

Uji Aktivitas Antijamur Protein Total Daun Kelor (*Moringa Oleifera*) terhadap *Candida Albicans*

Meirita Sari

Universitas Islam Negeri Fatmawati Sukarno Bengkulu

meiritasari@iainbengkulu.ac.id

ABSTRAK

Salah satu bahan alami yang tumbuh subur di laboratorium alam UIN Fatmawati sukarno yaitu *Moringa oleifera*. Pada bagian daun *M. oleifera* mengandung senyawa protein dalam jumlah besar dan berpotensi sebagai antijamur. Jamur *Candida albicans* menjadi salah satu penyebab dari timbulnya penyakit kulit yang terjadi di negara-negara dengan iklim tropis seperti Indonesia karena memiliki tingkat kelembaban tinggi. Penggunaan obat antijamur sintetis seringkali menimbulkan efek samping yang tidak diinginkan seperti peningkatan resistensi. Oleh karena itu, penelitian tentang bahan alami yang memiliki aktivitas antijamur menjadi penting. Penelitian ini bertujuan untuk menguji aktivitas antijamur protein total daun kelor terhadap jamur *Candida albicans*. Tahapan dalam penelitian ini meliputi ekstraksi protein daun *M. oleifera* dengan menggunakan metode *salting in* dan *salting out*, peremajaan jamur, dan pengujian aktivitas antijamur menggunakan metode difusi sumuran. Uji kekuatan antijamur dilakukan secara kuantitatif di mana sampel yang digunakan adalah protein larut air dari daun *M. oleifera* dengan variasi konsentrasi 100 ppm, 300 ppm, 600 ppm, 900 ppm. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa ada perbedaan diameter daya hambat yang signifikan dalam pengaruh masing-masing variasi konsentrasi protein larut air. Hasil analisis statistik One Way Anova dan Duncan Multiple Range Test menunjukkan bahwa Konsentrasi protein larut air daun *M. oleifera* yang paling efektif untuk jamur *Candida albicans* 90 ppm dengan kategori kekuatan antijamur yang tergolong kuat.

Keywords: *Moringa oleifera*, Protein, Antijamur, *Candida albicans*.

ABSTRACT

One of the natural ingredients that grows fertile in the natural laboratory of UIN Fatmawati sukarno is Moringa oleifera. On the part of the leaf M. oleifera contains protein compounds in large amounts and potentially as an antifungal. Candida albicans is one of the causes of skin diseases that occur in countries with tropical climates such as Indonesia because of its high levels of humidity. The use of synthetic antifungal drugs often causes unwanted side effects such as increased resistance. Therefore, research on natural ingredients that have antifungal activity becomes important. The study aims to test the anti-fungal activity of the total bladder protein against the fungus Candida albicans. The stages in this study included the extraction of M. oleifera leaf protein using the salting in and salting out method, fungal rejuvenation, and the testing of antifungal activity using the well diffusion method. The test of antifungal strength was

carried out quantitatively in which the sample used was a water-soluble protein from the leaves of *M. oleifera* with concentration variations of 100 ppm, 300 ppm, 600 ppm, 900 ppm. The observation results showed that there were significant differences in the diameter of the barrier power in the influence of each variation in the concentration of water-soluble protein. The results of one-way Anova and Duncan Multiple Range Test statistical analysis showed that *M. oleifera* leaf-soluble protein concentration was most effective for *Candida albicans* fungi 900 ppm with a category of strong antifungal strength.

Keywords: *Moringa oleifera*, Protein, Antifungal, *Candida albicans* .

1. PENDAHULUAN

Bengkulu merupakan salah satu provinsi di Indonesia yang memiliki keanekaragaman hayati. Fakta ini didukung oleh iklim tropis dan kondisi geografi yang subur, sehingga memberikan peluang besar untuk peneliti dalam mengembangkan potensi yang dimiliki oleh suatu tumbuhan seperti kelor (*Moringa oleifera*). *Moringa oleifera*, atau yang lebih dikenal dengan sebutan kelor, adalah tanaman yang berasal dari daerah tropis dan subtropis. Tanaman ini digolongkan dalam jenis tumbuhan perdu yang tumbuh subur di laboratorium alam program studi Tadris IPA Universitas Islam Negeri Fatmawati Sukarno Bengkulu. Tumbuhan ini memiliki ukuran daun sebesar ujung jari, berbentuk bulat telur dan tersusun majemuk (Niaz and Khan 2020; Sari 2017). Pemanfaatan daun kelor masih terbatas pada daun mudanya sebagai menu lauk pauk. *Moringa oleifera* adalah tumbuhan yang kaya akan zat nutrisi dan senyawa bioaktif, termasuk protein. Daun termasuk bagian tumbuhan yang padat nutrisi. Tepung dari daun kelor mengandung kadar protein yang cukup tinggi yaitu sebesar 28, 7% protein kasar/total (Chuku, and Akani 2015; Mohamed et al. 2023; Teixeira et al. 2014).

Terdapat kelompok protein yang berinteraksi secara khas dengan karbohidrat spesifik yaitu protein larut air (Lal et al. 2023; Lam, S.K., & Ng 2011). Karbohidrat termasuk komponen utama pembentuk sel baik pada prokariot maupun eukariot. Ikatan yang terbentuk ini mengakibatkan perubahan permeabilitas membran sel. Membran sel berperan dalam menjaga komposisi ion-ion yang ada dalam sitoplasma untuk berfungsinya suatu sel. Perubahan permeabilitas membran sel menyebabkan terganggunya proses transport nutrisi dan terhambatnya aktivitas serta biosintesis enzim-enzim spesifik yang diperlukan dalam reaksi metabolisme. Hal ini mengakibatkan sel mengalami kekurangan nutrisi yang dibutuhkan dalam proses pertumbuhan yang lama-kelamaan menimbulkan lisis pada sel (Haryanto et al., 2014.; Stillwell, 2013). Sifat biologis protein larut air ini berpotensi untuk diteliti lebih lanjut sebagai antijamur.

Jamur mampu mengubah makhluk hidup dan benda mati menjadi sesuatu yang merugikan. Salah satu jamur yang berbahaya bagi kesehatan manusia yaitu *Candida albicans* adalah jamur berbentuk benang dan sporanya selalu ada di udara. Jamur tersebut salah satu penyebab dari timbulnya penyakit kulit yang terjadi di negara-

negara dengan iklim tropis, seperti Indonesia karena memiliki tingkat kelembaban tinggi. *Candida albicans* merupakan salah satu jenis jamur yang biasanya ditemukan pada tubuh manusia, terutama di mulut, saluran pencernaan, dan daerah genital. Namun, ketika sistem kekebalan tubuh melemah atau terdapat ketidakseimbangan mikroorganisme normal dalam tubuh, *Candida albicans* dapat berkembang biak secara berlebihan dan menyebabkan infeksi yang disebut kandidiasis.

Pengobatan konvensional untuk kandidiasis biasanya melibatkan penggunaan antijamur seperti fluconazole atau nystatin. Namun, penggunaan obat-obatan tersebut dapat memiliki efek samping dan dapat menyebabkan resistensi jamur terhadap obat. Penelitian yang telah dilakukan Morace Giulia, dkk (2014) menunjukkan bahwa kemampuan *Candida albicans* dapat mengalami peningkatan resistensi tingkat tinggi terhadap antijamur golongan azole seperti : fluconazole, itraconazole, posaconazole, dan voriconazole. Hal ini dapat menimbulkan kegagalan selama masa pengobatan dan menimbulkan beberapa masalah lainnya. Morace mencari alternatif pengobatan selain dengan antijamur golongan azole dapat pula diperoleh dari bahan lain yang lebih efektif dan aman, seperti: bahan alam. Pemilihan terapi dari bahan alam disamping lebih aman, dan memiliki efek samping yang relatif kecil juga lebih mudah diperoleh seperti daun *M. Oleifera*.

Sebelumnya, Charungchittrak et al. (2011) mengemukakan bahwa protein larut air dapat berfungsi sebagai antijamur yang mampu menghambat pertumbuhan jamur *Colletotrichum cassiicola*, *Exserohilum turcicum* and *Fusarium oxysporum*. Di sisi lain, hasil penelitian Sari (2015) menyimpulkan bahwa protein larut air pada biji kabau (*Archidendron microcarpum*) dapat menghambat pertumbuhan mikroba seperti bakteri gram positif dan negatif. Beberapa penelitian sebelumnya telah melaporkan aktivitas antimikroba dan antijamur dari berbagai komponen tumbuhan, termasuk proteinnya. Oleh karena itu, daun kelor memiliki potensi sebagai sumber bahan aktif yang dapat melawan infeksi jamur. Saat ini, penelitian dan pengembangan antijamur relatif lebih sedikit dibandingkan dengan antibakteri. Namun, sedikit informasi yang tersedia mengenai aktivitas antijamur dari protein total daun kelor terhadap *Candida albicans*. Sehingga latar belakang penelitian ini didasarkan pada kebutuhan untuk mencari alternatif pengobatan yang lebih alami dan efektif terhadap infeksi jamur *Candida albicans*. Oleh sebab itu peneliti tertarik untuk mengisolasi protein daun *M. oleifera*. dan mengetahui kekuatan penghambatan aktivitas jamur *Candida albicans*. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan pemahaman yang lebih baik tentang potensi penggunaan protein total daun kelor sebagai agen antijamur alami terhadap *Candida albicans* dan memiliki relevansi dalam bidang pengobatan dan dapat memberikan sumbangan baru dalam pengembangan terapi antijamur yang lebih baik, aman dan efektif.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Ekstraksi protein larut air daun kelor (*Moringa oleifera*)

Sampel daun kelor (*Moringa oleifera*) yang telah dipilih dan bersih ditimbang sebanyak 50 g Kemudian digiling hingga menjadi bubur serta dihomogenisasikan dalam

50 ml larutan *buffer tris* HCl pH 10 (metode *salting in*) dalam kondisi lingkungan dingin selama 24 jam. Homogenat disaring, cairan hasil saringan disentrifugasi dengan kecepatan 3500 rpm selama 15 menit dengan $T = 4^{\circ}\text{C}$. Pellet Hasil sentrifugasi tahap pertama dibuang dan supernatan diambil. Supernatan dipresipitasi dengan ammonium sulfat jenuh 70% (metode *salting out*) dengan perbandingan jumlah 1:1. Kemudian dilakukan sentrifugasi tahap kedua dengan kecepatan 13.500 rpm selama 30 menit dengan $T = 4^{\circ}\text{C}$. Pellet hasil sentrifugasi tahap kedua digunakan untuk uji aktivitas antijamur (Jahromy et al. 2010; Sari 2015).

2.2 Uji aktivitas antijamur

Tahapan ini meliputi sterilisasi pembuatan media agar, alat dan bahan, peremajaan jamur, uji aktivitas antijamur serta perhitungan diameter daya hambat (DDH). Adapun tahapannya sebagai berikut: Untuk pembuatan Media *Potato Dextrose Agar* (PDA) ditimbang Sebanyak 5 gram media PDA dimasukkan kedalam labu *Erlenmeyer pyrex* 250 ml, ditambahkan aquades hingga 125 ml. Selanjutnya alat dan bahan yang digunakan harus disterilkan terlebih dahulu agar terhindar dari kontaminasi. Proses sterilisasi menggunakan autoklaf (HY 230S HUNG YI) dengan suhu 127°C selama 30 menit dilanjutkan penyinaran UV di dalam *laminary air flow* (NU 126 300E).

Sebelum memulai pengujian, jamur diremajakan terlebih dahulu dengan menggunakan 3 ml garam fisiologi (NaCl 0,9%) steril pada tabung reaksi. Kemudian dibuat suspensi jamur yang ekuivalen dengan standar Mc Farland 0,5 atau setara $1,5 \times 10^8$ cfu /ml. Selanjutnya media cair jamur digoreskan diatas agar PDA yang telah memadat. Dibuat lubang/sumuran media agar pada cawan petri dengan menggunakan cork borer. Sampel uji yang digunakan yaitu protein larut air dengan 4 variasi konsentrasi (100 ppm, 300 ppm, 600 ppm, 900 ppm.), aquades sebagai kontrol negatif dan *ketoconazole* 300 ppm sebagai kontrol positif. Pada tiap sumuran diteteskkan sampel uji sebanyak 10 micron menggunakan mikropipet eppendorf. Kemudian diinkubasi dengan suhu 37°C selama 24 jam. Setelah itu dilakukan penghitungan DDH menggunakan vernier caliper dan Penghitungan DDH dilakukan tiga kali pada sudut pandang yang berbeda (Sari 2015; Zhao et al. 2023).

3. HASIL dan PEMBAHASAN

3.1 ekstraksi protein larut air daun kelor (*Moringa oleifera*)

Proses ekstraksi bertujuan memperoleh protein dari sampel biologis berupa daun *Moringa oleifera* dengan menggunakan pelarut berbasis air. Pada tahapan ini memiliki empat tahapan yaitu: persiapan sampel, pembuatan larutan ekstraksi, ekstraksi protein, dan penghilangan komponen nonprotein. Persiapan sampel daun *Moringa oleifera* sebelum ekstraksi melalui tahapan penggilingan, penghancuran, atau homogenisasi sampel untuk memecah struktur seluler dan membebaskan protein. Sampel yang telah dipersiapkan dicampur dengan larutan ekstraksi dan diinkubasi pada suhu dan waktu tertentu untuk memfasilitasi pelepasan protein dari matriks sampel.

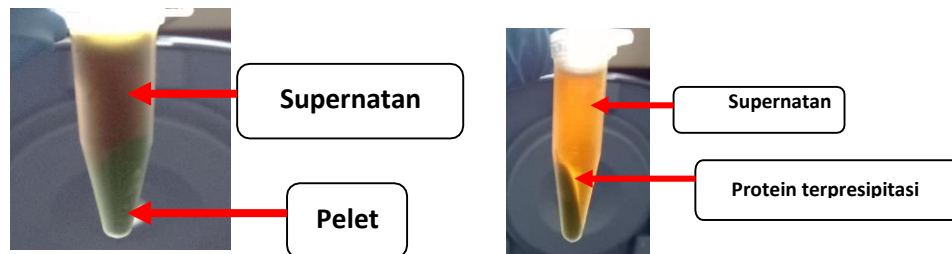
Pada tahap ini, interaksi protein dengan pelarut air memungkinkan protein terlarut masuk ke dalam larutan ekstraksi. larutan ekstraksi yang digunakan yaitu larutan

buffer tris HCl pH 10. Larutan tersebut merupakan larutan penyangga yang mengandung komponen bersifat larut dalam air dan sesuai dengan tujuan ekstraksi pada tahapan awal sentrifugasi pertama. Penggunaan larutan buffer dimaksudkan untuk menjaga pH selama proses lisis sel berlangsung sekaligus dapat mencegah aktivitas enzim pendegradasi protein dan mencegah perubahan pada molekul protein. Kondisi pH yang ekstrem dapat menyebabkan denaturasi dan menyebabkan proteolisis (sari, 2019) Pada sentrifugasi pertama dilakukan pemutaran sebesar 3500 rpm selama 15 menit untuk memisahkan pengotor yang masih terdapat pada larutan sampel. Hasil ekstrak yang diperoleh dari proses maserasi di atas masih berupa larutan keruh yang terdiri dari debris sel (bagian sel yang tidak hancur), organel-organel sel, dan makromolekul penyusun sel (diantaranya yaitu protein) yang kemudian bisa dipisahkan dengan sentrifugasi (Fearon 2014; Monova, Alexeev, and Kossekova 2010). Setelah ekstraksi, langkah-langkah tambahan dapat dilakukan untuk menghilangkan komponen nonprotein seperti lipid, asam nukleat, dan karbohidrat yang ada dalam sampel. Hal ini melibatkan pengendapan menggunakan larutan jenuh yaitu larutan ammonium sulfat 70%. Metode *salting out* dapat digunakan untuk memisahkan protein berdasarkan kelarutannya dengan adanya konsentrasi garam yang tinggi (Duong-Ly and Gabelli 2014; Mariam et al. 2015).

Larutan pada tahap kedua ini memiliki konsentrasi yang tinggi, maka kekuatan ionik garam semakin kuat sehingga garam lebih dapat mengikat molekul air. Dengan demikian, tidak cukup banyak air yang terikat pada protein sehingga gaya tarik menarik antar molekul protein lebih menonjol dibandingkan dengan tarik menarik antara air dan protein. Dalam kondisi seperti itu protein akan mengendap. Selain itu setiap jenis protein mempunyai kelarutan yang berbeda pada amonium sulfat jenuh. Hal ini dapat menspesifikasi jenis protein yang diperoleh. Protein globulin akan mengendap sebagai pelet dan protein albumin terlarut dalam garam amonium sulfat sebagai supernatan. Kecepatan pemutaran sentrifugasi tahap kedua lebih tinggi dan lebih lam waktunya dibandingkan tahap sebelumnya yaitu 13.500 rpm selama 30 menit. Hal ini bertujuan untuk memisahkan protein terpresipitasi dengan larutannya. Pada penelitian charungchitrak, 2011 menggunakan larutan ammonium sulfat yang lebih tinggi yaitu 90% dalam penelitian protein lektin dari biji *Archidendron jiringa* Nielsen sebagai

Setiap proses ekstraksi sampel dikondisikan dalam suasana dingin yakni 4°C. Salah satu dasar pertimbangannya ialah hasil penelitian Sudjadi *et al.* (2004) yang menyatakan bahwa perlakuan protein uji pada suhu 4 °C lebih stabil dibandingkan pada suhu yang lebih tinggi.. Sehingga metode ini mampu mempertahankan kualitas protein daun *M. oleifera*. Hasil akhir ekstraksi protein daun *M. oleifera* pada penelitian ini diperoleh rendemen sebesar 12,44 %. Hasil ini lebih banyak bila dibandingkan dengan laporan Yaméogo *et al.*, 2011 yang menyatakan bahwa dalam 100 gram daun segar diperoleh sebanyak 11,9 g protein dan laporan Abbas *et al.*, 2018 yang memperoleh protein sebanyak 8,1 g/100 g bahan. Tetapi lebih sedikit bila dibandingkan dengan hasil yang diklaim oleh Moyo *et al.*, 2011 yang mencapai 30,3%. Jika diamati lebih jauh, perbedaan yang cukup signifikan ini boleh jadi disebabkan oleh perbedaan perlakuan pada saat preparasi sampel yang digunakan. Moyo *et al.* (2011) menggunakan sampel daun yang telah kering, sementara pada penelitian ini digunakan sampel segar (basah).

Penelitian ini diperoleh informasi mengenai metode yang digunakan untuk ekstraksi protein larut air pada sampel secara efisien dan akurat dan sangat penting untuk memperoleh protein yang mewakili komponen aktif yang ada dalam daun *Moringa oleifera*. Setelah proses ekstraksi protein larut air selesai, ekstrak yang diperoleh dapat dianalisis uji aktivitas antijamur.



Gambar 1. Hasil Sentrifugasi (a) tahap pertama (b) tahap kedua

3.2 Uji aktivitas antijamur

Dalam penelitian ini, dilakukan pengujian daya hambat aktivitas jamur *Candida albicans* menggunakan metode difusi sumuran. Metode ini relatif sederhana dan mudah dilakukan di laboratorium dengan peralatan yang umum tersedia. Metode difusi sumuran tidak memerlukan bahan atau peralatan khusus yang mahal. Selain itu Teknik difusi sumuran memiliki tingkat reproduktibilitas yang tinggi. Ketika dilakukan dengan benar, metode ini menghasilkan zona hambat yang jelas dan konsisten pada media agar, yang memungkinkan penilaian yang akurat terhadap aktivitas antijamur suatu senyawa.

Hasil penelitian menunjukkan adanya daerah hambat aktivitas antijamur disekitar lubang pada tiap konsentrasi protein daun *Moringa oleifera*. Sedangkan pada kontrol negatif yaitu aquades tidak memperlihatkan adanya daerah hambat. Hal tersebut membuktikan bahwa pelarut tidak berpengaruh terhadap aktivitas antijamur, sehingga aktivitas hanya berasal dari larutan uji dan bukan dari pelarut yang dipakai. aquades digunakan sebagai kontrol negatif dengan tujuan untuk mengencerkan konsentrasi protein *M. oleifera* dan pelarutan sampel daun pada tahap sentrifugasi yang pertama. Pada kontrol positif menggunakan antibiotik ketokonazol golongan azole dengan konsentrasi 300 ppm yang dapat menghambat pertumbuhan jamur *Candida albicans* yang menginfeksi area kulit, rambut, kuku, dan bagian tubuh lainnya.

Rata-rata pengukuran diameter daya hambat menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi protein larut air daun *M. oleifera* yang digunakan akan semakin besar pula DDH yang terukur. Hal ini menunjukkan semakin besar pula daerah yang bebas dari pertumbuhan jamur. Penelitian ini sesuai dengan pernyataan Abad (2023) bahwa semakin tinggi konsentrasi suatu bahan antimikroba maka aktivitas antimikrobanya semakin besar pula daerah daya hambatnya. Hasil pengukuran DDH yang diperoleh, dianalisis menggunakan *One Way Anova* yang menunjukkan tiap perlakuan berbeda secara signifikan terhadap DDH maka dilanjutkan uji *Post Hoc Multiple Comparisons* yaitu *DMRT*. Berikut hasil analisis statistik tiap konsentrasi sampel uji yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada tabel 3.1.

Tabel 1. Diameter Daya Hambat jamur *C. albicans*

No	Perlakuan	Ulangan	Rata-rata (mm)	Standar deviasi	Uji duncan	keterangan
1	Protein larut air 100 ppm	3	10.30	0.15	a	kuat
2	Protein larut air 300 ppm	3	10.66	0.26	a	kuat
3	Protein larut air 600 ppm	3	10.88	0.16	a	kuat
4	Protein larut air 900 ppm	3	12.41	0.47	b	kuat
5	Ketokonazol 300 ppm	3	24.45	0.39	c	Sangat kuat

Hasil penelitian menunjukkan bahwa protein daun *Moringa oleifera* memiliki aktivitas antijamur terhadap *Candida albicans*. Hal ini dapat dilihat dari penghambatan pertumbuhan jamur yang signifikan setelah diberi perlakuan berbagai variasi konsentrasi protein larut air daun *M.oleifera* tersebut. Hal ini menunjukkan bahwa protein daun *Moringa oleifera* memiliki efek antijamur yang kuat terhadap *Candida albicans*. Penemuan ini sangat penting dalam bidang kedokteran, karena *Candida albicans* merupakan salah satu penyebab infeksi jamur pada manusia. Dengan adanya protein daun *Moringa oleifera* sebagai agen antijamur potensial, dapat membantu dalam pengembangan obat-obatan baru untuk mengatasi infeksi jamur tersebut.

Berdasarkan hasil uji duncan terlihat pengaruh konsentrasi protein larut air 100 ppm sama dengan konsentrasi 300 ppm, dan 600 ppm. Sedangkan konsentrasi protein larut air 900 ppm berbeda nyata dengan ketokonazol 300 ppm dan ketiga variasi konsentrasi protein larut air sebelumnya. DDH tiap variasi konsentrasi protein larut air termasuk dalam kategori kekuatan antijamur yang kuat sedangkan ketokonazol tergolong dalam kategori antijamur yang sangat kuat. Antijamur dikatakan mempunyai aktivitas yang tinggi bila pada kadar sampel yang rendah tetapi mempunyai daya hambat yang besar (Ningsih, 2017) Sehingga konsentrasi protein larut air yang efektif dalam menghambat jamur *C. Albicans* yaitu konsentrasi 900 ppm.

Protein daun *Moringa oleifera* mempunyai berbagai mekanisme penghambatan terhadap sel jamur. Djunaedy (2008) menyatakan bahwa senyawa antijamur memiliki mekanisme kerja dengan cara merusak membran sel jamur, menetralkan enzim yang terkait dalam invasi jamur, menghambat sistem enzim jamur sehingga mengganggu terbentuknya ujung hifa dan mempengaruhi sintesis asam nukleat. Terdapat beberapa protein larut air pada daun *Moringa oleifera* yang memiliki kemampuan dalam menghambat pertumbuhan sel jamur yaitu *Chitinase*, *Lektin Moringa (MOL)*, *Moringin*, *defensin-like protein*, *Protease inhibitor*. Senyawa tersebut memiliki tiga metode mekanisme dalam menghambat aktivitas jamur *Candida albicans* antara lain gangguan struktur sel, penghambatan enzimatis, pemicu respons imun, kerusakan dna.

Senyawa chitinase merupakan enzim yang memiliki kemampuan dalam menguraikan polisakarida spesifik yaitu kitin. Kitin adalah polimer kompleks yang terdiri dari unit-unit N-acetylglucosamine (GlcNAc) yang terikat bersama melalui ikatan β -(1,4)-glukosidik. kitin termasuk bagian komponen penting dan utama dalam dinding sel jamur seperti *Candida albicans*. Dinding sel jamur memiliki struktur yang

kuat dan melindungi sel jamur dari tekanan osmotik, kerusakan mekanik, dan serangan patogen. Kitin memberikan kekuatan dan ketahanan mekanik pada dinding sel jamur karena sifatnya yang keras dan tahan terhadap enzim hidrolitik. Dalam dinding sel jamur, kitin terikat dengan komponen lain seperti glukukan dan protein, membentuk matriks yang kompleks dan terstruktur. Selain itu, kitin juga berperan dalam regulasi pertumbuhan dan perkembangan jamur, pembentukan hifa, pembentukan struktur seperti septum (pembatas antar sel), dan interaksi dengan lingkungan sekitar.

Proses pemecahan kitin dalam dinding sel jamur umumnya melibatkan enzim chitinase yang memutus ikatan β -(1,4)-glukosidik pada kitin. Enzim kitinase memainkan peran penting dalam pertahanan jamur terhadap patogen, sumber nutrisi, dan pertumbuhan hifa. Dikarenakan fungsi dari kitin yaitu memberikan kekuatan struktural pada dinding sel jamur. dinding sel yang rusak oleh enzim chitinase tidak dapat mempertahankan tekanan osmotik yang diperlukan untuk pertumbuhan sel jamur. Akibatnya, sel jamur mengalami perubahan integritas, permeabilitasnya, dan kebocoran zat-zat penting, terganggunya transportasi nutrisi, sehingga mengalami dehidrasi dan terhambat proses pertumbuhan serta replikasinya. Selain itu Chitinase juga dapat berperan dalam merangsang respons imun tubuh terhadap infeksi jamur. Produk degradasi kitin dapat berfungsi sebagai sinyal molekuler yang memicu aktivasi sel-sel imun, seperti makrofag dan sel dendritik, untuk mengenali dan menghancurkan *Candida albicans*. Mekanisme chitinase dalam menghambat *Candida albican* dapat bergantung pada kehadiran dan aktivitas enzim tersebut (Cruz, 2023; K.S et al., 2020; Kumar et al., 2023).

Studi luas selama tiga dekade terakhir tentang chitinase telah dilakukan oleh banyak laboratorium (Deng et al. 2023; Yan, Q., & Fong 2015), sebagian besar karena sifat antifungal dari chitinases. Dalam hal ini, mikrobiologi produksi chitinase telah menarik perhatian di seluruh dunia (Okongo et al. 2019; Veliz, E. A., Martínez-Hidalgo, P., & Hirsch 2017; Wang et al. 2023). Selain chitinase terdapat juga lektin yang menjadi salah satu bagian protein larut air pada kandungan daun *moringa oleifera*. *Moringa oleifera* lektin (MOL) memiliki struktur tersier yang mirip dengan legumin, yaitu protein penyimpanan biji yang umum ditemukan pada tumbuhan. Struktur MOL terdiri dari dua subunit identik yang terhubung oleh ikatan disulfida. Setiap subunit terdiri dari beberapa domain yang membentuk lipatan β -sheet dan heliks α . MOL memiliki afinitas terhadap gula atau karbohidrat tertentu.

Lektin ini terutama mengikat gula-gula kompleks MOL mempunyai situs pengikatan gula yang spesifik, yang memungkinkan interaksi yang kuat antara lektin dan karbohidrat. Lektin dapat membentuk ikatan dengan gugus karbohidrat spesifik pada membran sel jamur yaitu glikoprotein. Glikoprotein terletak pada permukaan sel jamur, mengandung rantai polisakarida mannan yang terikat pada inti protein, berperan dalam pengenalan dan interaksi dengan lingkungan. Ikatan yang terbentuk ini mengakibatkan perubahan permeabilitasnya dan menimbulkan gangguan pada struktur dan fungsi membran sel. Membran sel berperan melindungi isi sel dan mengatur keluar masuknya molekul-molekul yang berguna untuk mempertahankan kehidupan sel

(Alfiah, Khotimah, and Turnip 2015; Arasu et al. 2021). Perubahan permeabilitas membran sel menyebabkan enzim –enzim spesifik tidak dapat bekerja sehingga mengganggu metabolisme dan proses penyerapan nutrisi oleh jamur. Hal ini mengakibatkan sel jamur mengalami kekurangan nutrisi untuk proses pertumbuhan, sehingga lama-kelamaan membran sel akan mengalami lisis.



Gambar 2. Pengaruh protein larut air *M. oleifera* terhadap Diameter Daya Hambat jamur *C. albicans*

Perbedaan utama antara protein total daun kelor dan obat antijamur adalah sumbernya. Protein total daun kelor berasal dari tumbuhan alami, sedangkan obat-obatan biasanya merupakan produk sintesis atau semisintesis. Selain itu, penggunaan protein total daun kelor juga dapat memberikan manfaat tambahan bagi kesehatan, karena daun kelor mengandung banyak nutrisi penting. Obat sintesis ketokonazol digunakan sebagai kontrol positif, merupakan obat paten komersial, menunjukkan efek antijamur yang kuat terhadap jenis jamur yang diuji.

Ketokonazol adalah obat yang termasuk dalam kelas azol, yang digunakan untuk mengobati infeksi jamur pada kulit, rambut, dan kuku. Ini adalah agen antijamur yang efektif melawan berbagai jenis jamur, termasuk jamur dermatofit (misalnya, *Trichophyton*, *Microsporum*) dan jamur ragi (misalnya, *Candida*). Ketokonazol menghambat sintesis ergosterol, komponen penting dalam membran sel jamur. Ini dilakukan dengan menghambat enzim sitokrom P450 yang terlibat dalam jalur biosintesis ergosterol. Ergosterol merupakan komponen sterol yang sangat penting dan sangat mudah diserang oleh antibiotik turunan polien. Kompleks polien-ergosterol yang terjadi dapat membentuk suatu pori dan melalui pori tersebut konstituen esensial sel jamur seperti ion K, fosfat anorganik, asam karboksilat, asam amino dan ester fosfat bocor keluar hingga menyebabkan kematian sel jamur. Hal ini menyebabkan perubahan struktural dalam membran, melemahkan integritas membran sel, dan mengganggu fungsi normal sel jamur. Selain itu, penurunan ergosterol juga dapat menyebabkan peningkatan permeabilitas membran, yang memungkinkan zat-zat penting keluar dari sel jamur dan zat-zat berbahaya masuk ke dalamnya. Penghambatan biosintesis ergosterol dalam sel jamur ini merupakan mekanisme yang disebabkan oleh senyawa turunan imidazol karena mampu menimbulkan ketidakaturan membran sitoplasma jamur dengan cara mengubah permeabilitas membran dan mengubah fungsi membran dalam proses pengangkutan senyawa – senyawa esensial yang dapat menyebabkan ketidakseimbangan metabolik sehingga menghambat pertumbuhan atau menimbulkan kematian sel jamur (Bhattacharya et al. 2023; Hakim Hidayat et al. 2022; Lei et al. 2022; Marquez et al. 2023; de Souza et al. 2023).

Ketokonazol digunakan untuk mengobati berbagai infeksi jamur kulit, rambut, dan kuku, termasuk *tinea corporis* (kurap), *tinea cruris* (kurap selangkangan), *tinea pedis* (kurap kaki), *candidiasis* kulit, *pityriasis versicolor*, dan infeksi jamur pada kuku. Ketokonazol tersedia dalam berbagai bentuk sediaan, termasuk krim, losion, sampo, dan tablet. Sediaan topikal biasanya digunakan untuk infeksi kulit dan rambut, sementara tablet dikonsumsi untuk infeksi yang lebih luas atau infeksi yang sulit dijangkau oleh pengobatan topikal. Penggunaan ketokonazol dapat menyebabkan efek samping seperti iritasi kulit, kemerahan, gatal-gatal, atau rasa terbakar di area penggunaan. Efek samping sistemik yang jarang terjadi meliputi gangguan fungsi hati, gangguan hormonal (seperti penurunan kadar hormon seks), atau reaksi alergi. Penting untuk segera menghubungi dokter jika muncul efek samping yang tidak diinginkan. Beberapa kondisi medis atau penggunaan obat lain dapat mempengaruhi penggunaan ketokonazol. Misalnya, penggunaan obat ini mungkin tidak disarankan bagi individu dengan penyakit hati atau riwayat masalah hati. Juga, interaksi obat dapat terjadi dengan obat lain, termasuk obat yang mempengaruhi enzim hati atau obat yang berinteraksi dengan ergosterol.

Sebagian besar penelitian antimikroba diawali dengan penelitian antibakteri, hal ini dikarenakan sel bakteri memiliki dinding sel yang berbeda dari jamur. Dinding sel bakteri terdiri dari peptidoglikan, sementara dinding sel jamur mengandung kitin. Perbedaan struktur sel ini dapat mempengaruhi interaksi dengan senyawa uji. Perbedaan struktural dan biologis yang dimiliki oleh jamur dan bakteri menyebabkan proses pengujian aktivitas anti jamur menjadi lebih kompleks dan membutuhkan pendekatan yang berbeda. Penelitian sebelumnya telah banyak mengarahkan fokus pada senyawa metabolit sekunder sebagai antijamur dan telah menghasilkan banyak penemuan penting. Seiring dengan perkembangan teknologi dan pengetahuan, penelitian lebih cenderung mengikuti jejak yang sudah ada dan melanjutkan eksplorasi pada senyawa metabolit sekunder.

Sementara itu, penelitian yang berfokus pada penggunaan protein sebagai agen antijamur mungkin masih dalam tahap awal dan membutuhkan lebih banyak upaya dan penelitian untuk mengidentifikasi dan memvalidasi protein dengan potensi antijamur. Selain itu terdapat beberapa penyebab minimnya kajian penelitian bahan senyawa metabolit protein seperti protein sebagai agen anti jamur. Penelitian menggunakan protein sebagai agen antijamur biasanya lebih kompleks dan membutuhkan sumber daya yang lebih besar dibandingkan dengan penelitian menggunakan senyawa metabolit sekunder. Isolasi, produksi, dan karakterisasi protein dapat melibatkan proses yang rumit dan mahal, seperti rekombinasi DNA, ekspresi protein, dan purifikasi protein. Protein sebagai target molekuler untuk pengembangan antijamur sering kali memiliki mekanisme aksi yang lebih kompleks dan spesifik (Giner-Llorca et al. 2023; Hajdu et al. 2019; Lei et al. 2022; Mohid et al. 2022; Prajapati et al. 2021).

Dalam banyak kasus, protein yang menjadi target antijamur adalah enzim atau faktor regulasi dalam jalur biokimia jamur. Pada penelitian mudgil (2022) menggunakan enzim alkalase dan protease, kedua enzim tersebut berasal dari protein

hewani berupa susu hewan mamalia yaitu unta dan sapi. Penelitian tersebut menunjukkan aktivitas antijamur terhadap penghambatan pertumbuhan spesies patogen *Candida*. Studi dan pemahaman yang mendalam tentang fungsi protein tersebut dibutuhkan untuk merancang senyawa yang efektif dalam menghambat atau merusak aktivitas jamur. Hal ini dapat membutuhkan penelitian yang lebih intensif dan waktu yang lebih lama. Beberapa senyawa metabolit sekunder yang dihasilkan oleh organisme alami cenderung memiliki tingkat keamanan yang lebih tinggi dan lebih sedikit efek samping negatif daripada senyawa sintesis atau protein yang dihasilkan secara rekombinan. Ini membuat senyawa metabolit sekunder menjadi kandidat yang menarik untuk penelitian sebagai agen antijamur potensial (Amir et al. 2023; Dewayanti 2022; Oliveira Filho et al. 2021; Zhu et al. 2023).

Meskipun penelitian tentang senyawa metabolit sekunder sebagai antijamur telah banyak dilakukan, penelitian menggunakan protein sebagai agen antijamur juga tetap penting. Karena protein sebagai senyawa metabolit primer tentunya dimiliki oleh setiap tumbuhan. Protein merupakan komponen utama dalam sel-sel tanaman dan berperan dalam berbagai proses biologis hal ini berbeda dengan senyawa metabolit sekunder yang spesifik terhadap jenis tanaman, kondisi tumbuh, musim, dan lingkungan. Penelitian protein total sebagai agen anti jamur menjadi dasar dalam upaya untuk mengatasi masalah infeksi jamur dan mencari alternatif pengobatan atau pengawetan bahan makanan serta industri lainnya dibidang pencegahan aktivitas jamur yang efektif. Kedua bidang penelitian ini saling melengkapi dan dapat berkontribusi pada perkembangan obat-obatan yang lebih baik untuk mengatasi infeksi jamur dan pengembangan terapi baru di masa depan.

4. KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa protein daun *Moringa oleifera* memiliki aktivitas antijamur terhadap *Candida albican*. Aktivitas protein larut air daun *Moringa oleifera* sebagai antijamur melalui metode difusi rata-rata memberikan perbedaan daya hambat yang signifikan. Berdasarkan hasil uji duncan terlihat pengaruh konsentrasi protein larut air 100 ppm (10.30 mm) sama dengan konsentrasi 300 ppm (10.66 mm), dan 600 ppm (10.88 mm). Sedangkan konsentrasi protein larut air 900 ppm (12.41 mm) berbeda nyata dengan ketokonazol 300 ppm dan ketiga variasi konsentrasi protein larut air sebelumnya. DDH tiap variasi konsentrasi protein larut air termasuk dalam kategori kekuatan antijamur yang kuat. Sehingga konsentrasi protein larut air daun *M. oleifera* yang paling efektif untuk jamur *Candida albicans* 900 ppm dengan kategori kekuatan antijamur yang tergolong kuat. Dengan adanya protein daun *Moringa oleifera* sebagai agen antijamur potensial, dapat membantu dalam pengembangan obat-obatan baru untuk mengatasi infeksi jamur tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

Alfiah, Raniyanti Rieska, Siti Khotimah, and Masnur Turnip. 2015. "Efektivitas Ekstrak Metanol Daun Sembung Rambat (*Mikania Micrantha* Kunth) Terhadap

- Pertumbuhan Jamur *Candida Albicans*.” *Jurnal Protobion* 4(1): 52–57.
- Amir, Mohammad et al. 2023. “Adaptogenic Herbs: A Natural Way to Improve Athletic Performance.” *Health Sciences Review* 7(January): 100092. <https://doi.org/10.1016/j.hsr.2023.100092>.
- Arasu, Abirami et al. 2021. “Impact and Fungitoxic Spectrum of *Trachyspermum Ammi* against *Candida Albicans*, an Opportunistic Pathogenic Fungus Commonly Found in Human Gut That Causes Candidiasis Infection.” *Journal of Infection and Public Health* 14(12): 1854–63. <https://doi.org/10.1016/j.jiph.2021.09.027>.
- Bhatia, Varnika, Prem L. Uniyal, and Ramcharan Bhattacharya. 2011. “Aphid Resistance in Brassica Crops: Challenges, Biotechnological Progress and Emerging Possibilities.” *Biotechnology Advances* 29(6): 879–88. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biotechadv.2011.07.005>.
- Bhattacharya, Riya et al. 2023. “Bioenhancer Potential of *Aegle Marmelos* (L.) Corrêa Essential Oil with Antifungal Drugs and Its Mode of Action against *Candida Albicans*.” *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology* 48(January): 102647. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2023.102647>.
- Charungchitrak, Sarinya, Amorn Petsom, Polkit Sangvanich, and Aphichart Karnchanatat. 2011. “Antifungal and Antibacterial Activities of Lectin from the Seeds of *Archidendron Jiringa* Nielsen.” *Food Chemistry* 126(3): 1025–32. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.11.114>.
- Chuku, E. C., O. S. Chuku, and N. P. Akani. 2015. “Field Diseases and The Effect of Varying Temperatures on the Nutrient Composition of *Moringa* (*Moringa Oleifera* Lam).” *IIARD International Journal of Geography and Environmental Management* 1(8): 1–11.
- Cruz-Martín, M., Rocha, E., Acosta-Suárez, M., Pichardo, T., Rodríguez, E., Roque, B., & Alvarado-Capó, Y. 2023. “Role of *Bacillus Pumilus* Chitinases in Antifungal Activity against *Pseudocercospora Fijiensis* Morelet.” *Journal of Natural Pesticide Research* 3(100019).
- Deng, Chen, Mengxuan Zhao, Qiong Zhao, and Liming Zhao. 2023. “Advances in Green Bioproduction of Marine and Glycosaminoglycan Oligosaccharides.” *Carbohydrate Polymers* 300(October 2022): 120254. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2022.120254>.
- Dewayanti, Wahyu. 2022. “Efektivitas Kunyit (*Curcuma Longa* Linn) Sebagai Anti Jamur.” *Jurnal Medika Hutama* 03(02): 2019–24. <http://jurnalmedikahutama.com/index.php/JMH/article/view/404>.
- Duong-Ly, Krisna C., and Sandra B. Gabelli. 2014. 541 *Methods in Enzymology Salting out of Proteins Using Ammonium Sulfate Precipitation*. 1st ed. Elsevier Inc. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-420119-4.00007-0>.
- Fearon, Wiliam Robert. 2014. “The Subject-Matter of Biochemistry.” *An Introduction to Biochemistry*: 1–6.
- Giner-Llorca, Moisés et al. 2023. “Rationally Designed Antifungal Protein Chimeras Reveal New Insights into Structure-Activity Relationship.” *International Journal of Biological Macromolecules* 225(November 2022): 135–48.
- Hajdu, Dorottya et al. 2019. “Solution Structure and Novel Insights into Phylogeny and Mode of Action of the *Neosartorya* (*Aspergillus*) *Fischeri* Antifungal Protein (NFAP).” *International Journal of Biological Macromolecules* 129: 511–22. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.02.016>.
- Hakim Hidayat, Lukman, Naufal Fadhli Hardickdo, Viranda Sutanti, and Nenny

- Prasetyaningrum. 2022. "Uji Efektivitas Ekstrak Etanol Kecambah Kacang Hijau (Vigna Radiata) Sebagai Antifungi Terhadap Candida Albicans SECARA IN VITRO." *E-Prodenta Journal of Dentistry* 6(1): 566–72.
- Haryanto, H., dan Muslim, C. *Buku Ajar Membran Biologi; Struktur Dan Fungsi*.
- Jahromy, M. Hadipour, S. Khakpour, M. Hadipour Jahromy, and A. Najafi. 2010. "Antibacterial Effects of Humulus Lupulus L. Extract on Topical Staphylococcal Infection in BALB/c Mice Cornea." *International Journal of Infectious Diseases* 14(Icid): e335.
- K.S, Rishad, Sherin Varghese, and Jisha M.S. 2020. "Sequence Analysis and Docking Performance of Extracellular Chitinase from Bacillus Pumilus MCB-7, a Novel Mangrove Isolate." *Enzyme and Microbial Technology* 140(June): 109624. <https://doi.org/10.1016/j.enzmictec.2020.109624>.
- Kumar, Kanchan et al. 2023. "Seed Vectored Bacterial Endophyte Bacillus Pumilus Protect Sorghum (Sorghum Bicolor L.) Seedlings from a Fungal Pathogen Rhizoctonia Solani." *Biological Control* 183(April): 105249. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2023.105249>.
- Lal, Diwya Kumar et al. 2023. "Lectin: A Carbohydrate Binding Glycoprotein and Its Potential in Wound Healing." *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre* 30(December 2022): 100379. <https://doi.org/10.1016/j.bcdf.2023.100379>.
- Lam, S.K., & Ng, T.B. 2011. "Lectins: Production and Practical Applications." *Appl Microbiol Biotechnol* 8(9): 45–55.
- Lei, Junwen et al. 2022. "Antifungal Activity of Vitamin D3 against Candida Albicans in Vitro and in Vivo." *Microbiological Research* 265(September): 127200. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2022.127200>.
- Mariam, S. H.S. et al. 2015. "Purification of Rabbit Polyclonal Immunoglobulin G with Ammonium Sulphate Precipitation and Mixed-Mode Chromatography." *Separation and Purification Technology* 144: 133–38. <http://dx.doi.org/10.1016/j.seppur.2015.02.012>.
- Marquez, L. et al. 2023. "1011 Potent Antifungal Activity of Pentagalloyl Glucose against Drug-Resistant Candida Albicans, Candida Auris, and Other Non-Albicans Candida Species." *Journal of Investigative Dermatology* 143(5): S173. <https://doi.org/10.1016/j.jid.2023.03.1022>.
- Mohamed, Mona et al. 2023. "Moringa Oleifera as a Natural Alternative for the Control of Gastrointestinal Parasites in Equines : A Review." : 1–18.
- Mohid, Sk Abdul et al. 2022. "Structural Insights into the Interaction of Antifungal Peptides and Ergosterol Containing Fungal Membrane." *Biochimica et Biophysica Acta - Biomembranes* 1864(10): 183996. <https://doi.org/10.1016/j.bbamem.2022.183996>.
- Monova, Tanya, Alexey Alexeev, and Ganka Kossekova. 2010. "Virtual Models for Interactive E-Learning in Medical Biochemistry." *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 2(2): 1493–97. <http://dx.doi.org/10.1016/j.sbspro.2010.03.224>.
- Niaz, Kamal, and Fazlullah Khan. 2020. Recent Advances in Natural Products Analysis *Analysis of Polyphenolics*. Elsevier Inc. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-816455-6.00003-2>.
- Okongo, Ruth Nyanduko et al. 2019. "Comparative Biocontrol Ability of Chitinases from Bacteria and Recombinant Chitinases from the Thermophilic Fungus Thermomyces Lanuginosus." *Journal of Bioscience and Bioengineering* 127(6):

- 663–71. <https://doi.org/10.1016/j.jbiosc.2018.11.007>.
- Oliveira Filho, Josemar Gonçalves de et al. 2021. “Curcumin: A Multifunctional Molecule for the Development of Smart and Active Biodegradable Polymer-Based Films.” *Trends in Food Science and Technology* 118(November): 840–49.
- Prajapati, Jignesh et al. 2021. “Unravelling the Antifungal Mode of Action of Curcumin by Potential Inhibition of CYP51B: A Computational Study Validated in Vitro on Mucormycosis Agent, *Rhizopus Oryzae*.” *Archives of Biochemistry and Biophysics* 712(August): 109048. <https://doi.org/10.1016/j.abb.2021.109048>.
- Sari, Meirita. 2015. “Isolasi Protein Larut Air Biji Kabau (*Archidendron Microcarpum*) Dan Uji Aktivitas Antibakteri Serta Implementasinya Sebagai Modul Pembelajaran Koba.” *Jurnal Pendipa* 2(3).
- . 2017. “Koagulan Alami Dari Serbuk Biji Kelor (*Moringa Oleifera*) Terhadap Limbah Cair Industri Tahu.” *Jurnal Agritepa* (4): 1.
- de Souza, Patricia Canteri et al. 2023. “Production of IgY against Iron Permease Ftr1 from *Candida Albicans* and Evaluation of Its Antifungal Activity Using *Galleria Mellonella* as a Model of Systemic Infection.” *Microbial Pathogenesis* 181(June).
- Stillwell, William. 2013. An Introduction to Biological Membranes *Introduction to Biological Membranes*. Europe.
- Teixeira, E. M. B. et al. 2014. “Chemical Characteristics and Fractionation of Proteins from *Moringa Oleifera* Lam. Leaves.” *Food Chemistry* 147: 51–54.
- Veliz, E. A., Martínez-Hidalgo, P., & Hirsch, A. M. 2017. “Chitinase-Producing Bacteria and Their Role in Biocontrol.” *AIMS microbiology* 6(6): 689.
- Wang, Jiu Le et al. 2023. “Synergic Chitin Degradation by *Streptomyces* Sp. SCUT-3 Chitinases and Their Applications in Chitinous Waste Recycling and Pathogenic Fungi Biocontrol.” *International Journal of Biological Macromolecules* 225(September 2022): 987–96. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2022.11.161>.
- Yan, Q., & Fong, S. S. 2015. “Bacterial Chitinase: Nature and Perspectives for Sustainable Bioproduction.” *Bioresources and Bioprocessing* 2(1): 1–19.
- Zhao, Li et al. 2023. “Network Pharmacology, a Promising Approach to Reveal the Pharmacology Mechanism of Chinese Medicine Formula.” *Journal of Ethnopharmacology* 309(February): 116306. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2023.116306>.
- Zhu, Linjiang et al. 2023. “Tetrahydrocurcumin as a Stable and Highly Active Curcumin Derivative: A Review of Synthesis, Bioconversion, Detection and Application.” *Food Bioscience* 53(December 2022): 102591. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2023.102591>.
- Abad, A. V., Manzanares, P., Marcos, J. F., & Martínez-Culebras, P. V. (2023). The *Penicillium digitatum* antifungal protein PdAfpB shows high activity against mycobiota involved in sliced bread spoilage. *Food microbiology*, 109, 104142.
- Abbas R.K., Elsharbasy F.S., & Fadlelmula A.A. 2018. Nutritional values of *Moringa oleifera*, total protein, amino acid, vitamins, minerals, carbohydrates, total fat and crude fiber, under the semi-arid conditions of sudan. *Journal of Microbial & Biochemical Technology*, 10(2): 56-58.

- Alfiah, R. R., Khotimah, S., Turnip, M. 2015. Efektivitas Ekstrak Metanol Daun Sembung Rambat (*Mikania micrantha* Kunth) Terhadap Pertumbuhan Jamur *Candida albicans*. *Jurnal Protobiont*, 4(1).
- Baynes J.W., Dominiczak M.H. 2014. *Medical biochemistry (4th ed.)*. Columbia: Saunders Elsevier
- Charungchitrak, S., Petsom, A., Sangvanich, P., & Karnchanatat, A. (2011). Antifungal and antibacterial activities of lectin from the seeds of *Archidendron jiringa* Nielsen. *Food chemistry*, 126(3), 1025-1032.
- Cruz-Martín, M., Rocha, E., Acosta-Suárez, M., Pichardo, T., Rodríguez, E., Roque, B., & Alvarado-Capó, Y. (2023). Role of *Bacillus pumilus* chitinases in antifungal activity against *Pseudocercospora fijiensis* Morelet. *Journal of Natural Pesticide Research*, 3, 100019.
- Dewayanti, W. (2022). Efektivitas Kunyit (*Curcuma longa* linn) sebagai Anti Jamur. *Jurnal Medika Hutama*, 3(02): 2019-2024.
- Djunaedy, A. 2008. Aplikasi Fungisida Sistemik dan Pemanfaatan Mikoriza dalam Rangka Pengendalian Patogen Tular Tanah pada Tanaman Kedelai (*Glycine max* L.). *Embryo*, 5(2).
- Duong-Ly K.C., Gabelli S.B. 2014. Salting out of proteins using ammonium sulfate precipitation. *Methods in Enzymology*, 541, 85-94.
- Giner-Llorca, M., Del Sol, F. G., Marcos, J. F., Marina, A., & Manzanares, P. (2023). Rationally designed antifungal protein chimeras reveal new insights into structure-activity relationship. *International journal of biological macromolecules*, 225: 135-148.
- Haryanto, H., dan Muslim, C. 2014. *Buku Ajar Membran Biologi; Struktur dan Fungsi*. Yogyakarta: Deepublish
- Hidayat, L. H., Hardickdo, N. F., Sutanti, V., & Prasetyaningrum, N. (2022). Uji Efektivitas Ekstrak Etanol Kecambah Kacang Hijau (*Vigna Radiata*) Sebagai Antifungi Terhadap *Candida albicans* Secara In Vitro: Indonesia. *E-Prodenta Journal of Dentistry*, 6(1): 566-572.
- Lam, S.K., & Ng, T.B. 2011. *Lectins: Production and practical applications*. Appl Microbiol Biotechnol, 8(9):45–55.

- Morace, Giulia dkk. 2014. *Antifungal drug resistance in Candida species*, *Journal of Global Antimicrobial Resistance*. www.elsevier.com/locate/jgar. Department of Health Sciences, Università degli Studi di Milano, Blocco C, via A. di Rudini 8, 20142 Milan, Italy.
- Moyo B., Masika P.J., & Hugo A., Muchenje V. 2011. Nutritional characterization of *Moringa* (*Moringa oleifera* Lam.) leaves. *African Journal of Biotechnology*, 10(60), 12925-12933
- Mudgil, P., AlMazroui, M., Redha, A. A., Kilari, B. P., Srikumar, S., & Maqsood, S. (2022). Cow and camel milk-derived whey and casein protein hydrolysates demonstrated effective antifungal properties against selected *Candida* species. *Journal of Dairy Science*, 105(3), 1878-1888.
- Ningsih, Dian Riana, Zufahair, & Diyu, M. 2017. Ekstrak daun mangga (*Mangifera indica* L.) Sebagai Antijamur Terhadap Jamur *Candida albicans* Dan Identifikasi Golongan Senyawanya. *Jurnal Kimia Riset*, 2(1): 61–68.
- Sari, Meirita. 2015. Isolasi Protein larut air Biji Kabau (*Archidendron microcarpum*) Dan Uji Aktivitas Antibakteri Serta Implementasinya Sebagai Modul Pembelajaran Koba. *Jurnal Pendipa*, 2(3).
- Sari, Meirita. 2017. Koagulan Alami Dari Serbuk Biji Kelor (*Moringa oleifera*) Terhadap Limbah Cair Industri Tahu. *Jurnal Agritepa*, IV(1).
- Suharti, T., & Djam'an, D. F. (2019). Potensi Rip (Ribosome Inactivating Protein) Yang Berasal Dari Tumbuhan Sebagai Biopestisida. *Buletin Eboni*, 1(1): 33-39.
- Sudjadi, Ikawati, Z., Siswindari, Rahayu, P.R.S. 2004. Pengaruh pH, suhu dan penyimpanan pada stabilitas protein MJ-30 dari daun *Mirabilis jalapa* L. *Majalah Farmasi Indonesia*, 15(1): 1-6.
- Sari M. 2019. *Analisa Protein* (ISBN 978-602-6784-92-6). Bengkulu: Vanda.
- Teixeira EMB, Carvalho MRB, Neves VA, Silva MA, Arantes-Pereira LA. 2014. *Chemical characteristic and fractionation of proteins from Moringa oleifera Lam. leaves*. *Food Chemistry*, 147: 51-54.
- Veliz, E. A., Martínez-Hidalgo, P., & Hirsch, A. M. (2017). Chitinase-producing bacteria and their role in biocontrol. *AIMS microbiology*, 3(3): 689.

- Yaméogo C.W., Bengaly M.D., Savadogo A., Nikiema P.A., Traore S.A. 2011. Determination of chemical composition and nutritional values of *Moringa oleifera* leaves. *Pakistan Journal of Nutrition*, 10(3): 264-268.
- Yan, Q., & Fong, S. S. (2015). Bacterial chitinase: nature and perspectives for sustainable bioproduction. *Bioresources and Bioprocessing*, 2(1): 1-9.