

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Identifikasi Jamur Endofit

Pengamatan terhadap jamur endofitik yang diperoleh dari bagian tanaman nanas prabumulih dapat dilakukan secara makroskopis, maupun mikroskopis. Pengamatan secara makroskopis dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui antara lain warna koloni, bentuk koloni pada cawan, dan tekstur koloni. Sedangkan pengamatan secara mikroskopis dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui ada tidaknya septa pada hifa, pertumbuhan hifa, ada atau tidaknya konidia, dan bentuk konidia (Rotasouw *et al.*, 2020). Hasil identifikasi jamur endofitik pada bagian tanaman nanas prabumulih dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2. Karakteristik Koloni Jamur Endofitik Daun Nanas (*Ananas comosus* (L.) Merr Var. Prabumulih)

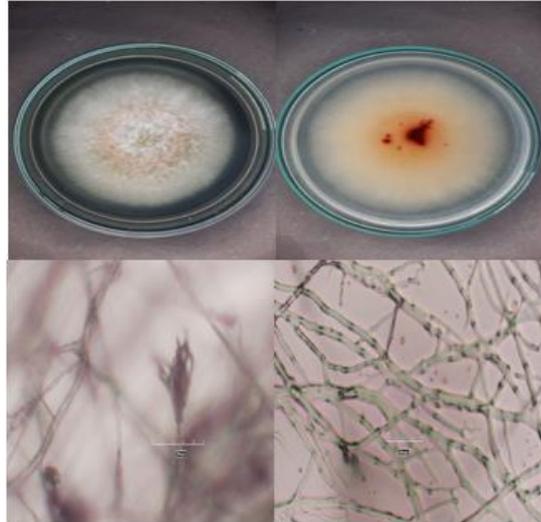
Kode isolat	Makrokopis		Mikroskopis	Genus
	Tampak depan	Tampak belakang		
SDN 2.4	Putih sedikit kuning	Kuning kemerahan	Konidiofor, tegak, bercabang 2-3, terdapat konidia membentuk bulat, dan hifa bersekat.	<i>Penicillium</i>
SDN 2.5	Putih ke abu-abuan	Coklat Keabu-abuan	Konidiofor tegak, sederhana atau bercabang,	<i>Nectria</i>

			berbentuk spindle bersel 1 dan 2, mengandung konidia catenulata atau kepala spora, konidia berbentuk lonjong, bersel 1 atau 2 terpotong di salah satu ujungnya, hifa bersekat.	
SDN 2.8	Putih	Putih	Sporangiofor tegak, bercabang jarang di atas, bagian atas meruncing secara bertahap dari dasar ke puncak dan mengembung/ bulat pada atas, hifa tidak bersekat.	<i>Mortierella</i>
SDN 3.9	Putih	Pinkish	Sporangiofor	<i>Umbelopsis</i>

sedikit	tegak,
merah	membentuk vesikel (hifa bulat) di bagian tengah, dan dengan 2–6 percabang, membentuk sporangia/sporangium.
	Klamidospora bulat, berdinding tebal, berbutir.
	Hifa tidak bersekat.

Berdasarkan hasil identifikasi koloni jamur endofitik yang diisolasi dari daun nanas Prabumulih tersebut dapat diketahui bahwa pada daun nanas tersebut ditemukan 4 isolat yang terdiri dari 4 genus berbeda, yaitu *Nectria*, *Mortierella*, *Penicillium* dan *Umbelopsis*. 4 isolat jamur endofitik tersebut memiliki karakteristik yang beranekaragam. Perbedaan morfologi koloni secara makroskopis yang dilihat dari tampak luar dan tampak belakang dan mikroskopis yang dilihat melalui mikroskop hirox mulai dari hifa, sporangiofor, konidiofor, konidia, sporangia, dan columela dan sterigmata dapat dilihat pada tabel 4.2. diatas.

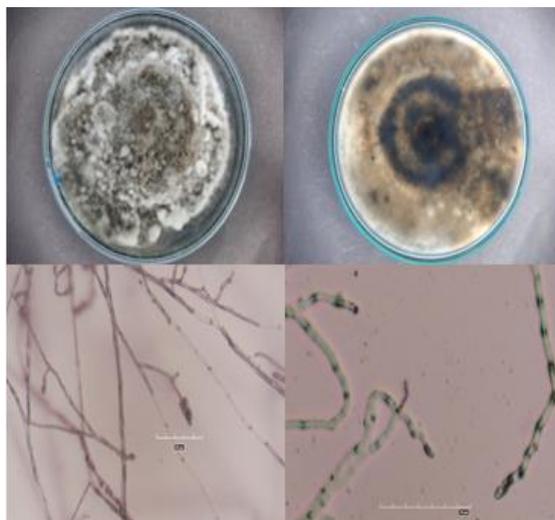
1. Isolat SDN 2.4



Gambar 4.2. Karakteristik makroskopis tampak depan, belakang dan karakter mikroskopis *Penicillium* sp.

Isolat jamur SDN 2.4 memiliki karakteristik makroskopis berupa warna koloni Putih sedikit kuning tampak depan dan Kuning kemerahan tampak belakang, sedangkan mikroskopis Konidiofor, tegak, bercabang 2-3, terdapat konidia membentuk bulat, dan hifa bersekat. (Watanabe, 2010). Berdasarkan karakteristik secara makroskopis dan mikroskopis tersebut yang mengacu pada buku acuan maka dapat diketahui bahwa isolat ini termasuk ke dalam spesies *Penicillium* sp.

2. Isolat SDN 2.5

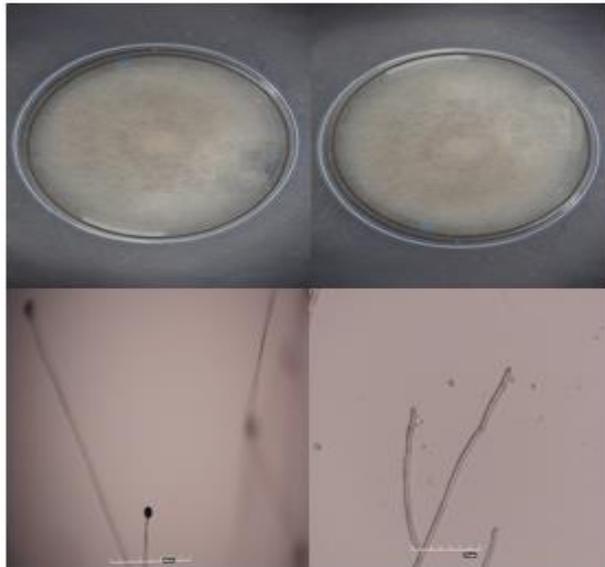


Gambar 4.3. Karakteristik makroskopis tampak depan, belakang dan

karakter mikroskopis *Nectria* sp.

Isolat jamur SDN 2.5 memiliki karakteristik makrokopi berupa warna koloni Putih ke abu-abuan tampak depan dan Coklat Keabu-abuan tampak belakang sedangkan mikrokopi memiliki konidiofor tegak, sederhana atau bercabang, berbentuk spindle bersel 1 dan 2, mengandung konidia catenulata atau kepala spora, konidia berbentuk gelendong (lonjong), bersel 1 atau 2 terpotong di salah satu ujungnya, hifa bersekat (Watanabe, 2010). Berdasarkan karakteristik secara makroskopis dan mikroskopis tersebut yang mengacu pada buku acuan maka dapat diketahui bahwa isolat ini termasuk ke dalam spesies *Nectria* sp.

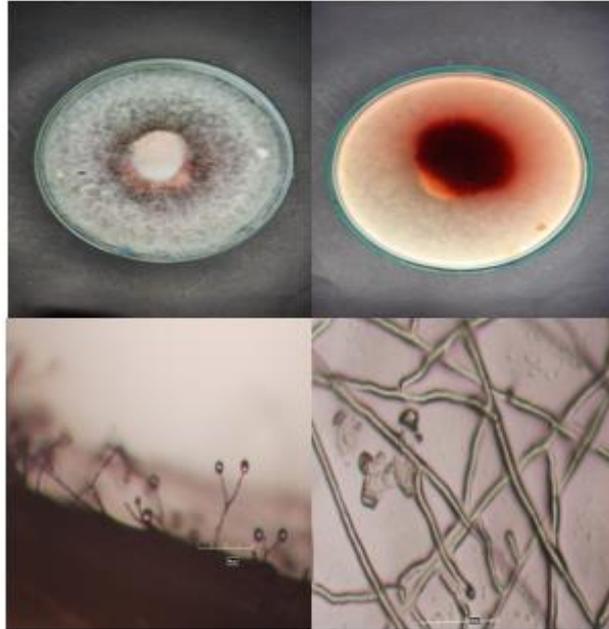
3. Isolat SDN 2.8



Gambar 4.4. Karakteristik makroskopis tampak depan, belakang dan karakter mikroskopis *Mortierella* sp.

Isolat jamur SDN 2.8 memiliki karakteristik makroskopis berupa warna koloni Putih tampak depan dan belakang, sedangkan mikroskopis memiliki sporangiofor tegak, bercabang jarang di atas, bagian atas meruncing secara bertahap dari dasar ke puncak dan mengembung/bulat pada atas hifa tidak bersekat (Watanabe, 2010). Berdasarkan karakteristik secara makroskopis dan mikroskopis tersebut yang mengacu pada buku acuan maka dapat diketahui bahwa isolat ini termasuk ke dalam spesies *Mortierella* sp.

4. Isolat SDN 3.9



Gambar 4.5. Karakteristik makroskopis tampak depan, belakang dan karakter mikroskopis *Umbelopsis* sp.

Isolat jamur SDN 3.9 memiliki karakteristik makroskopis berupa warna koloni Putih sedikit merah tampak depan dan Pinkish tampak belakang, sedangkan mikroskopis memiliki sporangiofor tegak, membentuk vesikel (bulat inflasi) di bagian tengah, dan selanjutnya dengan 3–6 verticillate cabang, membentuk sporangia kadang-kadang berkembang menjadi membentuk sporangia. Klamidospora coklat, bulat, berdinding tebal, berbutir hifa bersekat (Watanabe, 2010). Berdasarkan karakteristik secara makroskopis dan mikroskopis tersebut yang mengacu pada buku acuan maka dapat diketahui bahwa isolat ini termasuk ke dalam spesies *Umbelopsis* sp.

4.2 Uji Antioksidan

Pengujian aktivitas antioksidan dari ekstrak jamur endofitik daun nanas dilakukan dengan metode peredaman radikal bebas menggunakan preaksi DPPH dilarutkan dalam ekstrak methanol kemudian di masukan kedalam ekstrak 1000ppm, 500ppm, 250ppm, 125ppm, 62,5ppm, 31,25ppm, dan 15,625ppm. Metode ini dapat menentukan kemampuan sampel dalam meredam radikal bebas dari DPPH yang ditandai dengan adanya penurunan

warna pada larutan yaitu dari warna ungu berubah menjadi warna kuning. Metode DPPH memiliki beberapa keunggulan yaitu mudah dilakukan, cepat proses pengujian, sederhana, dan hanya membutuhkan sampel yang sedikit (Akmal, 2014).

Prinsip pengukuran aktivitas antioksidan ini yaitu berdasarkan penurunan intensitas warna ungu pada DPPH. Hal tersebut sebanding dengan berkurangnya konsentrasi pada DPPH. DPPH memiliki elektron dikulit terluar yang tidak berpasangan / elektron tunggal, elektron inilah yang memberikan warna ungu pada DPPH. Ketika DPPH menerima elektron dari senyawa lain, maka elektron tunggal tersebut akan berpasangan, sehingga warna ungu akan berubah menjadi warna kuning. Semakin banyak elektron bebas yang telah berpasangan, maka semakin tinggi kemampuan sampel dalam meredam DPPH (Akmal, 2014).

Efek antioksidan sebanding dengan hilangnya DPPH dalam sampel uji. Reaksi antara senyawa fenol dan DPPH akan menyebabkan penurunan intensitas warna pada DPPH. Penurunan intensitas warna menyebabkan penurunan nilai absorbansi pada λ maksimum DPPH saat dilakukan pengukuran dengan spektrofotometer UV-Vis: Semakin menurun intensitas ungu maka nilai absorbansi DPPH semakin menurun yang menunjukkan aktivitas antioksidan semakin besar. Nilai absorbansi inilah yang digunakan untuk besarnya penghambatan (inhibisi) dari sampel.

Berikut data hasil pengujian aktivitas antioksidan dari ekstrak jamur endofitik daun nanas.

Tabel 4.3 Hasil Uji antioksidan Jamur Endofit Daun Nanas (*Ananas comosus* (L.) Merr Var. Prabumulih

Sample	Ekstrak	Berat Ekstrak	IC50 (µg/ml)
Tanaman Inang	Daun Nanas	1.2	17,44 ***
	SDN 2.4	1.5	105,00 **
Jamur Endofitik	SDN 2.5	2.4	85,12 ***
	SDN 2.8	2.2	25,83 ***
	SDN 3.9	1,4	139,19 **
Kontrol Positif			Asam Askorbat 10,083 ****

antioxidant activity IC50 (µg/mL): ****very strong < 10 µg/mL ***strong < 100 µg/mL; **moderat 100-500 µg/mL; * weak > 500 µg/mL

Hasil uji antioksidan ekstrak jamur endofitik yang diisolasi dari daun nanas prabumulih dapat dilihat pada tabel 4.3 diatas. Dari tabel tersebut dapat diketahui bahwa aktivitas antioksidan dari masing-masing ekstrak sangat bervariasi. Hal ini dapat dilihat dari nilai IC₅₀ yang diperoleh dari masing-masing ekstrak tersebut. Ekstrak jamur endofitik yang diisolasi dari daun nanas (*Ananas comosus* L.) dengan nilai IC₅₀ ditemukan pada isolat SDN 2.4 yang diidentifikasi sebagai *Penicillium* sp. sebesar 105,00 µg/mL (sedang), kemudian SDN 2.5 yang diidentifikasi sebagai *Nectria* sp. sebesar 85,12 µg/mL (kuat), lalu untuk SDN 2.8 yang diidentifikasi sebagai *Mortierella* sp. sebesar 25,83 µg/mL (kuat), dan SDN 3.9 yang diidentifikasi sebagai *Umbelopsis* sp. sebesar 139,19 µg/mL (sedang), kemudian untuk ekstrak dari daun nanas dengan nilai IC₅₀ sebesar 17,44 (kuat), dan untuk nilai control positif (asam askorbat) sebagai banding memiliki nilai IC₅₀ 10,083 (sangat kuat). Menurut Maitulung *et al.*, (2022), Semakin kecil nilai IC₅₀ suatu senyawa maka semakin kuat pula aktivitas antioksidan senyawa tersebut karena dengan konsentrasi yang kecil mampu menghambat radikal bebas dengan baik.

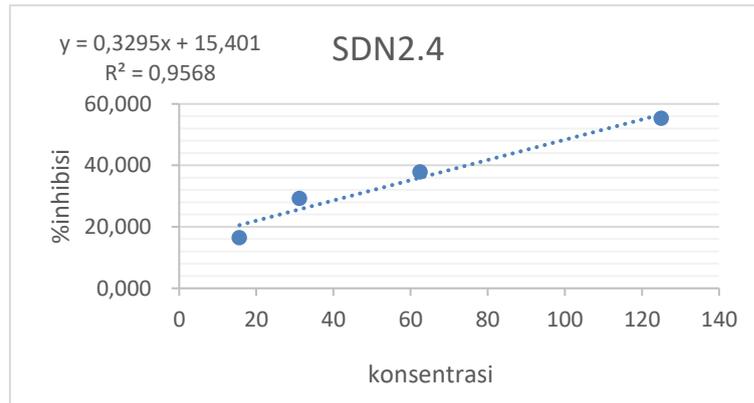
Isolat ekstrak jamur endofit yang memiliki kandungan antioksidan tertinggi dapat ditemukan pada spesies *Mortierella* sp. Hasil uji

antioksidan pada ekstrak jamur *Mortierella* sp. ini tidak berbeda jauh dengan hasil uji antioksidan pada ekstrak daun nanas yang memiliki nilai IC_{50} sebesar 17,44 $\mu\text{g/mL}$ yang menandakan bahwa kandungan antioksidan pada *Mortierella* sp. mempunyai antioksidan kuat sama dengan tanaman inangnya. (Basril *et al.*, 2021) menyebutkan bahwa jamur endofit yang tumbuh pada jaringan tanaman dapat memproduksi senyawa yang memiliki khasiat yang sama dengan tanaman inangnya bahkan lebih baik, meskipun jenis senyawanya berbeda. Hal ini diduga karena jamur endofit mengalami koevolusi transfer genetik dari inangnya.

IC_{50} (inhibition concentration), yaitu konsentrasi larutan sampel yang dibutuhkan untuk menghambat 50 % radikal bebas DPPH. Semakin kecil harga IC_{50} maka antioksidan itu semakin kuat dalam menangkal radikal bebas atau dapat dikatakan memiliki aktivitas antioksidan yang semakin kuat. Dari tabel 4.3 nilai IC_{50} yang sangat kuat terdapat pada asam askrobat dengan nilai 10,083 $\mu\text{g/mL}$. Hal ini disebabkan asam askrobat atau vitamin C, merupakan senyawa yang lebih polar dan vitamin C memiliki gugus hidroksil dimana senyawa ini bisa manangkal atau menghentikan (radikal bebas) (Laga *et al.*, 2019).

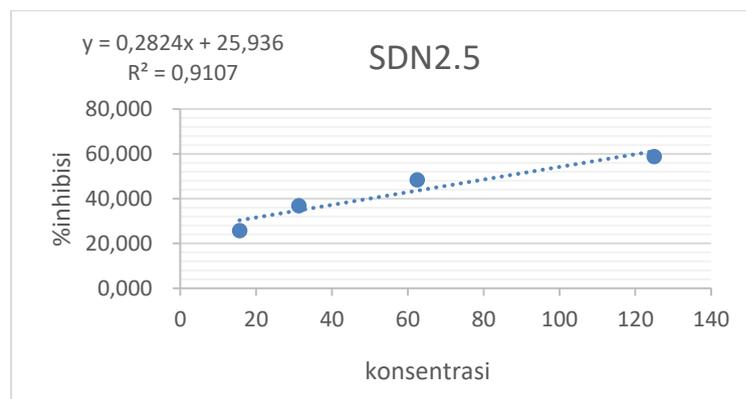
Untuk menentukan kekuatan nilai IC_{50} dari aktivitas antioksidan sampel, yaitu dengan melihat konsentrasi yang dapat meredam aktivitas radikal bebas sebesar 50%. Nilai IC_{50} dapat dihitung menggunakan persamaan regresi linear dari hubungan antara log konsentrasi (variabel x) dan % inhibisi (variabel y). Transformasi logaritma pada variabel x bertujuan untuk meningkatkan keakuratan data. Hal tersebut karena konsentrasi yang digunakan sangat kecil, sehingga tidak dirubah dapat persamaan regresi linear yang dihasilkan (Budiarti, 2020).

Pada persamaan regresi linear nilai koefisien y 50, yang nilai tersebut merupakan analogi sebagai koefisien IC_{50} . Nilai x dalam rumus regresi linear merupakan kadar dari sampel yang akan dihitung. Nilai x merupakan besarnya kadar yang dibutuhkan agar bisa menghambat atau meredam radikal bebas dari DPPH sebesar 50%. Berikut ini kurva persamaan regresi dari log konsentrasi dan % inhibisi.



Gambar 4.6 Hubungan Konsentrasi Terhadap Persen Inhibisi Pada Ekstrak Jamur *Penicillium* sp.

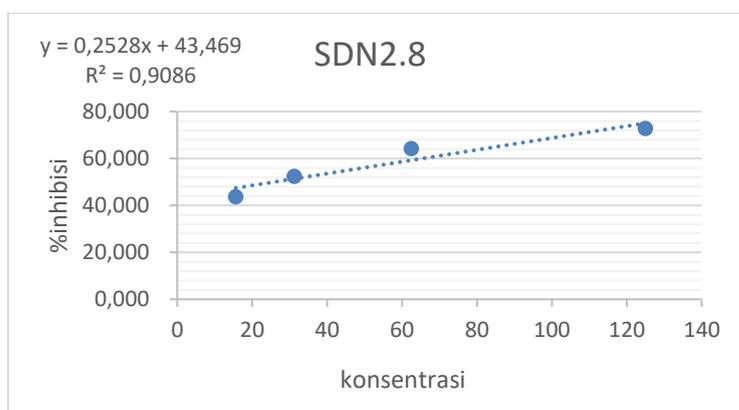
Dari kurva regresi pada gambar 4.3, diperoleh persamaan $y = 0,3295x + 15,401$ dan $R^2 = 0,9568$. Dari persamaan ini, akan diperoleh nilai IC_{50} dengan mengganti $y = 50$ pada persamaan regresi linier dimana y adalah persentase inhibisi dan x adalah konsentrasi dari ekstrak yang akan dicari nilainya, dimana nilai dari x yang didapat merupakan besarnya konsentrasi yang diperlukan untuk dapat meredam 50% aktivitas radikal DPPH. Dilihat dari nilai R^2 (koefisien determinasi) sebesar 0,9568 menunjukkan bahwa 95,68% derajat penghambatan dipengaruhi oleh konsentrasi methanol ekstrak jamur *Penicillium* sp., sedangkan kurang dari 5% dipengaruhi oleh faktor-faktor lain seperti kurang ketelitian dalam penimbangan dan pemipetan yang dilakukan peneliti serta adanya pengotor pada larutan (Adrianta, 2020).



Gambar 4. 7 Hubungan Konsentrasi Terhadap Persen Inhibisi Pada Ekstrak Jamur *Nectria* sp.

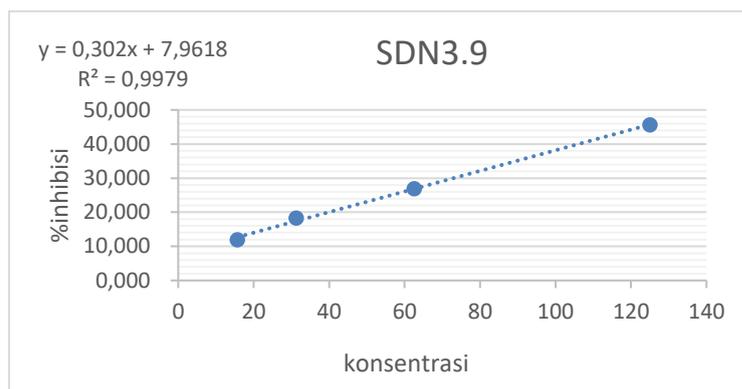
Dari kurva regresi pada gambar 4.4 diperoleh persamaan $y = 0,2824x$

+ 25,936 dan $R^2 = 0,9107$. Dari persamaan ini, akan diperoleh nilai IC_{50} dengan mengganti $y = 50$ pada persamaan regresi linier dimana y adalah persentase inhibisi dan x adalah konsentrasi dari ekstrak yang akan dicari nilainya, dimana nilai dari x yang didapat merupakan besarnya konsentrasi yang diperlukan untuk dapat meredam 50% aktivitas radikal DPPH. Dilihat dari nilai R^2 (koefisien determinasi) sebesar 0,9107 menunjukkan bahwa 91,07% derajat penghambatan dipengaruhi oleh konsentrasi methanol ekstrak jamur *Nectria* sp., sedangkan kurang dari 9% dipengaruhi oleh faktor-faktor lain seperti kurang ketelitian dalam penimbangan dan pemipetan yang dilakukan peneliti serta adanya pengotor pada larutan (Adrianta, 2020).



Gambar 4.8 Hubungan Konsentrasi Terhadap Persen Inhibisi Pada Ekstrak Jamur *Mortierella* sp.

Dari kurva regresi pada gambar 4.5 diperoleh persamaan $y = 0,2528x + 43,469$ dan $R^2 = 0,9086$. Dari persamaan ini, akan diperoleh nilai IC_{50} dengan mengganti $y = 50$ pada persamaan regresi linier dimana y adalah persentase inhibisi dan x adalah konsentrasi dari ekstrak yang akan dicari nilainya, dimana nilai dari x yang didapat merupakan besarnya konsentrasi yang diperlukan untuk dapat meredam 50% aktivitas radikal DPPH. Dilihat dari nilai R^2 (koefisien determinasi) sebesar 0,9086 menunjukkan bahwa 90,86% derajat penghambatan dipengaruhi oleh konsentrasi methanol ekstrak jamur *Mortierella* sp., sedangkan kurang dari 10% dipengaruhi oleh faktor-faktor lain seperti kurang ketelitian dalam penimbangan dan pemipetan yang dilakukan peneliti serta adanya pengotor pada larutan (Adrianta, 2020).



Gambar 4.9 Hubungan Konsentrasi Terhadap Persen Inhibisi Pada Ekstrak Jamur *Umbelopsis* sp.

Dari kurva regresi pada gambar 4.5 diperoleh persamaan $y = 0,302x + 7,9618$ dan $R^2 = 0,9979$. Dari persamaan ini, akan diperoleh nilai IC_{50} dengan mengganti $y = 50$ pada persamaan regresi linier dimana y adalah persentase inhibisi dan x adalah konsentrasi dari ekstrak yang akan dicari nilainya, dimana nilai dari x yang didapat merupakan besarnya konsentrasi yang diperlukan untuk dapat meredam 50% aktivitas radikal DPPH. Dilihat dari nilai R^2 (koefisien determinasi) sebesar 0,9979 menunjukkan bahwa 99,79% derajat penghambatan dipengaruhi oleh konsentrasi methanol ekstrak jamur *Umbelopsis* sp., sedangkan kurang dari 1% dipengaruhi oleh faktor-faktor lain seperti kurang ketelitian dalam penimbangan dan pemipetan yang dilakukan peneliti serta adanya pengotor pada larutan (Adrianta, 2020).

Dari semua kurva tersebut dapat diketahui bahwa ekstrak jamur endofit memiliki antioksidan yang baik menurut (Itamar *et al.*, 2013 ; Nurulita *et al.*, 2020) ke 4 jamur endofit tersebut memiliki kandungan senyawa yang dapat menangkal atau mereduksi suatu radikal bebas. Dimana Hal ini membuktikan bahwa semakin tinggi konsentrasi sampel maka semakin tinggi daya %inhibisi terhadap radikal bebas DPPH, dikarenakan semakin banyak senyawa antioksidan pada sampel yang menghambat radikal bebas (Kamoda, 2021).

Dilihat dari ke empat kurva tersebut terlihat masing-masing nilai R (square) diatas 90% menurut Hair *et al.*, (2011) Terdapat tiga kategori pengelompokan pada nilai R square yaitu kategori kuat, kategori moderat,

dan kategori lemah. Bahwa nilai R square diatas 0,75 termasuk ke dalam kategori kuat, nilai R square 0,50 termasuk kategori moderat dan nilai R square 0,25 termasuk kategori lemah, maka dari itu ke empat ekstrak jamur endofit tersebut tersebut dinyatakan linear.

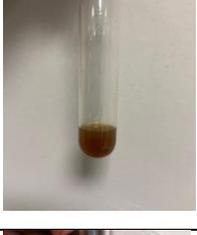
R square merupakan koefisien determinasi yang menjelaskan seberapa jauh data dependen dapat dijelaskan oleh data independen. R square bernilai antar 0 – 1 dengan ketentuan semakin mendekati angka satu berarti semakin baik. Jika r square bernilai 0.6, berarti 60% sebaran variabel dependen dapat dijelaskan oleh variabel independen. Sisanya 40% tidak dapat dijelaskan oleh variabel independen atau dapat dijelaskan oleh variabel diluar variabel independen (komponen error) (Ghozali, 2016). R square merupakan suatu nilai yang memperlihatkan seberapa besar variabel independen (eksogen) mempengaruhi variabel dependen (endogen). R squared merupakan angka yang berkisar antara 0 sampai 1 yang mengindikasikan besarnya kombinasi variabel independen secara bersama – sama mempengaruhi nilai variabel dependen. Nilai R-squared (R^2) digunakan untuk menilai seberapa besar pengaruh variabel laten independen tertentu terhadap variabel laten dependen (Hair *et al.*, 2011).

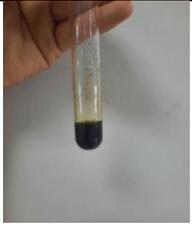
4.3 Uji Fitokimia

Uji fitokimia dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui golongan senyawa metabolit sekunder yang terdapat pada sampel ekstrak jamur endofit daun nanas (*Ananas comosus* (L.) Merr dengan melihat perubahan warna yang terjadi setelah diberikan atau ditetesi pereaksi pada ekstrak metanol sampel jamur. Uji fitokimia yang digunakan ini merupakan suatu cara sederhana untuk mendeteksi keberadaan golongan senyawa kimia pada sampel (Jafar *et al.*, 2020). Adapun hasil uji fitokimia ekstrak metanol jamur endofit daun nanas dapat dilihat pada tabel 4.4 di bawah.

Tabel 4.4 Hasil Uji Fitokimia Jamur Endofit Daun Nanas (*Ananas comosus* (L.) Merr Var. Prabumulih

Ekstrak Jamur endofit	Golongan Senyawa	Hasil	Keterangan	Gambar
SDN 2.4 <i>(Penicillium sp.)</i>	Flavonoid	+	Terdapat warna merah	
	Alkaloid	+	Berwarna kuning dan terdapat endapan	
	Saponin	-	Tidak ada buih setinggi 1cm	
	Tannin	+	Terbentuknya warna hitam	
	Fenol	-	Tidak terdapat warna hijau kehitaman	
	Steroid	-	Tidak terbentuknya warna hijau	

SDN 2.5 <i>(Nectria sp.)</i>	Flavonoid	+	Terdapat warna merah	
	Alkaloid	+	Berwarna kuning dan terdapat endapan	
	Saponin	-	Tidak ada buih setinggi 1cm	
	Tannin	-	Tidak terbentuknya warna hitam	
	Fenol	+	Terdapat warna hijau kehitaman.	
	Steroid	-	Tidak terbentuknya warna hijau	
SDN 2.8 <i>(Mortierella sp.)</i>	Flavonoid	+	Terdapat warna merah	

SDN 3.9 (<i>Umbelopsis</i> sp.)	Alkaloid	+	Berwarna kuning dan terdapat endapan	
	Saponin	-	Tidak ada buih setinggi 1cm	
	Tannin	+	Terbentuknya warna hitam	
	Fenol	+	Terdapat warna hijau kehitaman.	
	Steroid	-	Tidak terbentuknya warna hijau	
	Flavonoid	-	Tidak terdapat warna merah	
	Alkaloid	+	Berwarna kuning dan terdapat endapan	

Saponin	-	Tidak ada buih setinggi 1cm	
Tannin	+	Terbentuknya warna hitam	
Fenol	-	Tidak terdapat warna hijau kehitaman	
Steroid	-	Tidak terbentuknya warna hijau	

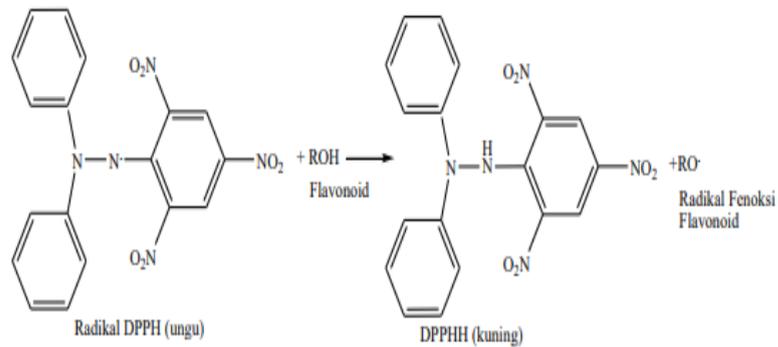
Hasil penelitian uji fitokimia disajikan dalam bentuk tabel 4.4 diatas. Sampel yang mengandung senyawa metabolit sekunder ditandai dengan simbol positif (+), sedangkan sampel yang tidak mengandung senyawa metabolit sekunder ditandai dengan simbol negatif (-). Uji fitokimia dilakukan untuk mengetahui golongan senyawa yang terdapat dalam ekstrak jamur endofit dari daun nanas, dengan kode isolate SDN 2.4 (*Penicillium* sp.), SDN 2.5 (*Nectria* sp.), SDN 2.8 (*Mortierella* sp.), dan SDN 3.9 (*Umbelopsis* sp.).

Penelitian ini menggunakan pelarut methanol. Methanol merupakan pelarut yang umum digunakan dalam proses ekstraksi dengan metode maserasi. pelarut metanol sering digunakan untuk mengisolasi senyawa organik bahan alam. Pelarut metanol mampu menarik beberapa senyawa aktif seperti alkaloid, terpenoid, saponins, tannins,, totarol, quassinoids, lactones, flavonoid, phenones, dan polifenol (Alfauzi *et al.*, 2022).

Hasil dari pengujian uji fitokimia pada tabel 4.4 dengan kode SDN 2.4 (*Penicillium* sp.) terdapat senyawa flavonoid, alkaloid, dan tanin, lalu pada SDN 2.5 (*Nectria* sp.) terdapat senyawa flavonoid, alkaloid, dan fenol, kemudian SDN 2.8 (*Mortierella* sp.) terdapat senyawa flavonoid, alkaloid, tannin dan fenol dan untuk SDN 3.9 (*Umbelopsis* sp.) terdapat senyawa Alkoloid, dan tannin. Hasil penelitian ini selaras dengan penelitian yang di lakukan uji fitokimia pada daun nanas, diketahui daun nanas mengandung metabolit sekunder fenolik, flavonoid, tanin, dan alkaloid (Erturk, 2018). Hal ini dikarnakan jamur endofit tersebut bisa menyalin bahkan memodifikasi metabolik sekunder dari tanaman inangnya yang sama atau bahkan lebih baik dari tanaman inangnya (Oktiansyah *et al.*, 2023).

Adapun hasil negatif pada uji fitokimia tersebut dapat terjadi kemungkinan karena beberapa faktor. Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi potensi tanaman diantaranya adalah umur tanaman, waktu panen, jenis pelarut yang digunakan dan metode ekstraksi. Selain itu, faktor penyebab lainnya adalah keberadaan senyawa bioaktif yang sangat sedikit sehingga senyawa tersebut tidak dapat terdeteksi (Lumowa, 2018).

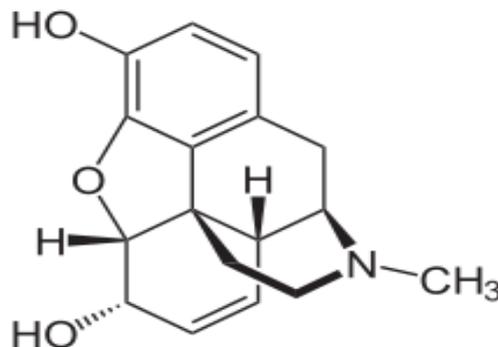
Flavonoid merupakan metabolit sekunder dari polifenol, di temukan secara luas pada tanaman serta makanan dan memiliki berbagai efek bioaktif termasuk sala satunya sebagai antioksidan dan lain-lain (Auliana, 2017). Flavonoid senyawa fenol yaitu suatu gugus -OH yang terikat pada karbon cincin aromatik. Produk radikal bebas senyawa ini terstabilkan secara resonansi dan tidak reaktif bila dibandingkan dengan kebanyakan radikal bebas lain sehingga dapat berfungsi sebagai antioksidan (Kusuma, 2015). Flavonoid dapat beraksi sebagai antioksidan dengan menangkap radikal bebas melalui pemberian atom hidrogen pada radikal tersebut. Kemampuan flavonoid untuk menangkap radikal DPPH, flavonoid dapat bereaksi dengan ion logam seperti besi yang memungkinkan menambah efek antioksidannya (Wartono *et al.*, 2022). Reaksi perendaman radikal bebas oleh senyawa flavonoid dapat di lihat pada tabel di bawah.



Gambar 4.10 Reaksi Perendaman DPPH Oleh Senyawa Flavonoid

Sumber : (Wartono *et al.*, 2022).

Senyawa alkaloid banyak ditemukan dalam pelarut polar karena golongan senyawa alkaloid yang berpotensi sebagai antioksidan adalah senyawa-senyawa polar yang akan terekstraksi pada pelarut yang bersifat polar. Mekanisme alkaloid sebagai antioksidan adalah dengan cara mendonorkan atom H pada radikal bebas. Mekanisme ini menunjukkan bahwa alkaloid bekerja sebagai antioksidan primer (Sudirman, 2011).



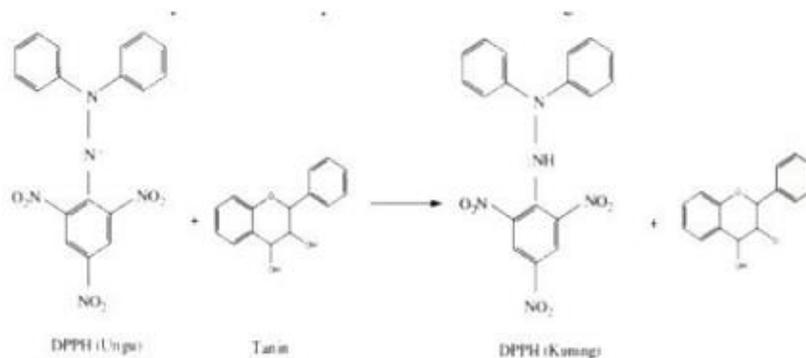
Gambar 4.11 Struktur Senyawa Alkaloid

Sumber : (<https://p2k.unkris.ac.id>)

Tanin dapat didefinisikan sebagai senyawa polifenol dengan berat molekul yang sangat besar yaitu lebih dari 1000 g/mol serta dapat membentuk senyawa kompleks dengan protein. struktur senyawa tannin terdiri dari cincin benzena (C6) yang berikatan dengan gugus hidroksil (-OH). Tanin memiliki peranan biologis yang besar karena fungsinya sebagai pengendap protein dan penghelat logam. Oeh karena itu tannin diprediksi dapat berperan sebagai antioksidan (Noer *et al.*, 2018).

Senyawa tanin bekerja sebagai antioksidan sekunder dengan

menghentikan pembentukan radikal bebas dengan cara mengikat logam besi (Fithriani., 2015). Tanin dapat menekan proses peroksidasi lipid sehingga mencegah terjadinya hiperkolestrolemia (Noer *et al.*, 2018).

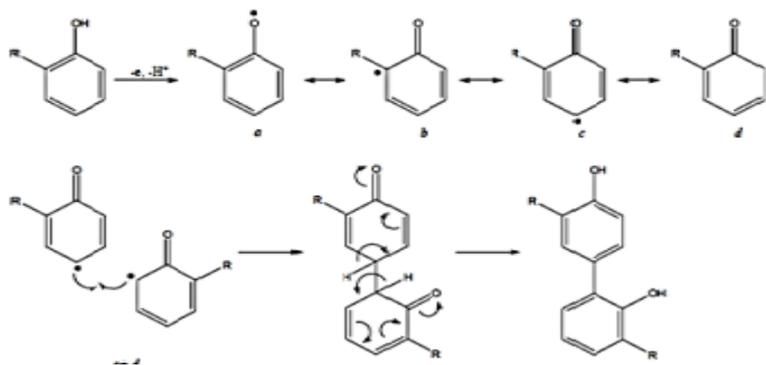


Gambar 4.12 Reaksi Perendaman DPPH Oleh Senyawa Tanin

Sumber : (Wartono *et al.*, 2022).

Senyawa fenolik adalah senyawa yang memiliki gugus hidroksil dan paling banyak terdapat dalam tanaman. Senyawa ini memiliki keragaman struktural mulai dari fenol sederhana hingga kompleks maupun komponen yang terpolimerisasi (Diniyah, 2020). Senyawa fenol memiliki aktivitas antioksidan gugus hidroksi yang tersubstitusi pada posisi orto dan terhadap gugus $-OH$ dan $-OR$ (Marjoni *et al.*, 2015). Senyawa fenolik ini mempunyai kemampuan untuk menyumbangkan hidrogen, maka aktivitas antioksidan senyawa fenol dapat dihasilkan pada reaksi netralisasi radikal bebas yang mengawali proses oksidasi atau pada penghentian reaksi radikal berantai yang terjadi (Nurrahman *et al.*, 2017).

Senyawa fenolik memiliki mekanisme sebagai antioksidan yaitu kemampuan dari gugus fenol untuk mengikat suatu radikal bebas dengan mendonorkan atom hidrogennya melalui proses transfer elektron, sehingga fenol berubah menjadi radikal fenoksil. Melalui efek resonansi, radikal fenoksil yang terbentuk dari hasil reaksi fenol dengan radikal bebas akan mengalami penstabilan diri. Karena hal tersebut maka derivat dari fenol merupakan donor hidrogen yang baik yang dapat menghambat reaksi yang terjadi akibat senyawa radikal. Senyawa fenol ini juga disebut sebagai inhibitor radikal (Asih *et al.*, 2022).



Gambar 4.13 Reaksi Perendaman DPPH Oleh Senyawa Fenol

Sumber : (Asih *et al.*, 2022).

Golongan senyawa metabolit sekunder yang dihasilkan oleh setiap jamur endofit tersebut erat kaitannya dengan hubungan yang terjadi antara jamur endofit dengan tanaman inangnya yang biasanya di sebut hubungan mutualisme, dimana hubungan ini saling menguntungkan satu sama lain. Hubungan tersebut juga berlaku pada tanaman nanas ini, tanaman nanas memberikan nutrisi bagi jamur endofit sehingga jamur tersebut dapat tumbuh dan berkembang biak dengan baik sedangkan jamur endofit akan melindungi dan menjaga tanaman inang dari serangan jamur dan hama maupun gangguan lainnya yang dapat membahayakan kelangsungan hidup tanaman tersebut dengan cara memproduksi senyawa metabolit sekunder (Lestari *et al.*, 2019). Selain itu, produksi senyawa metabolit sekunder oleh jamur endofit baik memiliki potensi sebagai agen pengendali hayati karena memiliki sifat antagonistik dengan menghasilkan senyawa metabolit sekunder yang selanjutnya berperan dalam mengendalikan radikal bebas dan patogen pada tanaman, terjadi secara langsung di dalam sel (Basril *et al.*, 2021), oleh karena itu senyawa-senyawa metabolit sekunder memiliki peran penting sebagai antioksidan.