



**POTENSI DAYA HAMBAT FILTRAT ZAT METABOLIT
ACTINOMYCETES DARI KEBUN RAYA BOGOR
TERHADAP PERTUMBUHAN *Candida albicans*
DAN *Malassezia furfur***

**Venita Octavia Tambunan¹, Meiskha Bahar^{2*}, Andri Pramono³,
Cut Fauziah⁴, Hany Yusmaini⁵, dan Fajriati Zulfa⁶**

^{1,2,&3}Departemen Mikrobiologi, FK, UPN Veteran Jakarta, Indonesia

⁴Departemen Biologi, FK, UPN Veteran Jakarta, Indonesia

⁵Departemen Farmakologi, FK, UPN Veteran Jakarta, Indonesia

⁶Departemen Parasitologi, FK, UPN Veteran Jakarta, Indonesia

*E-Mail : meiskha27@gmail.com

DOI : <https://doi.org/10.33394/bioscientist.v10i1.4792>

Submit: 26-01-2022; Revised: 16-02-2022; Accepted: 22-02-2022; Published: 30-06-2022

ABSTRAK: *Candida albicans* dan *Malassezia furfura* adalah jenis jamur yang sering menyebabkan infeksi pada manusia. Meluasnya infeksi jamur dan kurangnya pilihan terapeutik dapat mengembangkan resistensi jamur dan menjadi masalah serius di masa depan. Actinomycetes adalah bakteri gram-positif yang dapat menghasilkan metabolit sekunder seperti antijamur, antibakteri, dan antikanker. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan efektivitas filtrat metabolit Actinomycetes sebagai agen antijamur terhadap pertumbuhan in vitro *C. albicans* dan *M. furfur*. Jenis penelitian adalah studi eksperimental laboratorium dengan desain kelompok pasca-tessaja menggunakan konsentrasi metabolit Actinomycetes sebesar 25%, 50%, 75%, 100%. Pengujian antijamur dilakukan dengan menggunakan metode difusi agar pada *Sabouraud Dextrose Agar Media*. Dari empat konsentrasi, diameter rata-rata zona bening untuk *C. albicans* adalah 11,65mm; 12,48mm; 13,63mm; dan 13,80mm dan untuk *M. furfur* adalah 6,025mm; 8,05mm; 9,1mm; dan 9,9mm. Ada perbedaan yang signifikan antara setiap kelompok perlakuan dengan nilai $p < 0,05$. Senyawa metabolit filtrat yang berasal dari Actinomycetes dapat berpotensi sebagai antifungi dengan salah satu mekanismenya mengikat ergosterol di dinding sel yang akan mengganggu integritas dinding sel jamur.

Kata Kunci: Actinomycetes, Daya hambat, Filtrat, Metabolit.

ABSTRACT: *Candida albicans* and *Malassezia furfur* are types of fungi that often cause infections in humans. Widespread fungal infections and lack of therapeutic options can develop fungal resistance and become serious problems in the future. Actinomycetes are Gram-positive bacteria that can produce secondary metabolites such as antifungal, antibacterial, and anticancer. The study aimed to determine the effectiveness of the metabolite filtrate Actinomycetes as an antifungal agent against the in vitro growth of *C. albicans* and *M. furfur*. This type of research is a laboratory experimental study with a post-test group design only using metabolite concentrations Actinomycetes of 25%, 50%, 75%, 100%, antifungal testing is done using the agar diffusion method on *Sabouraud Dextrose Agar Media*. Of the four concentrations, the average diameter of the clear zone for *C. albicans* is 11.65mm; 12.48mm; 13.63mm and 13.80mm and for *M. furfur* is 6,025mm; 8,05mm; 9,1mm and 9,9mm. There was a significant difference between each treatment group with a p -value of < 0.05 . The compound Metabolite filtrate Actinomycetes derived from Actinomycetes can potentially be antifungal with one of its mechanisms binding to ergosterol in the cell wall that will interfere with the integrity of the fungal cell wall.

Keywords: Actinomycetes, Inhibition, Filtrate, Metabolites.





PENDAHULUAN

Kulit merupakan organ kompleks yang melindungi manusia dari lingkungan sekitarnya, seperti paparan sinar matahari, suhu, agen infeksius, dan paparan lainnya (Radityastuti & Anggraeni, 2017). Penyakit kulit di Indonesia paling banyak disebabkan oleh infeksi jamur, bakteri, virus, parasit, dan karena dasar alergi, berbeda dengan negara barat yang lebih dipengaruhi oleh faktor degeneratif (Siregar, 2015).

Sebagai salah satu negara beriklim tropis, Indonesia memiliki suhu dan kelembapan yang tinggi, kondisi ini sangat mendukung bagi pertumbuhan jamur, sehingga diperkirakan angka kejadian penyakit kulit akibat jamur cukup tinggi di masyarakat (Adiguna, 2013). Hingga saat ini belum ada data yang menunjukkan prevalensi penyakit kulit yang terjadi di Indonesia. Salah satu jamur yang dapat menimbulkan penyakit kulit adalah *Malassezia furfur* (Radityastuti & Anggraeni, 2017).

M. furfur adalah jamur *lipofilik* yang berkolonisasi pada kulit manusia sejak dari lahir atau berperan sebagai *flora* normal. Pada kondisi tertentu, jamur ini berpotensi menjadi *patogen* dengan cara menginvasi stratum korneum (Saunte *et al.*, 2020). Salah satu penyakit yang sering ditimbulkan oleh jamur ini adalah penyakit jamur super *fisial*, *pitiriasis versikolor* (PV). Penyakit ini ditandai dengan adanya hiperpigmentasi atau hipopigmentasi pada kulit (Argentina *et al.*, 2016).

Pitiriasis versikolor tersebar di seluruh dunia dengan prevalensi mencapai 50% pada daerah yang panas dan lembab dan 1,1% pada daerah beriklim dingin. Prevalensi PV di Amerika Serikat diperkirakan mencapai 2-8% dari seluruh populasi (Kundu & Garg, 2012). Di Jakarta penyakit *pitiriasis versikolor* selalu menempati urutan kedua setelah dermatitis. Di daerah lain, seperti Bandung, Surabaya, Semarang, dan Manado keadaannya kurang lebih sama, yaitu menempati posisi ke-2 hingga ke-4 terbanyak (Soleha, 2016).

Pengobatan *pitiriasis versikolor* dapat dilakukan secara topikal maupun sistemik. Obat-obatan antifungi memiliki efek sebagai fungistatik atau menghambat pertumbuhan jamur dan fungisidal atau membunuh jamur (Karray & McKinney, 2020). Meluasnya infeksi jamur dan sedikitnya pilihan terapi dapat menimbulkan munculnya resistensi jamur dan menjadi masalah serius di masa mendatang (Apsari & Adiguna, 2013). Perkembangan resistensi oleh mikroorganisme ini perlu diimbangi dengan pencarian agen anti mikroba yang baru. Sebagian besar anti mikroba yang saat ini digunakan berasal dari alam. Salah satu produsen alami zat bioaktif anti mikroba adalah bakteri *Actinomycetes* (Krzesniak *et al.*, 2018).

Actinomycetes adalah bakteri Gram positif yang terdistribusi di ekosistem perairan maupun di daratan. Bakteri ini memiliki *metabolit* sekunder yang luas dan menghasilkan sekitar dua pertiga antibiotik yang digunakan pada pengobatan





klinis saat ini (Barka *et al.*, 2016). Metabolit sekunder dapat diperoleh dan dimanfaatkan sebagai antagonis jika ditumbuhkan pada lingkungan yang sama (Bahar dan Zulfa, 2018). Genus Actinomycetes yang paling dikenal sebagai penghasil antibiotik adalah Streptomyces. Selain antibiotik, bakteri ini juga dapat menghasilkan senyawa antijamur, anti *helmintik*, dan antikanker. Metabolit yang bersifat antifungi antara lain *kasugamycin* yang dihasilkan oleh *Streptomyces kasugaensis* berperan sebagai *inhibitor biosintesis* protein jamur, *polyoxins* B dan D yang dihasilkan *Streptomyces cacaoi* berperan dalam menghambat sintesis dinding sel jamur (Barka *et al.*, 2016).

Menurut penelitian Nurjanah *et al.* (2019), dari 11 isolat Actinomycetes yang diambil dari mata air panas, terdapat dua *isolat* yang menghasilkan aktivitas zona hambat yang kuat dan sedang terhadap *Malassezia sp.* Dua *isolat* tersebut berasal dari genus *Microbiospora* dan *Streptomyces* (Nurjanah *et al.*, 2019). Selain terhadap *Malassezia sp.*, Actinomycetes juga mampu menghambat jamur patogen lainnya seperti *Candida albicans*, *Tricophyton sp.*, *Candida krusei*, *Cryptococcus neoformans*, dan *Aspergillus fumigatus* (Vartak *et al.*, 2014). Hasil penelitian Aminnullah *et al.* (2020) juga berhasil mengisolasi dan mengidentifikasi *isolate Actinomycetes* dari Kebun Raya Bogor dan mengujikannya pada jamur *C.albicans* dan membuktikan bahwa Actinomycetes bersifat sebagai antifungi. Kebun Raya Bogor merupakan kebun botani terbesar dengan iklim yang mendukung pertumbuhan beberapa jenis mikro organisme tanah, salah satunya adalah Actinomycetes. Penelitian di Indonesia mengenai pemanfaatan Actinomycetes dalam bidang pengobatan masih sangat minim. Oleh karena itu, peneliti tertarik untuk melakukan identifikasi potensi Actinomycetes dari Kebun Raya Bogor sebagai antifungi terhadap *C.albicans* dan *M. furfur*.

METODE

Isolat

Isolat jamur yang digunakan pada penelitian ini adalah jamur *C.albicans* dan *M. furfur* yang diperoleh dari kultur penyimpanan laboratorium Mikrobiologi FK UPN Veteran Jakarta dan *isolat* bakteri Actinomycetes asal Kebun Raya Bogor yang sudah diidentifikasi dan dibiakkan di laboratorium Mikrobiologi FK UPN Veteran Jakarta.

Peremajaan Isolat

Isolat Actinomycetes diremajakan dengan menumbuhkan bakteri dari media lama ke dalam media *Starch Casein Agar* (SCA) baru. Media SCA baru diencerkan dan diberikan *nistatin*, lalu dituang ke dalam cawan petri. Satu *oseisolat* dari media lama diinokulasi pada media baru dengan menggunakan metode gores (*streak plate method*), kemudian diinkubasi pada suhu 37°C selama 14 hari.

Pembuatan Filtrat

Satu *oseisolat* bakteri Actinomycetes umur 14 hari ditanam ke dalam 10 ml *Starch Casein Broth* dan diinkubasi pada suhu 28°C selama 7 hari. Kultur bakteri kemudian dimasukkan ke dalam tabung *ependorff*, lalu disentrifugasi pada kecepatan 10.000 rpm hingga 10 menit. Supernatan atau *filtrat* yang didapatkan



kemudian disterilisasi menggunakan filter *milipore* 0,2 μm . Selanjutnya dilakukan pengenceran pada *filtrat* hingga tercapai konsentrasi 25%, 50%, 75%, 100%.

Inokulasi Jamur dan Pembuatan Sumuran

Prosedur inokulasi jamur dan pembuatan sumuran dibuat dengan menggunakan media *Sabouraud Dextrose Agar* (SDA). Sebanyak 20 ml SDA cair dimasukkan ke dalam cawan petri sebagai lapisan pertama. Setelah agak mengeras, cawan petri diberi label sesuai konsentrasi *filtrat* yang akan diujikan dan dibagi menjadi empat kuadran. Plat silinder diletakkan pada bagian tengah setiap kuadran yang sudah diberi label. Untuk lapisan kedua, campuran 10 ml SDA dan masing-masing suspensi jamur *C.albicans* dan *M. Furfur* dimasukkan ke dalam cawan petri sebelumnya. Campuran dibiarkan hingga agak mengeras. Kemudian Plat silinder dicabut dari setiap kuadran sehingga terbentuk sumuran sebagai tempat dimasukkan zat *filtrat* sesuai konsentrasi uji.

Uji In Vitro

Filtrat zat *metabolit* bakteri *Actinomycetes* konsentrasi 25%, 50%, 75%, dan 100% serta larutan kontrol negatif dan kontrol positif dimasukkan secara aseptik ke dalam setiap sumuran masing-masing sebanyak 1 ml. Cawan petri kemudian dibungkus menggunakan *aluminium foil* hingga seluruh cawan tertutup lalu diinkubasi pada suhu ruangan selama 24 jam. Diameter zona hambat yang terbentuk pada cawan berisi jamur uji *C.albicans* dan *M. Furfur* kemudian diukur menggunakan jangka sorong *digital*. Zona hambat diukur dari tepi ke tepi zona bening melewati sumuran.

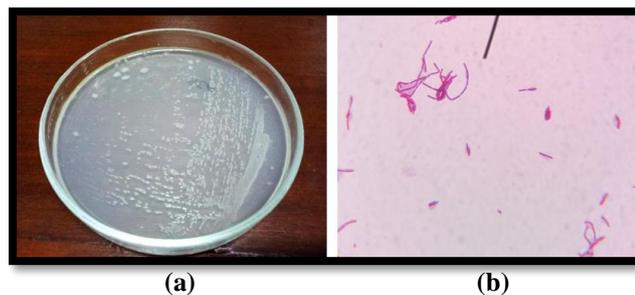
Analisis Data

Data yang diperoleh dari penelitian akan dianalisis dengan sistem komputerisasi yaitu program statistik *Statistical Product Service Solution* (SPSS).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

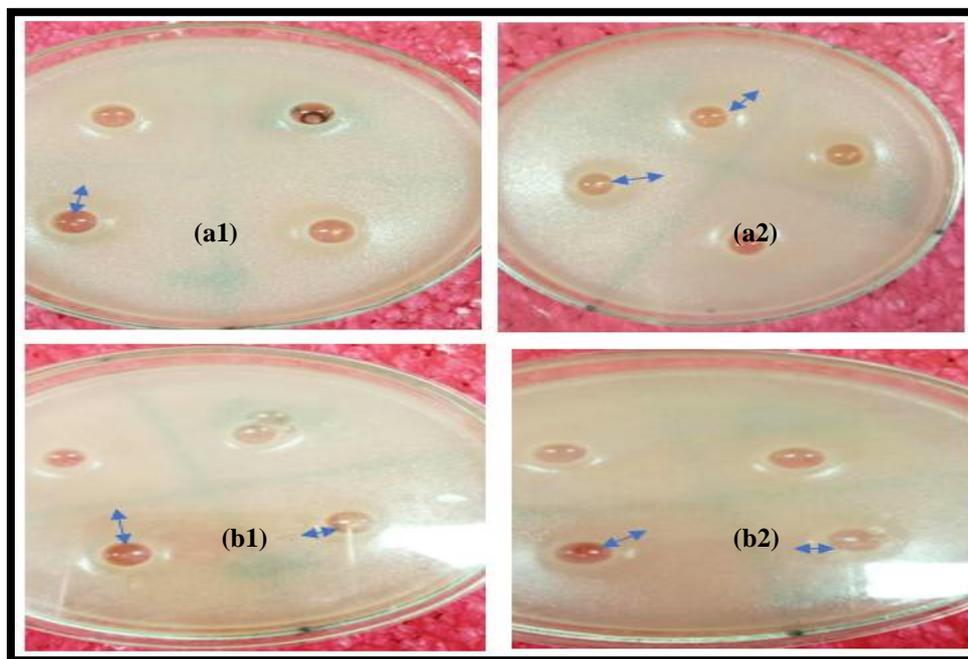
Hasil dari penelitian ini diawali dengan identifikasi *mikroskopik* dan *makroskopik* untuk *isolate Actinomycetes* dengan hasil berupa identifikasi *makroskopik*, yaitu identifikasi pertumbuhan *isolat* dilihat dari terbentuknya koloni kasar berbentuk bubuk atau berdebu dengan warna putih kekuningan pada media SCA. Dan hasil identifikasi *mikroskopik* dari pewarnaan Gram dengan hasil bentuk bakteri basil halus seperti *filamen*, susunan tunggal dan berantai dengan warna ungu.



Gambar 1. Isolat Actinomycetes pada Media SCA (a) dan Hasil Identifikasi Pewarnaan Gram (b).

Uji *In Vitro*

Dari hasil penelitian diperoleh bahwa, *filtrat* zat *metabolit Actinomycetes* dapat menghambat pertumbuhan *C.albicans* dan *M. furfur* yang dilihat dari terbentuknya zona bening di sekitar sumuran.



Gambar 2. Zona Hambat Pertumbuhan *C.albicans* (a1 dan a2) dan Zona Hambat Pertumbuhan *M.furfur* (b1 dan b2).

Dari hasil pengukuran rata-rata diameter zona hambat *C.albicans* dan *M. Furfur* dengan empat kali pengulangan diketahui terjadi peningkatan yang signifikan berbanding lurus dengan peningkatan konsentrasi. Hal ini dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 1. Data Aktivitas Antijamur Filtrat *Actinomycetes*

Jenis Jamur Uji	Konsentrasi	Rata-rata Zona Hambat (mm)
<i>Candida albicans</i>	25%	11.65
	50%	12.48
	75%	13.63
	100%	13.80
<i>Malassezia furfur</i>	25%	6.025
	50%	8.05
	75%	9.1
	100%	9.9

Hasil zona hambat kelompok konsentrasi *filtrat* menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi *filtrat* zat *metabolit Actinomycetes* berbanding lurus dengan besarnya diameter zona hambat yang terbentuk. Semakin tinggi konsentrasi maka semakin besar zona hambat, begitupun sebaliknya.



Tabel 2. Uji Kruskal-Wallis Kelompok Perlakuan Filtrat Zat Metabolit Actinomycetes.

Uji Kruskal-Wallis	Sig.
Filtrat zat metabolit Actinomycetes	0.000

Tabel 2 menunjukkan bahwa *filtrat zat metabolit Actinomycetes* memiliki nilai signifikansi $p < 0,05$ untuk masing-masing *C.albicans* dan *M. furfur* yang berarti bahwa *filtrat* dari senyawa *metabolit isolate Actinomycetes* memiliki efektivitas dalam menghambat pertumbuhan jamur *C.albicans* dan *M. furfur*.

Pembahasan

Hasil penelitian mengenai efektivitas *filtrat zat metabolit Actinomycetes* terhadap pertumbuhan *C.albicans* dan *M. Furfur* masing-masing dengan variasi konsentrasi 25%, 50%, 75%, dan 100% dalam empat kali pengulangan menunjukkan terdapat peningkatan daya hambat pada setiap kenaikan konsentrasi *filtrat zat metabolit Actinomycetes*. Hal ini dapat menggambarkan bahwa semakin tinggi konsentrasi maka kadar kandungan zat aktif yang terlarut dalam *filtrat* akan semakin banyak.

Kemampuan antifungi *filtrat* diduga berasal dari aktivitas *enzim kitinase* yang dihasilkan oleh *Actinomycetes* (Keikha *et al.*, 2015). Mekanisme antifungi lainnya oleh *Actinomycetes* dari genus *Streptomyces* adalah pengikatan *ergosterol* oleh *metabolit* sekunder (*nistatin* dan *amfoterisin B*) pada membran sel jamur sehingga menimbulkan terbentuknya pori-pori pada membran. Pori-pori yang terbentuk menyebabkan terjadinya kebocoran *ion* intra seluler dan makro molekul dari sel dan pada akhirnya menyebabkan kematian sel jamur (Katzung *et al.*, 2012).

Analisis statistik yang digunakan untuk menilai efektivitas *filtrat zat metabolit Actinomycetes* sebagai antifungi masing-masing terhadap *C.albicans* dan *M. Furfur* menunjukkan signifikansi $p < 0,05$ yang artinya terdapat perbedaan efektivitas pada masing-masing konsentrasi *filtrat*. Analisis *post hoc* dengan uji *Mann-Whitney* antar semua kelompok variasi konsentrasi menunjukkan bahwa semua nilai signifikansi yang didapatkan adalah $p < 0,05$, hal ini menunjukkan bahwa terdapat perbedaan bermakna antar kelompok uji dalam efektivitasnya menghambat pertumbuhan *C.albicans* dan *M. furfur*.

Selain dipengaruhi oleh jumlah konsentrasi, besar kecilnya zona hambat juga dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti jenis media, jenis *isolat*, pH, suhu, dan lama waktu inkubasi. Hasil penelitian potensi *Actinomycetes* sebagai antifungi terhadap *Candida albicans* menunjukkan terbentuknya zona hambat yang lebih luas pada fermentasi *isolat Actinomycetes* selama 14 hari dibandingkan pada fermentasi *isolat* selama 7 atau 21 hari (Akbar *et al.*, 2017). Penelitian lain menunjukkan bahwa laju produksi *metabolit* sekunder yang maksimal terjadi pada hari ketujuh hingga hari kesepuluh fermentasi (Maataoui *et al.*, 2014). Beberapa genus *Actinomycetes* mempunyai waktu maksimal untuk menghasilkan *metabolit* sekunder dan akan mengalami penurunan aktivitas ketika melewati batas waktu maksimal.



SIMPULAN

Senyawa *Filtrat* zat *metabolit* dari *isolat Actinomycetes* memiliki efektivitas daya hambat terhadap pertumbuhan *C.albicans* dan *M. Furfur* secara *in vitro*. Terdapat perbedaan bermakna antara seluruh kelompok perlakuan dengan konsentrasi *filtrat* zat *metabolit Actinomycetes* yang paling efektif dalam menghambat pertumbuhan *C.albicans* dan *M. Furfur* adalah pada konsentrasi 100%.

SARAN

Dilakukan pengisolasian dan pengujian senyawa aktif yang terdapat dalam *filtrat* zat *metabolit* hasil *isolasi Actinomycetes* dari Kebun Raya Bogor untuk mengetahui kandungan senyawa aktif spesifik yang paling berperan sebagai antifungi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kami ucapkan kepada Dekan Fakultas Kedokteran UPNVJ yang memberi kesempatan untuk melaksanakan penelitian dalam lingkup Fakultas, Ibu Titik Yudianti (Laboratorium Mikrobiologi FKUPNVJ) yang telah membantu dalam melaksanakan penelitian.

DAFTAR RUJUKAN

- Adiguna, M.S. (2013). *Dermatomikosis Superfisial Edisi 2*. Jakarta : Balai Penerbit Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia.
- Akbar, R.A., Ryandini, D., dan Kusharyati, D.F. (2017). Potensi Aktinomisetes Asal Tanah Perakaran Mangrove Segara Anakan Cilacap sebagai Penghasil Antifungi terhadap Yeast Patogen *Candida albicans*. *Journal of Tropical Biodiversity and Biotechnology*. 2(2), 39-44.
- Aminnullah, R., Bahar, M., Muktamiroh, H., Sandra, O. (2020). Effectiveness of *Actinomycetes* Isolates from Bogor Botanical Gardens Land as Antifungal against *Candida albicans* Growth in Vitro. *BIOEDUSCIENCE: Jurnal Pendidikan Biologi Dan Sains*, 4(1), 90-96.
- Apsari, A.S., dan Adiguna, M.S. (2013). Resistensi Antijamur dan Strategi untuk Mengatasi. *Journal of Media Dermato-Venerologica Indonesia*, 40(2), 89-95.
- Argentina, F., Rusmawardiana., Thaha, M.A., dan Tjekyan, R.M.S. (2016). Nilai Diagnostik Larutan Chicago Sky Blue pada Pitiriasis Versikolor di RSUP Dr. Mohammad Hoesin Palembang. *Journal of Media Dermato-Venerologica Indonesia*, 43(1), 12-24.
- Bahar, M., dan Zulfa, F. (2018). Potention of Antibacterial Isolat *Actinomycetes* to Proteolytic and Amilolitic Activity *Escherichia Coli* ATTC 25922. *Jurnal Teknologi Laboratorium*, 7(1), 25-30.
- Barka, E.A., Vatsa, P., Sanchez, L., Vaillant, N.G., Jacquard, C., Klenk, H.P., Clément, C., Ouhdouch, Y., and Wezel, G.P.V. (2016). Taxonomy, Physiology, and Natural Products of Actinobacteria. *Microbiology and Molecular Biology Reviews : MMBR*, 80(1), 1-43.





- Karray, M., and McKinney, W.P. (2020). *Tinea Versicolor*. Florida : Stat Pearls Publishing.
- Katzung, B.G., Masters, S.B., and Trevor, A.J. (2012). *Basic and Clinical Pharmacology 12th edition*. New York : McGraw-Hil.
- Keikha, N., Mousavi, S.A.A., Bonjar, G.H.S., Fouladi, B., dan Izadi, A.R. (2015). In vitro antifungal activities of Actinomyces species isolated from soil samples against Trichophyton mentagrophytes. *Current Medical Mycology*, 1(3), 33-38.
- Krzesiak, K.J., Mateusiak, A.R., Guspiel, A., Ziemska, J., and Solecka, J. (2018). Secondary Metabolites of Actinomycetes and their Antibacterial, Antifungal and Antiviral Properties. *Polish Journal of Microbiology*, 67(3), 259-272.
- Kundu, R.V., and Garg, A. (2012). Yeast Infections: Candidiasis, Tinea (Pityriasis) Versicolor, and Malassezia (Pityrosporum) Folliculitis. In *Fitzpatrick's Dermatology in General Medicine* (8th ed.). New York : McGraw-Hil Companies.
- Maataoui, H., Iraqui, M., Jihani, S., Ibsouda, S., and Haggoud, A. (2014). Isolation, Characterization and Antimicrobial Activity of a Streptomyces Strain Isolated from Deteriorated Wood. *African Journal of Microbiology Research*, 8(11), 1178-1186.
- Nurjanah., Rahmawati., dan Nurhidayat., N. (2019). Skrining Isolat Bakteri Actinomycetes dari Sumber Air Panas Ai 'Sipant Lotup yang berpotensi sebagai Agen Antifungi terhadap Fungi Malassezia sp. (M1). *Jurnal Protobiont*, 8(2), 104-109.
- Radityastuti., dan Anggraeni, P. (2017). Karakteristik Penyakit Kulit Akibat Infeksi di Poliklinik Kulit dan Kelamin RSUP Dr. Kariadi Semarang Periode Januari 2008 – Desember 2010. *Media Medika Muda*, 2(2), 137-142.
- Saunte, D.M.L., Gaitanis, G., Hay, R.J. (2020). Malassezia-Associated Skin Diseases, the Use of Diagnostics and Treatment. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, 10(112), 1-10.
- Siregar, R.S. (2015). *Atlas Bewarna Saripati Penyakit Kulit edisi 3*. Jakarta: EGC Medical Book Store.
- Soleha, T.U. (2016). Pitiriasis Versicolor Ditinjau dari Aspek Klinis dan Mikrobiologis. *JK Unila*, 1(2), 432-435.
- Vartak, A., Mutalik, V., Parab, R.R., Shanbhag, P., Bhave, S., Mishra, P.D., and Mahajan, G.B. (2014). Isolation of a New Broad Spectrum Antifungal Polyene from Streptomyces sp. MTCC 5680. *Letters in Applied Microbiology*, 58(6), 591-596.