruh kegiatan laboratorium, dan

menganalisis data menggunakan metode Angka Lempeng Total (ALT). Selanjutnya, penulis menyusun dan menulis naskah skripsi, serta menciptakan grafik dan tabel untuk memvisualisasikan hasil penelitian. Kontribusi penulis dan arahan pembimbing bersama-sama berperan penting dalam kelancaran dan keberhasilan penelitian ini.

PERNYATAAN KONFLIK KEPENTINGAN DAN PENGGUNAAN ARTIFICIAL INTELLIGENCE (AI)

Penulis menyatakan bahwa tidak ada konflik kepentingan yang terkait dengan penelitian ini. Semua dana yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari dukungan pribadi dan bantuan fasilitas dari Stasiun Karantina Ikan, Pengendalian Mutu, dan Keamanan Hasil Perikanan (SKIPM) Aceh. Penulis tidak menerima dukungan finansial, komersial, atau pengaruh dari pihak lain yang dapat memengaruhi hasil dan objektivitas penelitian ini. Dalam proses penyusunan skripsi ini, penulis tidak menggunakan *Artificial Intelligence* (AI).

DAFTAR PUSTAKA

- Agustiyan, D., Imamuddin, H., & Haryanto, T. (2017). "Karakter Pertumbuhan dan Aktivitas Nitrifikasi Kultur Mikroba N-Sw". *Jurnal Biologi Indonesia*, 5(2), 69–78.
- Bartelme, R. P., McLellan, S. L., & Newton, R. J. (2017). "Freshwater Recirculating Aquaculture System Operations Drive Biofilter Bacterial Community Shifts Around a Stable Nitrifying Consortium of Ammonia-Oxidizing Archaea and Comammox Nitrospira". *Frontiers in Microbiology*, 8(JAN), 101–119. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.00101>
- Citria, I., Abidin, Z., & Astriana, B. H. (2018). "Pengaruh Penggunaan Probiotik yang Difermentasi dengan Sumber Karbon yang Berbeda Terhadap Pertumbuhan Udang Vannamee (*Litopenaeus vannamei*)". *Jurnal Perikanan Unram*, 8(1), 14–22. <https://doi.org/10.29303/jp.v8i1.71>
- Dewantoro, E., Alfian, R., Rachimi, & Septian, R. P. (2022). "Pengaruh Penambahan Bakteri Nitrifikasi ke dalam Media Budidaya Terhadap Kualitas Air dan Performa Hematologi Benih Ikan Tengadak (*Barbonymus schwanenfeldii*)". *Ruaya Penelitian Dan Kajian Ilmu Perikanan Dan Kelautan*, 10(1), 45–51. <https://doi.org/10.29406/jr.v10i1>
- Hindratiningrum, N., Bata, M., & Santosa, S. A. (2011). "Produk Fermentasi Rumen dan Produksi Protein Mikroba Sapi Lokal yang Diberi Pakan Jerami Amoniasi dan Beberapa Bahan Pakan Sumber Energi". *Jurnal Agripet*, 11(2), 29–34. <https://doi.org/10.17969/agripet.v11i2.371>
- Hudang, N., & Sirappa, I. P. (2022). "Analisis Pendapatan Usaha Penggilingan Padi Dan Kualitas Nutrisi Dedak Padi Di Kecamatan Pandawai Kabupaten Sumba Timur". *Jurnal Peternakan Sabana*, 1(1), 24–31. <https://doi.org/10.58300/jps.v1i1.220>
- Kurniaty, I., Febriyanti, Y., Septian, R., Kunci: K., & Kelor, B. (2018). *Isolasi Protein Biji Kelor (Moringa Oleifera) Menggunakan Proses Hidrolisis*. 17, 1–6.
- Novel Ersal Ifada, D., Rahmah, J., Mariana, M., Sari, M., & Rahayu, S. (2024). "Mempertahankan Nutrisi Protein Melalui Bahan Makanan Nabati Untuk Meningkatkan Status Gizi Masyarakat". *Jurnal Inovasi Global*, 2(1), 1–13. <https://doi.org/10.58344/jig.v2i1.33>

- Rani, K. citra, Ekajayani, N. ikhrom, Darmasetiawan, N. kresna, & Dewi, A. deasy rosita. (2019). "Kandungan Nutrisi Tanaman Kelor". In *Modul Pelatihan Kandungan Nutrisi Tanaman Kelor* (Vol. 44, Issue 8, pp. 1689–1699).
- Utami, S. P., Astuti, S., & Herdiana, N. (2023). *Formulasi Tepung Kacang Hijau dan Tepung Tapioka Terhadap Sifat Sensori Nugget Ikan Swanggi (Priacanthus tayenus)*. 2(2), 284–297.
- Varianti, N. I., Atmomarsono, U., & Mahfudz, L. D. (2017). "Pengaruh Pemberian Pakan dengan Sumber Protein Berbeda terhadap Efisiensi Penggunaan Protein Ayam Lokal Persilangan". *Jurnal Agripet*, 17(1), 53–59. <https://doi.org/10.17969/agripet.v17i1.7257>
- Yosmaniar, Novita, H., & Setiadi, E. (2018). "Isolasi Dan Karakterisasi Bakteri Nitrifikasi Dan Denitrifikasi Sebagai Kandidat Probiotik". *Jurnal Riset Akuakultur*, 12(4), 369–378. <https://doi.org/10.15578/jra.12.4.2017.369-378>