G-Tech : Jurnal Teknologi Terapan
Volume 6, No. 2, Oktober 2022, hal. 142-148
E-ISSN: 2623-064x | P-ISSN: 2580-8737

Eksplorasi Bakteri *Actinomycetes* Asli Papua Barat Sebagai Pewarna Makanan Alami dan Antimikroba

Andi Fitra Suloi[1]✉, Nurmiati[2], Wildan Suhartini[3]

[1, 2] Agroindustri, Jurusan Agroindustri, Politeknik Negeri Fakfak, Indonesia
[3] Teknologi Pangan, Jurusan Teknologi Produksi dan Industri, Institut Teknologi Sumatera, Indonesia

Informasi Artikel

Riwayat Artikel

Diserahkan : 25-07-2022
Direvisi : 16-08-2022
Diterima : 17-08-2022

Kata Kunci:

Baketri *Actinomycetes* , Antimikroba, Pigment

Keywords **:**

Actinomycetes bacteria, Antimicrobial, Pigment

ABSTRAK

Bakteri *Actinomycetes* merupakan kelompok bakteri yang memproduksi senyawa bahan alam (*natural product*) dan senyawa metabolit seperti pigmen dan antimikroba. Penelitian ini dilakukan untuk mengisolasi, mengidentifikasi produksi pigmen, serta aktivitas antimikroba *Actinomycetes* dari gundukan tanah dan sampah dari Kabupaten Fakfak, Papua Barat. Hasil yang diperoleh dari isolasi bakteri *Actinomycetes* adalah dua isolat, yaitu isolat pertama memiliki karakteristik morfologi yaitu hifa aerial berwarna putih, hifa substrat berwarna kuning, pigmen terlarut berwarna kekuningan dan spora yang berserbuk. Isolat kedua memiliki karakteristik morfologi yaitu hifa aerial berwarna putih kecoklatan, hifa substrat berwarna coklat, pigmen terlarut tidak ada dan spora yang berserbuk. Produksi pigmen yang berasal dari bakteri *Actinomycetes* asli Kab. Fakfak, Provinsi Papua Barat berpotensi menghasilkan pigmen karoten yang ditandai dengan hifa substrat yang berwarna kuning. Adapun zona hambat bakteri *Staphylococcus aureus* isolat ITP-1 sebesar 4,31 ± 0,17 mm dan isolat ITP-2 sebesar 2,51 ± 0,23. Zona hambat bakteri *Escherichia coli* isolat ITP-1 sebesar 3,23 ± 0,53 mm dan isolat ITP-2 sebesar 2,24 ± 0,26 mm.

ABSTRACT

Actinomycetes bacteria are a type of bacteria that primarily produces natural products and metabolites such as pigments and antimicrobials. This study was conducted to isolate, identify pigment production and antimicrobial activity of Actinomycetes isolated from dirt and garbage mounds in Fakfak Regency, West Papua. The results obtained from the isolation of Actinomycetes bacteria were two isolates, the first of which showed morphological characteristics, such as white aerial hyphae, yellow substrate hyphae, yellowish soluble pigment and powdery spores. The second isolate had morphological characteristics, such as brownish-white aerial hyphae, brown substrate hyphae, no dissolved pigment, and powdery spores. Production of pigments from local Actinomycetes bacteria in the region of Fakfak, West Papua Province, has the potential to produce carotene pigments that are characterized by yellow substrate hyphae. The zone of inhibition for ITP-1 of Staphylococcus aureus bacteria was 4.31 ± 0.17 mm and the ITP-2 isolates was 2.51 ± 0.23. The zone of inhibition of the ITP-1 isolates of Escherichia coli bacteria was 3.23 ± 0.53 mm and the ITP-2 isolates was 2.24 ± 0.26 mm.

Corresponding Author **:**
Andi Fitra Suloi
Program Studi Agroindustri, Politeknik Negeri Fakfak
Jln. TPA Imam Bonjol Atas, Wagom, Fakfak, Papua Barat 98612
Email: andifitrasuloi018@gmail

This is an open access article under the CC BY license

PENDAHULUAN

Bakteri *Actinomycetes* merupakan prokariota yang memiliki nilai ekonomis dan bioteknologi tinggi karena kemampuannya menghasilkan berbagai metabolit sekunder yang bermanfaat, berupa antitumor, antimikroba, dan agen imunosupresif. Bakteri *Actinomycetes* tercatat sebagai produsen antimikroba, tiga perempat dari semua produk yang dikenal merupakan antimikroba produk *Streptomyces*. (Nurjasmi & Suryani, 2017) melaporkan bahwa genus *Streptomyces* telah menghasilkan lebih dari 500 jenis antimikroba. Namun, hanya sekitar 100 antimikroba telah digunakan secara komersial untuk mengobati penyakit manusia, hewan dan tumbuhan (Singh *et al*., 2012). Antimikrobia memiliki kontribusi yang signifikan dalam membatasi morbiditas dan mortalitas. Kemampuan antimikrobia sebagai bahan pengawet bahan pangan menyebabkan penggunaannya mengalami peningkatan yang signifikan.

Selain itu, bakteri *Actinomycetes* merupakan kelompok bakteri yang memproduksi sebagian besar senyawa bahan alam (*natural product*) seperti pigmen. Saat ini, potensi penggunaan pewarna makanan dari pigmen alami semakin meningkat. Hal ini disebabkan karena adanya kesadaran mengenai bahaya penggunaan pewarna sintetik dari sisi kesehatan dan dicurigai menyebabkan beberapa jenis penyakit seperti hiperaktif pada anak-anak, dan alergenisitas pewarna sintetis pada populasi sensitif (Zulaidah & Juliani, 2020). Berbeda dengan pewarna sintetik, pewarna alami yang berasal dari makhluk hidup lebih aman digunakan. Namun demikian, jumlah pigmen alami yang diizinkan digunakan untuk makanan masih sangat terbatas. Pigmen alami sebagai pewarna makanan memiliki prospek yang besar saat ini dan di masa yang akan datang.

Kajian tentang bakteri *Actinomycetes* perlu dilakukan karena perannya yang penting dalam produksi senyawa bahan alam dan metabolit sekunder yang bermanfaat. Penelitian ini fokus pada eksplorasi potensi bakteri *Actinomycetes* yang diisolasi dari beberapa sumber di Kab. Fakfak, Provinsi Papua Barat. Potensi mikroba di Papua Barat, khususnya di Kab. Fakfak memiliki potensi yang luas untuk dikaji. Selain karena masih sangat terbatasnya penelitian mengenai mikroba di Papua Barat, bentang alam yang luas dan beragam menjadikan Papua Barat sangat potensial untuk dijadikan sebagai tempat sampling untuk isolasi bakteri *Actinomycetes*.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Agustus hingga Desember 2021 di Kabupaten Fakfak, Papua Barat, Indonesia. Proses isolasi bakteri *Actinomycetes* dan pemurnian pigmen dilaksanakan di Laboratorium Mikrobiologi, Program Studi Agroindustri, Politeknik Negeri Fakfak dan Laboratorium Mikrobiologi, Program Studi Ilmu dan Teknologi Pangan, Universitas Hasanuddin.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah plastik *ziplock*, jangka sorong, *laminar air flow* (LAF), inkubator (*Memmert*), oven (*Memmert*), *sentrifuge* (*Thermo scientific SL40R*), *rotary evaporator* (RE 300), autoklaf (*All American*), kompor listrik (*Maspion*), timbangan analitik (*Radwag*), cawan petri (*Pyrex*), *beaker glass* (*Pyrex)*, pipet volume 1 ml (*Pyrex*), erlenmeyer (*Pyrex*) , tabung reaksi (*Pyrex*), spatula, ose, bunsen, *cotton swab*, pinset, dan pisau.

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sampel serasah daun dan tanah, media (*Starch Casein Agar*, *Nutrient Agar*, *Starch Nitrate Broth*, *Trypticase Soy Broth*, *Nutrient Broth, Mueller Hinton Agar)*, kertas saring, aquades, alkohol 70 %, spiritus, etil asetat, DMSO, serta bakteri uji. Bahan-bahan yang digunakan diperoleh dari CV. Intraco, Makassar, Sulawesi Selatan sedangkan biakan bakteri *Stapylococcus aureus* dan *Eschericia coli* diperoleh dari Laboratorium Biologi Fakultas MIPA, Universitas Hasanuddin, Makassar.

Prosedur Penelitian

Sebanyak 5 g sampel dari gundukan tanah dan sampah yang di ambil dari Distrik Kayuni, Kabupaten Fakfak, Papua Barat diambil dengan menggunakan spatula steril, kemudian dimasukkan ke dalam wadah plastik steril. Sampel tersebut disimpan di dalam kulkas suhu -20^{o}C sampai sampel digunakan. Selanjutnya dilakukan isolasi dan ekstraksi senyawa pigmen dari

bakteri *Actinomycetes*. Senyawa pigmen yang telah dimurnikan, diuji kemampuan antimikrobanya yaitu bakteri *Stapylococcus aureus* dan bakteri *Eschericia coli* digunakan sebagai bakteri uji.

Isolasi Bakteri *Actinomycetes* (Modifikasi Tiwari & Gupta, 2013)

Sebanyak 1 g sampel tanah dimasukkan ke dalam wadah yang ditambah dengan 9 ml air steril. Sampel tersebut kemudian dihomogenkan dengan menggunakan vortex sekitar 1 menit, lalu diencerkan berseri hinggan pengenceran 10^{-3} dengan air steril. Hasil pengenceran berseri diinokulasikan ke media tumbuh *Starch Casein Agar* (SCA). Kemudian diinkubasi pada suhu 25^{o}C minimal selama 5 hari. Koloni tunggal kemudian dipindahkan ke medium baru untuk memperoleh kultur murni. Kultur murni yang menghasilkan pigmen (terlarut dan permukaan koloni berwarna) dipilih untuk produksi senyawa metabolit pigmen.

Ekstraksi Senyawa Pigmen (Sembiring *et al.*, 2000)

Kultur murni yang menghasilkan pigmen ditumbuhkan di media *Starch Nitrate Broth* (SNB) sebanyak 250 ml pada suhu 28^{o} C selama 3 hari. Hasil fermentasi kemudian dipisahkan menggukan *centrifuge* untuk memperoleh supernatan. Supernatan diekstrak dengan menggunakan pelarut etil asetat (EtOAc) sebanyak 2 kali (1:1 v/v). Fase organik dan fase air dipisahkan dengan menggunakan corong pisah. Fase organik kemudian dievaporasi menggunakan *rotary evaporator* dengan suhu 50^{0}C selama 60 menit untuk memperoleh ekstrak kasar.

Identifikasi Isolat Actinomycetes (Ramadhan, 2017)

Identifikasi isolat baketri *Actinomycetes* melalui pengamatan bentuk koloni yang tumbuh pada medium *Starch Casein Agar*. Pengelompokan isolat berdasarkan warna *vegegatif mycelium* (VM), *areal mycelium* (AM) dan pigmen yang terdifusi.

Uji Aktivitas Antimikroba (Chiao-Wei *et al.*, 2011)

Disiapkan kertas cakram berdiameter 6 mm yang telah disterilkan selama 15 menit pada suhu 121°C. Sampel kemudian dilarutkan dalam larutan DMSO 20% hingga diperoleh konsentrasi 10.000 ppm lalu dihomogenkan dengan menggunakan vortex agar homogen. Bakteri uji yang dikulturkan pada *Nutrien Agar* (NA) diambil satu loop dan disuspensikan ke dalam 5 ml *Trypticase Soy Broth* dan diinkubasi sesuai kurva pertumbuhan pada suhu 37°C. Suspensi tersebut kemudian diambil sebanyak 0,1 ml dan diinokulasikan pada *Mueller Hinton Agar* (MHA) dengan metode *spread plate*. Selanjutnya kertas cakram steril dicelupkan ke dalam esktrak fukoidan dan diletakkan di atas *Mueller Hinton Agar* (MHA). Kemudian diinkubasi selama 5 jam pada suhu 37°C lalu diamati dan diukur diamater zona bening yang terbentuk menggunakan jangka sorong.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil isolasi bakteri *Actinomycetes* dari gundukan tanah dan sampah di Kabupaten Fakfak, Papua Barat dapat dilihat pada Tabel 1**.** Hasil tersebut menunjukkan bahwa isolasi bakteri *Actinomycetes* dari gundukan tanah dan sampah diperoleh 2 isolat yaitu isolat yang diperoleh diberi kode ITP-1 dan ITP-2. Berdasarkan hasil pengamatan karakteristik morfologi diperoleh warna hifa aerial pada ITP-1 yaitu putih, hifa substrat berwarna kuning, pigmen terlarut kekuningan dan spora berbentuk serbuk. Karakteristik morfologi pada ITP-2 diperoleh warna hifa aerial putih kecoklatan, hifa substrat coklat, pigmen terlarut tidak ada, dan spora berbentuk serbuk. Perubahan warna yang terjadi pada isolat ITP-1 dari warna putih menjadi warna kuning disebabkan karena adanya senyawa-senyawa metabolit sekunder yang dihasilkan bakteri *Actinomycetes* endofit. Menurut (Elsie *et al.*, 2018), ketika nutrisi, suhu, kelembaban, serta kondisi lainnya mendukung pertumbuhan bakteri *Actinomycetes*, maka spora bakteri *Actinomycetes* akan berkembang menjadi miselium, mengubah warna medium (terdifusi), terjadi pertumbuhan sel, dan menghasilkan metabolit sekunder.

Perbedaan warna yang dihasilkan antara isolat ITP-1 dan isolat ITP-2 salah satunya disebabkan karena masing-masing isolat memiliki peran biologis yang berbeda. Menurut

(Buedenbender *et al.*, 2017), adanya pigmen rantai spora yang dimiliki bakteri *Actinomycetes* menyebabkan keanekaragaman warna pada bakteri *Actinomycetes*. Ketika terjadi pembentukan spora, hifa akan berubah menjadi warna tertentu sehingga diperoleh warna yang berbeda. Pigmen yang dihasilkan tersebut dilaporkan memiliki kemampuan biologis seperti vitamin,antitumor, dan antibiotik. Isolat ITP-1 dapat digolongkan ke dalam kelompok *Streptomyces* karena memiliki kemiripan morfologi dengan *Streptomyces aerochoromogenes* kelompok *Aerus* dimana memiliki warna hifa aerial putih, abu-abu dan hifa substrat berwarna kuning atau orange (Tan *et al*., 2015).

Tabel 1. Hasil Isolasi dan Karakterisasi Morfologi Bakteri *Actinomycetes*

No.	Isolat	Sampel	Karakteristik Morfologi			
			Hifa aerial	Hifa substrat	Pigmen terlarut	Spora
1	ITP-1	Tanah	Putih	Kuning	Kekuningan	Serbuk
2	ITP-2	Tanah	Putih kecoklatan	Coklat	Tidak ada	Serbuk

Perbedaan warna yang dihasilkan antara isolat ITP-1 dan isolat ITP-2 juga dimungkinkan karena masing-masing isolat memiliki peran biologis yang berbeda. Menurut (Buedenbender *et al.*, 2017), keanekaragaman warna bakteri *Actinomycetes* disebabkan adanya pigmen rantai spora yang dimiliki bakteri *Actinomycetes*, hifa akan berubah menjadi warna tertentu apabila terjadi pembentukan spora, sehingga diperoleh warna yang berbeda. Pigmen yang dihasilkan tersebut memiliki kemampuan biologis seperti antibiotik, antitumor dan vitamin. Isolat ITP-1 dapat digolongkan ke dalam kelompok *Streptomyces* karena memiliki kemiripan morfologi dengan *Streptomyces aerochoromogenes* kelompok *Aerus* dimana memiliki warna hifa aerial putih, abu-abu dan hifa substrat berwarna kuning atau orange (Tan *et al*., 2015).

Isolat bakteri *Actinomycetes* dapat diidentifikasi secara langsung dengan melihat morfologi atau melakukan pengamatan koloni secara mikroskopis. Koloni isolat bakteri *Actinomycetes* dapat tumbuh pada kisaran usia satu sampai dua minggu dengan ukuran 0,5-1 cm. Bakteri *Actinomycetes* berbeda dengan mikroorganisme lainnya karena memiliki sifat yang tidak dimiliki oleh bakteri lainnya seperti permukaan bakteri serabut, memiliki warna putih, orange dan abu-abu. Bakteri *Actinomycetes* menghasilkan aroma khas seperti *geosmine*. Bakteri *Geoesmine* merupakan aroma tanah hasil dari metabolit yang dihasilkan dari bakteri *Actinomycetes* (Baltz, 2008).

Aktivitas Antimikroba

Pengujian aktivitas antimikroba bertujuan untuk mengetahui sejauh mana bioaktivitas bakteri *Actinomycetes* terhadap bakteri patogen. Uji antimikroba dilakukan dengan menggunakan metode *disk diffusion* atau yang sering disebut dengan metode cakram, dimana kertas cakram yang telah diresapi dengan senyawa antibakteri dilatakkan di atas media agar yang telah diinokulasikan dengan bakteri uji. Adanya aktivitas antibakteri ditunjukkan oleh zona bening yang terbentuk (Choma & Grzelak, 2011). Jumlah sel bakteri yang digunakan dalam penelitian ini telah disamakan sehingga dapat diketahui kemampuan aktivitas antimikroba terhadap bakteri pada kisaran yang sama. Jumlah bakteri yang digunakan sebanyak 10^7 CFU/ml. Ernawati *et al*. (2016), menyatakan bahwa syarat jumlah sel bakteri untuk uji kepekaan adalah 10^5 - 10^8. Hasil uji aktivitas senyawa antimikroba isolat bakteri *Actinomycetes* terhadap bakteri *Stapylococcus aureus* dan bakteri *Escherichia coli* dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel. 2 menunjukkan bahwa isolat ITP-1 menghasilkan zona hambat yang lebih besar jika dibandingkan dengan zona hambat isolat ITP-2 baik terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* maupun baketri *Escheria coli*. Rerata zona hambat yang diperoleh pada isolat ITP-1 dan ITP-2 terhadap bakteri *Stapylococcus aureus* masing-masing sebesar 4,31 dan 2,51 mm sedangkan zona hambat terhadap bakteri *Eschericia coli* masing-masing sebesar 3,23 dan 2,24 mm. Zona hambat kontrol positif (+) terhadap bakteri *Stapylococcus aureus* sebesar 20,94 mm, sedangkan zona hambat kontrol positif (+) terhadap bakteri *Eschericia coli* sebesar 18,56 mm. Bila dibandingkan

dengan zona hambat kontrol positif kloramfenikol, zona hambat isolat ITP-1 dan ITP-2 lebih kecil. Zona hambat yang terbentuk diasumsikan akibat adanya senyawa antibakteri hasil metabolit sekunder yang disekresikan ke media yang dapat menghambat pertumbuhan dan membunuh bakteri patogen.

Haryani *et al*., (2012) menyatakan bahwa zona hambat sebanding dengan senyawa antibakteri yang disekresikan. Semakin besar zona hambatnya, semakin besar pula aktivitas antibakterinya. Ramadhan (2017), melaporkan bahwa bakteri *Actinomycetes* yang diisolasi dari sawah dapat menghambat pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus* sebesar 20,00 mm sedangkan zona hambat pada bakteri *Escherichia coli* sebesar 6,00 mm. Berdasarkan hasil penelitian zona hambat yang diperoleh dari penelitian ini lebih kecil dibandingkan zona hambat yang diperoleh dari penelitian Ramadhan (2017), baik pada bakteri *Stapylococcus aureus* maupun pada bakteri *Escherichia coli.* Menurut Liliana (2021), kekuatan antibakteri digolongkan menjadi empat golongan yaitu, golongan lemah apabila zona hambat berukuran kurang dari 5 mm, golongan sedang apabila zona hambat berukuran 5-10 mm dan golongan kuat apabila zona hambat berukuran lebih dari 10 mm.

Tabel 2. Rerata Zona Hambat Ekstrak Bakteri *Actinomycetes* terhadap Bakteri *Stapylococcus aureus* dan Bakteri *Escherichia coli*

Sampel	Diameter Zona Hambat (mm)			
	Stapylococcus aureus	Kategori	*Eschericia coli*	Kategori
ITP-1	4,31 ± 0,17	Lemah	3,23 ± 0,53	Lemah
ITP-2	2,51 ± 0,23	Lemah	2,24 ± 0,26	Lemah
Kontrol positif (+)	20,94 ± 0,46	Kuat	18,56 ± 0,46	Kuat
Kontrol negatif (-)	-	Tidak ada	-	Tidak ada

Keterangan : Data merupakan hasil rerata dari 3 kali ulangan ± standar deviasi
Kontrol positif (+) menggunakan kloram fenikol
Kontrol negatif (-) menggunakan DMSO (*Dimethyl SufoxideI*)

Berdasarkan hal tersebut diketahui bahwa aktivitas antimikroba terhadap bakteri yang berbeda memiliki aktivitas yang berbeda pula. Perbedaan zona bening yang dihasilkan dipengaruhi oleh penyusun dinding sel dari masing-masing bakteri. Dinding sel dari bakteri gram positif tersusun atas 90% peptidoglikan dan 10% polisakarida. Salah satu mekanisme kerja dari antibakteri ialah dengan menghambat pembentukan lapisan peptidoglikan serta menghambat sintesis dinding sel. Terganggunya sintesis peptidoglikan menyebabkan dinding sel tidak terbentuk sempurna, sehingga sel hanya diliputi oleh membran. Sedangkan pada bakteri gram negatif, kadar lemak 11-22% dan kadar peptidoglikan ± 10%, sehingga kemampuan senyawa sebagai antibakteri dalam gram negatif kurang efektif (Sari *et al*., 2019).

Kamjam *et al*. (2017) melaporkan bahwa isolat bakteri *Actinomycetes* yang diisolasi dari hasil laut seperti mangrove menghasilkan metabolit sekunder seperti flavonoid, alkaloid, dan saponin yang memiliki aktivitas biologis. Komponen tersebut berperan dalam menghambat atau membunuh pertumbuhan mikroorganisme pathogen dengan berbagai mekanisme yang berbeda. Flavonoid bekerja dengan mendenaturasi protein sel serta merusak membran sel mikroorganisme (Puspita *et al*., 2021). Adanya denaturasi protein oleh flavonoid menyebabkan aktivitas metabolisme sel bakteri terganggu. Selain itu, senyawa alkaloid juga berperan dalam mengganggu pembentukan komponen penyusun peptidoglikan, sehingga lapisan dinding sel tidak terbentuk secara utuh dan menyebabkan kematian sel tersebut (Heni & Zaharah, 2015). Adapun saponin berperan dalam mengurangi permeabilitas membran sel yang mengakibatkan sel kekurangan nutrisi, sehingga pertumbuhan mikroorganisme patogen terhambat atau mati (Rahmawati *et al*., 2009).

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini ialah bakteri *Actinomycetes* asli Kab. Fakfak, Provinsi Papua Barat yang diperoleh dari gundukan tanah dan sampah diperoleh 2 isolat. Isolat pertama (ITP 1) memiliki karakteristik morfologi yaitu hifa aerial berwarna putih, hifa substrat berwarna kuning, pigmen terlarut berwarna kekuningan dan spora yang berserbuk. Isolat kedua (ITP 2) memiliki karakteristik morfologi yaitu hifa aerial berwarna putih kecoklatan, hifa substrat berwarna coklat, pigmen terlarut tidak ada dan spora yang berserbuk. Produksi pigmen bakteri *Actinomycetes* asli Kab. Fakfak, Provinsi Papua Barat berpotensi menghasilkan pigmen karoten yang ditandai dengan hifa substrat yang berwarna kuning. Adapun zona hambat bakteri *Staphylococcus aureus* isolat ITP-1 sebesar 4,31 ± 0,17 mm dan isolat ITP-2 sebesar 2,51 ± 0,23. Zona hambat bakteri *Escherichia coli* isolat ITP-1 sebesar 3,23 ± 0,53 mm dan isolat ITP-2 sebesar 2,24 ± 0,26.

Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, bakteri *Actinomycetes* dapat bertindak sebagai antibakteri patogen sehingga perlu dilakukan identifikasi komponen bakteri *Actinomycetes* dan hubungannya dalam menghambat pertumbuhan bakteri. Selain itu, juga perlu dilakukan identifikasi lebih lanjut terhadap rantai spora isolat terpilih menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM) untuk mendapatkan citra ornament rantai spora isolat terpilih.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih ditujukan kepada Politeknik Negeri Fakfak yang telah memberi dana penelitian sehingga hasil dari penelitian ini dapat dijadikan sebagai referensi ilmiah untuk pengembangan bakteri *Actinomycetes* di Kabupaten Fakfak, Papua Barat.

REFERENSI

Baltz, R. H. (2008). Renaissance in antibacterial discovery from *actinomycetes*. *Current opinion in pharmacology*, *8*(5), 557-563. https://doi.org/10.1016/j.cph.2008.04.008

Buedenbender, L., Carroll, A. R., Ekins, M., & Kurtböke, D. I. (2017). Taxonomic and metabolite diversity of actinomycetes associated with three Australian ascidians. *Diversity*, *9*(4). https://doi.org/10.3390/d9040053

Chiao-Wei, C., Siew-Ling, H., & Ching-Lee, W. (2011). Antibacterial activity of sargassum polycystum C. Agardh and Padina australis Hauck (Phaeophyceae). *African Journal of Biotechnology*, *10*(64), 14125–14131. https://doi.org/10.5897/ajb11.966

Choma, I. M., & Grzelak, E. M. (2011). Bioautography detection in thin-layer chromatography. *Journal of Chromatography A*, *1218*(19), 2684–2691. https://doi.org/10.1016/j.chroma.2010.12.069

Elsie, -, Herlina, N., & Putri, R. T. (2018). Isolasi Actinomycetes endofit dari tanaman akar wangi (*Vetiveria zizanioides*) dan uji aktivitas senyawa antibakteri terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*. *Photon: Jurnal Sain dan Kesehatan*, *8*(2), 13–22. https://doi.org/10.37859/jp.v8i2.742

Ernawati, T., Budiana, A., & Ernawati, T. (2016). Bioaktivitas turunan metil sinamat terhadap pertumbuhan bakteri *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas aureugenosa* dan jamur *Candida albicans*. *Jurnal Kimia Valensi*, *1*(1), 60–64. https://doi.org/10.15408/jkv.v0i0.3154

Haryani, A., Grandiosa, R., Dwi Buwono, I., Ayi Santika, dan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Unpad, A., Dosen Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Unpad, S., & Pegawai Balai Besar Pengembangan Budidaya Air Tawar Sukabumi, S. (2012). Uji efektivitas daun pepaya (*Carica papaya*) untuk pengobatan infeksi bakteri *Aeromonas hydrophila* pada ikan mas koki (*Carassius auratus*). *Jurnal Perikanan Dan Kelautan*, *3*(3), 213–220.

Heni, S. A., & Zaharah, T. A. (2015). Efektivitas antibakteri ekstrak kulit batang belimbing hutan (Baccaurea angulata Merr.) terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*. *Jurnal Kimia Khatulistiwa*, *4*(1).

Kamjam, M., Sivalingam, P., Deng, Z., & Hong, K. (2017). Deep sea actinomycetes and their secondary metabolites. *Frontiers in Microbiology*, *8*(May). https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.00760

Liliana, P. (2021). Uji aktivitas antibakteri ekstrak etanol daun dadap serep *(Erythrina Subumbrans)* terhadap bakteri *Staphylococcus aureus secara in vitro*. Stikes Karya Putra Bangsa Tulungagung.

Nurjasmi, R., & Suryani, S. (2017). Uji Antagonistik Actinomycetes Asal Limbah Kulit Bawang Merah Terhadap Patogen Tanaman. *11*(2), 718–722.

Puspita, D., Gentaarinda, F. S., Lidi, I. M., Refla, S., Nugroho, N. W., & Kusumaningtyas, F. T. (2021). Inovasi Cairan Penyanitasi Tangan Dari Bahan Alami. Biosfer*: Jurnal Biologi dan Pendidikan Biologi*, *6*(1). https://doi.org/10.23969/biosfer.v6i1.3956

Rahmawati, H., Bustanussalam, B., & Simanjuntak, P. (2009). Identification of a Triterpenoid Saponin from Seeds of Barringtonia asiatica (L.) Kurz. Jurnal Ilmu Kefarmasian Indonesia, *7*(1), 31–37.

Ramadhan, H. (2017). Isolasi *Actinomycetes* penghasil antibiotik terhadap *Escherichia coli* dan S*taphylococcus aureus* dari tanah sawah. Prosiding Seminar Nasional dan presentasi ilmiah perkembangan terapi obat herbal pada penyakit degeneratif, *1*(1).

Sari, R. C., Wijayanti, I., & Agustini, T. W. (2019). The effectiveness of melanin from squid ink (*Loligo* sp.) as antibacterial agent against *Escherichia coli* and *Listeria monocytogenes*. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *246*(1). https://doi.org/10.1088/1755-1315/246/1/012022

Sembiring, L., Ward, A. C., & Goodfellow, M. (2000). Selective isolation and characterisation of members of the Streptomyces violaceusniger clade associated with the roots of Paraserianthes falcataria. *Antonie van Leeuwenhoek, International Journal of General and Molecular Microbiology*, *78*(3–4), 353–366. https://doi.org/10.1023/A:1010226515202

Singh, N. K., Singh, H., Jyoti, Haque, M., & Rath, S. S. (2012). Prevalence of parasitic infections in cattle of Ludhiana district, Punjab. *Journal of Parasitic Diseases*, *36*(2), 256–259. https://doi.org/10.1007/s12639-012-0119-y

Tan, G. Y., Peng, Y., Lu, C., Bai, L., & Zhong, J. J. (2015). Engineering validamycin production by tandem deletion of γ-butyrolactone receptor genes in *Streptomyces hygroscopicus* 5008. *Metabolic Engineering*, *28*, 74–81. https://doi.org/10.1016/j.ymben.2014.12.003

Tiwari, K., & Gupta, R. K. (2013). Diversity and isolation of rare *actinomycetes*: An overview. *Critical Reviews in Microbiology*, *39*(3), 256–294. https://doi.org/10.3109/1040841X.2012.709819

Zulaidah, A., & Juliani, R. D. (2020). Penggunaan Bahan Pewarna Tekstil pada Makanan Terhadap Kesehatan Masyarakat. *Majalah Ilmiah Inspiratif*, *5*(9), 18–24.