

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Diabetes Melitus

1. Definisi

Diabetes mellitus (DM) merupakan suatu sindrom klinis yang termasuk dalam gangguan metabolik. Penyakit ini ditandai dengan meningkatnya kadar gula darah dalam tubuh manusia atau yang biasa dikenal dengan hiperglikemia. Keadaan tersebut disebabkan oleh gangguan sekresi insulin, gangguan kerja kerja insulin, atau keduanya. Kadar gula darah tinggi atau hiperglikemia adalah suatu tanda utama yang khas yang dari seseorang dengan diabetes melitus (Sagita et al., 2020).

2. Jenis Dan Tipe Diabetes Melitus

Diabetes Melitus merupakan suatu kelainan metabolik yang diakibatkan oleh tingginya kadar glukosa atau gula di dalam darah. Terdapat tiga jenis diabetes yaitu Diabetes Tipe 1, Diabetes Tipe 2, dan Diabetes Gestasional (Diabetes yang terjadi pada saat hamil), pada penderita diabetes melitus sekitar 90-95% menderita Diabetes Tipe 2 (Panjaitan & Cipta, 2024).

a. Diabetes Melitus Tipe 1

Diabetes melitus tipe 1 merupakan gangguan sistemik yang terjadi akibat kelainan metabolisme glukosa, ditandai dengan peningkatan kadar glukosa darah secara kronis akibat kerusakan

atau kehancuran *sel β* pankreas, baik karena mekanisme autoimun maupun penyebab yang tidak diketahui, sehingga sekresi insulin menurun atau berhenti sama sekali (Adelita et al., 2020).

Ketika pankreas tidak mampu memproduksi insulin dalam jumlah yang memadai, atau bahkan tidak memproduksinya sama sekali, glukosa akan menumpuk di dalam aliran darah karena tidak dapat masuk ke dalam sel. Kondisi ini dikenal sebagai diabetes melitus tipe 1. Penyakit ini umumnya muncul pada masa kanak-kanak atau remaja, dan dapat terjadi pada laki-laki maupun perempuan. Gejalanya biasanya muncul secara cepat, dan tanpa penanganan segera berupa pemberian insulin, penderita dapat mengalami kondisi berat hingga koma (Hartono et al, 2020).

b. Diabetes Melitus Tipe 2

Diabetes Melitus Tipe 2 merupakan bentuk diabetes yang disebabkan oleh ketidakmampuan tubuh memanfaatkan insulin secara optimal. Kondisi ini umumnya berhubungan dengan peningkatan berat badan dan menurunnya aktivitas fisik. Pada DM tipe 2 terjadi kekurangan insulin relatif akibat gangguan fungsi sel beta pankreas serta adanya resistensi insulin pada jaringan sasaran. Gangguan ini dapat disebabkan oleh kelainan pada proses sekresi insulin, kerja insulin, atau keduanya (Chaidir et al., 2024). Selain itu, pada DM tipe 2, beberapa organ tubuh turut berperan dalam suatu

kondisi yang disebut *ominous octet*, yaitu kegagalan sel beta pankreas dalam memproduksi insulin yang memadai untuk mengimbangi peningkatan resistensi insulin (Suputra et al., 2021).

c. Diabetes Gestasional

Diabetes melitus gestasional (DMG) adalah gangguan toleransi glukosa yang pertama kali terdeteksi pada wanita selama masa kehamilan. Kondisi ini terjadi pada ibu hamil yang sebelumnya tidak memiliki riwayat diabetes, namun menunjukkan peningkatan kadar glukosa darah saat hamil. DMG memiliki hubungan erat dengan berbagai komplikasi kehamilan, seperti meningkatnya kemungkinan persalinan melalui seksio sesarea, risiko ketonemia, preeklampsia, serta infeksi saluran kemih. Selain itu, DMG juga dapat menyebabkan gangguan pada bayi baru lahir, termasuk makrosomia, hipoglikemia neonatus, dan ikterus neonatorum (Adli, 2021).

3. Gejala Klinis

Manifestasi klinis pada penderita diabetes melitus secara umum dikelompokkan menjadi dua, yaitu gejala klinis klasik dan gejala umum. Gejala klasik diabetes melitus dikenal sebagai 4P, yang meliputi polidipsia, polifagia, poliuria, serta penurunan berat badan tanpa sebab yang jelas. Sementara itu, gejala umum yang sering menyertai meliputi kelelahan, rasa gelisah, nyeri pada tubuh, kesemutan, penglihatan kabur, gatal, serta

disfungsi ereksi pada pria dan pruritus vulva pada wanita (Suputra et al., 2021).

a. Polidipsia

Polidipsia adalah kondisi rasa haus yang berlebihan dan terus-menerus, sehingga penderitanya terdorong untuk minum air dalam jumlah lebih banyak dari biasanya (Manihuruk et al., 2025).

b. Polifagia

Polifagia adalah kondisi meningkatnya rasa lapar secara berlebihan, sehingga penderitanya sering merasa lapar dan cenderung makan lebih banyak dari biasanya, meskipun kebutuhan energi sebenarnya telah tercukupi (Manihuruk et al., 2025).

c. Poliuria

Poliuria adalah kondisi meningkatnya volume dan frekuensi buang air kecil, di mana seseorang mengeluarkan urin dalam jumlah lebih banyak dan lebih sering dari keadaan normal (Manihuruk et al., 2025).

d. Penurunan berat badan tanpa sebab

Penurunan berat badan tanpa sebab adalah berkurangnya berat badan secara signifikan tanpa adanya perubahan pola makan, aktivitas fisik, atau upaya diet yang disengaja. Pada diabetes melitus, kondisi ini terjadi karena tubuh tidak mampu memanfaatkan glukosa sebagai sumber energi secara efektif akibat kekurangan atau

resistensi insulin. Akibatnya, tubuh akan menggunakan lemak dan protein sebagai sumber energi alternatif, yang menyebabkan penurunan massa tubuh dan berat badan meskipun nafsu makan meningkat (Manihuruk et al., 2025).

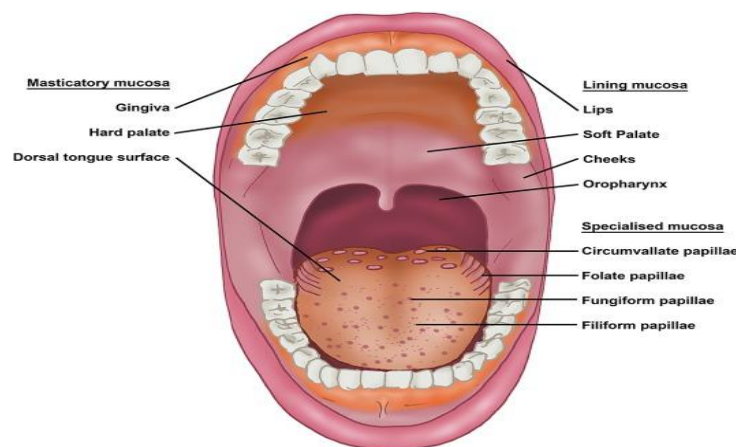
4. Diagnosis

Diagnosis diabetes melitus ditegakkan berdasarkan adanya keluhan dan gejala khas yang disertai peningkatan kadar glukosa darah (Sagita et al., 2020). Pemeriksaan yang direkomendasikan untuk menegakkan diagnosis diabetes melitus meliputi pemeriksaan glukosa puasa, glukosa dua jam Post Prandial (PP) setelah Tes Toleransi Glukosa Oral (TTGO) 75 g, pemeriksaan Hemoglobin A1c atau Hemoglobin Terглиkasi (HbA1c), serta pemeriksaan glukosa darah acak yang disertai gejala klasik diabetes. Seseorang dinyatakan menderita diabetes melitus apabila memiliki kadar glukosa plasma puasa $\geq 7,0$ mmol/L (126 mg/dL), kadar glukosa plasma dua jam pasca-beban $\geq 11,1$ mmol/L (200 mg/dL), nilai HbA1c $\geq 6,5\%$ (48 mmol/mol), atau kadar glukosa darah acak $\geq 11,1$ mmol/L (200 mg/dL) yang disertai gejala klasik seperti poliuria, polidipsia, dan polifagia. Pada individu tanpa gejala klinis tetapi menunjukkan hasil pemeriksaan glukosa yang meningkat, dianjurkan dilakukan pemeriksaan ulang dengan tes yang sama pada waktu yang berbeda untuk memastikan diagnosis (Suputra et al., 2021).

B. Mukosa Mulut

1. Definisi

Mukosa mulut atau mukosa oral merupakan lokasi yang memiliki peran imunologis, dengan fungsi utama dalam menjaga toleransi imun. Mukosa mulut adalah jaringan mukosa yang melapisi bagian dalam rongga mulut dan berperan sebagai penghalang fisik. Selain itu, mukosa mulut juga mengandung sel-sel imun yang berfungsi mempertahankan keseimbangan mukosa. Oleh karena itu, mukosa oral yang utuh dan berfungsi normal sangat penting untuk mencegah terjadinya respons imun terhadap antigen lingkungan yang tidak berbahaya. Pada beberapa kondisi penyakit alergi dan autoimun, mukosa oral diketahui mengalami proses *remodeling* jaringan. Perubahan ini ditandai dengan meningkatnya permeabilitas epitel, terjadinya fibrosis pada lamina propria, pelepasan mediator inflamasi, serta peningkatan infiltrasi sel-sel imun. (Escribese, 2021).

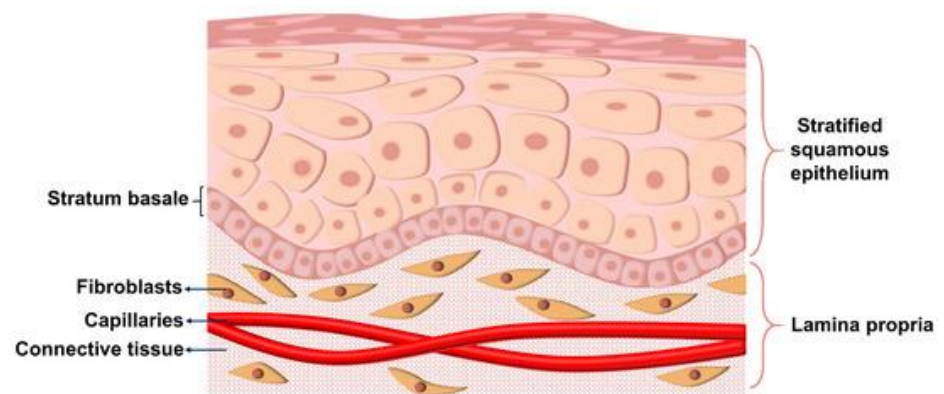


Gambar 2. 1 Mukosa Mulut

Sumber : (Cook et al., 2017)

2. Struktur dan Fungsi Mukosa Mulut

Mukosa oral terdiri dari tiga lapisan yaitu epitel, membran basal, dan lamina propria, serta mengandung jaringan ekstraseluler yang aktif, berbagai jenis sel, dan sistem saraf-vaskular.



Gambar 2. 2 Struktur Mukosa Mulut

Sumber : (Zhou et al., 2022)

a. Epitel

Epitel oral merupakan lapisan permukaan yang berperan sebagai pemisah antara lingkungan luar dan jaringan di bawahnya. Epitel ini termasuk epitel skuamosa berlapis yang tersusun dari sel-sel yang saling berikatan kuat dan membentuk beberapa lapisan. Epitel oral memiliki karakteristik struktural berupa stratifikasi dan proses keratinisasi pada keratinosit, serta adanya interaksi antarsel yang spesifik untuk mempertahankan fungsi sebagai *barrier*. Pada epitel yang mengalami

keratinisasi, susunan sel terdiri atas empat lapisan, yaitu lapisan basal, lapisan spinosum, lapisan granulosum, dan lapisan superfisial atau lapisan keratinisasi (Senel, 2021).

b. Membran Basal

Membran dasar (BM) merupakan struktur tipis berbentuk lembaran yang pertama kali ditemukan menggunakan mikroskop elektron, terlihat sebagai jaringan padat yang terletak berdekatan dengan lapisan sel tunggal (Leclech et al., 2020). Membran dasar atau lamina basal adalah lapisan tipis yang terutama tersusun dari kolagen dan laminin, yang terletak di antara epitel dan lamina propria. Lapisan ini tampak sebagai pita homogen dan juga mengandung glikogen, mukus, glikolipid, serta fosfolipid (Escribese, 2021).

c. Lamina Propria

Lamina propria merupakan jaringan ikat yang berada di bawah membran dasar, tersusun dari serat-serat yang tersusun dalam kelompok dan substansi dasar yang terdiri dari air, glikoprotein, proteoglikan, serta protein serum. Lamina propria juga mengandung berbagai jenis sel, pembuluh darah, dan elemen saraf. Sel utama di lamina propria adalah fibroblas, yang berfungsi mempertahankan integritas jaringan dengan memproduksi serat dan substansi dasar (Escribese, 2021).

Fibroblas merupakan sel dominan pada lamina propria yang berperan utama dalam mempertahankan integritas jaringan melalui

produksi serabut dan substansi dasar. Makrofag di lamina propria berfungsi melakukan fagositosis terhadap jaringan yang rusak dan benda asing. Selain itu, makrofag juga berperan dalam menyajikan antigen kepada sel T serta menghasilkan sitokin dan kemokin yang dapat merangsang proliferasi fibroblas dan meningkatkan produksi kolagen yang dibutuhkan dalam proses perbaikan jaringan. Sel *mast*, yang mengandung granula berupa histamin, heparin, dan sitokin, umumnya berada di sekitar membrana basalis dan sel endotel. Perpindahan sel mast dipengaruhi oleh sintesis faktor pertumbuhan sel mast yang dihasilkan oleh sel endotel dan keratinosit (Escribese, 2021).

3. Gambaran Mukosa Mulut Penderita Diabetes Melitus

Diabetes melitus dapat menyebabkan berbagai perubahan pada mukosa mulut, seperti *xerostomia*, kandidiasis oral, *coated tongue*, dan sensasi terbakar pada rongga mulut. Perubahan ini terjadi akibat gangguan aliran dan komposisi *saliva*, peningkatan kadar glukosa, serta penurunan sistem imun lokal.

a. Mulut Kering atau *Xerostomia*

Mulut kering atau *xerostomia* merupakan salah satu keluhan yang sering dialami oleh penderita diabetes melitus. Kondisi ini ditandai dengan berkurangnya produksi *saliva* akibat penurunan aliran air liur (*hiposalivasi*) yang disebabkan oleh gangguan fungsi kelenjar ludah. Pada diabetes melitus, terjadinya *xerostomia*

dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain kadar glukosa darah yang tidak terkontrol, adanya poliuria, serta lamanya menderita penyakit tersebut. Penurunan volume *saliva* dapat mengganggu fungsi antibakteri dan mekanisme pembersihan rongga mulut, sehingga mukosa mulut tampak kering dan mudah mengalami iritasi dan meningkatkan risiko terjadinya kelainan oral (Kusumadewi et al., 2025).

b. Kandidiasis Oral

Kandidiasis oral merupakan infeksi jamur oportunistik yang prevalensinya terus meningkat dan termasuk salah satu infeksi jamur yang paling sering ditemukan di rongga mulut. Pada penderita diabetes melitus, kandidiasis oral dapat berkembang akibat berbagai faktor predisposisi, salah satunya adalah *xerostomia*. Gangguan fungsi *saliva* pada kondisi ini dapat menurunkan mekanisme pertahanan rongga mulut yaitu mukosa mulut, sehingga mempermudah terjadinya peningkatan kolonisasi jamur (Asrorovna, 2025).

c. Lidah Berlapis atau *Coated Tongue*

Lidah berlapis atau *Coated tongue* merupakan kondisi klinis yang ditandai dengan adanya lapisan putih atau kekuningan pada permukaan dorsal lidah. Permukaan dorsal lidah dilapisi oleh epitel skuamosa berkeratin yang secara normal tertutup oleh sel epitel mati

yang dapat terlepas melalui gesekan antara makanan dan lidah serta pembersihan lidah secara rutin. Apabila proses pembersihan ini tidak berlangsung optimal, akan terjadi akumulasi sel epitel terdeskuamasi, sisa makanan, dan mikroorganisme, sehingga membentuk lapisan tipis pada permukaan dorsal lidah yang menjadi tempat kolonisasi bakteri anaerob dan dapat menimbulkan bau mulut. Warna lapisan umumnya putih, namun dapat berubah menjadi kekuningan atau kecokelatan akibat konsumsi makanan kromogenik, dan biasanya lebih banyak ditemukan pada bagian posterior lidah. *Coated tongue* sering dikaitkan dengan kebersihan mulut yang kurang baik, *xerostomia*, kebiasaan merokok, serta berbagai kondisi sistemik, dan umumnya dapat ditangani dengan pembersihan lidah secara teratur (Dentistry et al., 2025).

d. Sindrom Mulut Terbakar

Sindrom Mulut Terbakar atau *Burning mouth syndrome (BMS)* adalah kondisi klinis yang ditandai oleh sensasi terbakar, panas, atau nyeri pada mukosa mulut tanpa adanya perubahan klinis yang tampak. Keluhan ini dapat dirasakan pada lidah, palatum, bibir, atau seluruh rongga mulut, dan sering bersifat kronis. *Burning mouth syndrome* juga dilaporkan sebagai salah satu manifestasi oral yang dapat muncul pada penderita diabetes melitus, terutama yang mengalami gangguan *saliva* atau neuropati akibat hiperglikemia.

Pada diabetes melitus, gangguan aliran dan komposisi *saliva* serta komplikasi sistemik seperti neuropati diabetik dapat menurunkan ambang nyeri saraf sensorik sehingga memicu sensasi terbakar pada rongga mulut. Selain itu, *burning mouth syndrome* sering muncul bersamaan dengan xerostomia dan kelainan rasa (*dysgeusia*), yang merupakan manifestasi gangguan fungsi mulut pada penderita diabetes melitus (Ganesha et al., 2025).

C. Jamur

1. Definisi

Jamur (*fungi*) adalah organisme eukariotik yang tidak memiliki klorofil dan memperoleh nutrisi melalui penyerapan (absorpsi). Mereka dapat hidup sebagai saprofit di lingkungan, sebagai komensal dalam tubuh manusia, atau sebagai patogen yang menyebabkan penyakit. Dinding sel jamur tersusun dari kitin dan glukukan, berbeda dengan bakteri yang biasanya memiliki dinding sel dari peptidoglikan. Sebagian jamur bersifat uniseluler, contohnya *Candida spp.*, sementara yang lain multiseluler dengan bentuk filamen seperti *Aspergillus spp.*. Beberapa spesies juga bersifat dimorfik, yakni dapat berubah dari bentuk khamir menjadi *hifa* tergantung pada suhu dan kondisi lingkungan, seperti yang terjadi pada *Histoplasma capsulatum* (Baker et al., 2020).

Jamur dapat dibedakan berdasarkan peran dan dampaknya terhadap manusia. Jamur patogen primer mampu menimbulkan infeksi bahkan pada

orang yang sehat, contohnya *Histoplasma capsulatum* dan *Coccidioides immitis*. Sementara itu, jamur oportunistik hanya menyebabkan infeksi pada individu dengan sistem kekebalan tubuh yang lemah, seperti *Candida albicans* dan *Aspergillus fumigatus* (Hamtini et al., 2025)

Infeksi jamur atau mikosis dapat diklasifikasikan berdasarkan lokasi infeksi.

- a. Mikosis superfisial menyerang lapisan kulit paling luar, rambut, dan kuku, misalnya *tinea corporis* (kurap) atau *pityriasis versicolor*.
- b. Mikosis subkutan terjadi pada jaringan di bawah kulit akibat inokulasi jamur melalui luka, contohnya *sporotrikosis*.
- c. Mikosis sistemik biasanya disebabkan oleh jamur dimorfik yang pertama kali menginfeksi paru-paru dan dapat menyebar ke organ lain, seperti pada *blastomikosis*.
- d. Mikosis oportunistik umumnya terjadi pada pasien dengan sistem imun lemah dan dapat bersifat invasif bahkan berpotensi fatal (Hamtini et al., 2025)

2. Morfologi Jamur

Menurut (Hamtini et al., 2025) berdasarkan morfologinya, jamur dibagi menjadi dua bentuk utama:

a. Khamir (*Yeast*)

Khamir merupakan jamur uniseluler yang berkembang biak dengan cara tunas (*budding*), contohnya *Candida albicans* dan

Cryptococcus neoformans. Bentuknya biasanya bulat atau oval dan berkembang secara aseksual.

b. Kapang (*Mold*)

Kapang adalah jamur multiseluler yang membentuk filamen panjang bercabang yang disebut *hifa*, yang jika berkumpul membentuk miselium. *Hifa* dapat berupa septat (memiliki sekat) atau aseptat (tidak bersekat), tergantung pada spesies jamurnya.

3. Klasifikasi Jamur

Menurut (Hanifa et al., 2022) jamur yang berperan sebagai patogen pada manusia dalam mikologi medis dikelompokkan ke dalam tiga filum utama, yaitu *Ascomycota*, *Basidiomycota*, dan *Mucoromycota*.

a. *Ascomycota*

Ascomycota adalah filum jamur terbesar yang mengandung banyak spesies patogen bagi manusia. Jamur dari filum ini melakukan reproduksi seksual dengan menghasilkan askospora di dalam askus. Contoh penting dari kelompok ini antara lain *Candida albicans* penyebab kandidiasis, *Aspergillus fumigatus* penyebab aspergilosis, dan *Histoplasma capsulatum* agen penyebab histoplasmosis. Umumnya, spesies *Ascomycota* memiliki *hifa* septat dan berkembang biak secara aseksual melalui konidia.

b. *Basidiomycota*

Basidiomycota ditandai dengan pembentukan basidiospora melalui basidium pada fase reproduksi seksual. Meskipun banyak spesiesnya adalah jamur makroskopik seperti jamur payung, beberapa spesies dapat menjadi patogen manusia, misalnya *Cryptococcus neoformans* dan *Cryptococcus gattii*. Kedua spesies ini merupakan khamir bersifat kapsulatif yang dapat menyebabkan meningitis kriptokokal, terutama pada pasien dengan gangguan sistem imun.

c. *Mucoromycota*

Mucoromycota, sebelumnya dikenal sebagai *Zygomycota*, terdiri dari jamur dengan *hifa* aseptat (tidak bersekat). Jamur ini bereproduksi secara seksual melalui zigosporangium dan secara aseksual melalui sporangiospora. Genera seperti *Mucor*, *Rhizopus*, dan *Lichtheimia* termasuk dalam kelompok ini dan dikenal menyebabkan mukormikosis, infeksi oportunistik yang agresif dan sering menyerang pasien dengan ketoasidosis diabetik atau kondisi immunosupresi berat.

D. Jamur *Non Dermatofita*

1. Definisi

Jamur *non-dermatofita* adalah jenis jamur yang bukan termasuk *dermatofita*, namun dapat ditemukan pada mukosa atau kulit manusia, terutama pada individu dengan kondisi imun yang menurun. Jamur ini umumnya bersifat oportunistik, tidak selalu menimbulkan infeksi pada orang sehat (Navarro-p et al., 2024).

2. Jenis dan Klasifikasi Jamur *Non – Dermatofita*

Jamur *Non – Dermatofita* terdiri dari, *Aspergillus spp*, *Penicillium spp*, *Rhizopus spp*, *Candida spp*.

a. *Aspergillus spp*

Aspergillus spp adalah kelompok jamur yang paling sering menimbulkan infeksi pada paru-paru. Jenis gangguan yang ditimbulkan serta tingkat keparahannya sangat dipengaruhi oleh kondisi fisiologis inang serta spesies *Aspergillus* yang terlibat. Spesies yang kerap menjadi penyebab infeksi antara lain *Aspergillus fumigatus*, *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger*, *Aspergillus nidulans*, dan *Aspergillus terreus*. Infeksi jamur *Aspergillus* pada saluran pernapasan dikenal sebagai *Aspergilosis*, dan jamur oportunistik yang paling sering menyebabkan infeksi invasif adalah *Aspergillus sp* (Maloho & Solikah, 2023).

Klasifikasi :

<i>Divisi</i>	: <i>Mycophyta</i>
<i>Sub Phylum</i>	: <i>Eumycophyta</i>
<i>Class Sub</i>	: <i>Ascomycetes</i>
<i>Class</i>	: <i>Euascomycetes</i>

Ordo : *Aspergillales*
Famili : *Aspergillaceae*
Genus : *Aspergillus*

Morfologi dan Karakteristik Kultur Identifikasi *Aspergillus* di laboratorium mikologi bergantung pada pengamatan ciri khas koloni dan struktur mikroskopisnya setelah diisolasi pada media kultur yang sesuai, seperti *Sabouraud Dextrose Agar (SDA)* (Seidler et al., 2024)

1. Makroskopis

Aspergillus umumnya tumbuh cepat, dengan koloni yang mencapai kematangan dalam waktu 2–5 hari. Bentuk koloni bervariasi menurut spesies, namun sering tampak tekstur beludru (*velvety*), berbulu seperti wol (*woolly*), atau granular seperti pasir. Warna koloni menjadi ciri penting untuk identifikasi. Misalnya, *A. fumigatus* biasanya berwarna biru-hijau hingga keabuan, *A. flavus* berwarna kuning-hijau, sedangkan *A. niger* menghasilkan koloni hitam pekat akibat konidia gelap. Bagian bawah koloni umumnya memiliki warna yang lebih pucat, seperti kuning, krem, atau cokelat (Arafat et al., 2022).

2. Mikroskopis

Struktur mikroskopis merupakan faktor utama dalam identifikasi genus *Aspergillus*. Ciri-ciri mikroskopis utama meliputi:

a. *Hifa*

Hifa bersifat hialin (transparan) dan bersepta (memiliki sekat pemisah antar sel).

b. Struktur Konidia Aseksual

Struktur reproduksi aseksual *Aspergillus* sangat khas, terdiri dari beberapa komponen :

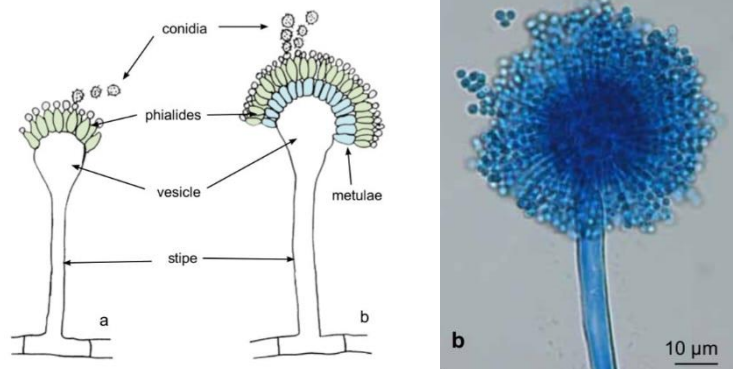
- 1) Sel kaki (*Foot cell*) yaitu *hifa* vegetatif yang terdiferensiasi menjadi dasar tumbuhnya konidiofor.
- 2) Konidiofor yaitu tangkai tegak dan panjang yang tumbuh dari sel kaki.
- 3) Vesikel yaitu bagian ujung konidiofor yang membesar membentuk struktur bulat atau berbentuk kubah (*dome-shaped*).
- 4) Fialid dan Metula, Fialid adalah sel yang menghasilkan konidia. Jika fialid menempel langsung pada vesikel, disebut uniseriat jika menempel pada sel perantara (metula), disebut biserial. Ciri ini penting untuk identifikasi spesies, misalnya *A. fumigatus* biasanya uniseriat, sedangkan *A. flavus* dan *A. niger* biserial.

- 5) Konidia yaitu spora aseksual berbentuk bulat (*globose*) yang terbentuk dalam rantai panjang di ujung fialid. Rantai konidia mudah lepas dan tersebar di udara, memungkinkan penyebaran (Seidler et al., 2024)



Gambar 2. 3 Koloni *Aspergillus spp*

Sumber : (Kidd et al., 2016)



Gambar 2. 4 Struktur dan Gambaran Mikroskopis *Aspergillus spp*

Sumber (Kidd et al., 2016)

b. *Penicillium spp*

Penicillium spp. merupakan genus jamur yang termasuk dalam ordo *Hypomycetes* dan filum *Ascomycota*. Jamur ini berbentuk talus bercabang dengan *hifa* transparan. *Rhizopus* memiliki *hifa* bersepta dan membentuk struktur reproduksi berupa konidium. Berbeda dengan sporangium, konidium tidak dilengkapi selubung pelindung. Tangkai konidium disebut konidiofor, sedangkan spora yang terbentuk disebut konidia. Konidium memiliki cabang-cabang yang disebut *phialides*, sehingga terlihat seperti gerumbul. Lapisan *phialides*, tempat terjadinya pembentukan dan pematangan spora, disebut sterigma. Beberapa spesies *Penicillium* yang dikenal luas antara lain *Penicillium notatum*, yang digunakan untuk memproduksi antibiotik, dan *Penicillium camemberti*, yang dimanfaatkan dalam pembuatan keju biru (Navarro-p et al., 2024).

Klasifikasi :

<i>Divisi</i>	: <i>Mycophyta</i>
<i>Sub Divisi</i>	: <i>Eumycophyta</i>
<i>Class Sub</i>	: <i>Ascomycetes</i>
<i>Class</i>	: <i>Euascomycetes</i>
<i>Ordo</i>	: <i>Aspergillales</i>
<i>Famili</i>	: <i>Aspergillaceae</i>
<i>Spesies</i>	: <i>Penicilium</i>

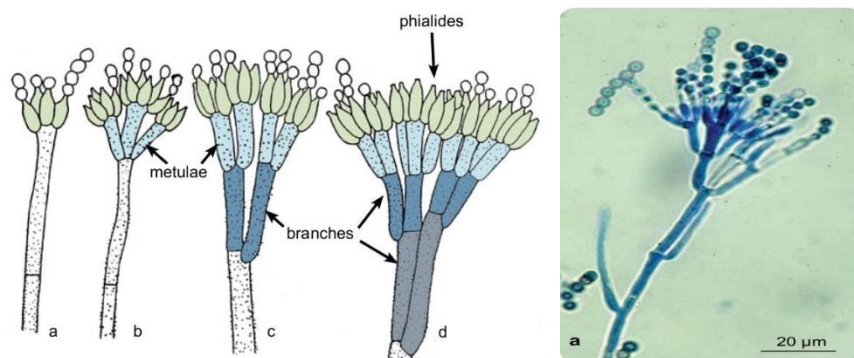
Secara makroskopis, koloni jamur tampak berwarna putih, kuning, hingga hijau kekuningan dengan permukaan koloni yang

umumnya berbentuk serbuk atau beludru. Secara mikroskopis, jamur ini memiliki *hifa* bersepta serta struktur reproduksi berupa fialid yang menghasilkan konidia berbentuk bulat, yang biasanya tersusun berantai pada ujung konidiofor (Maharani et al., 2025).



Gambar 2. 5 Koloni *Penicilium spp*

Sumber : (Muhibuddin et al., 2024)



Gambar 2. 6 Struktur dan Gambaran Mikroskopis *Penicilium spp*

Sumber : (Kidd et al., 2016)

c. *Rhizopus spp*

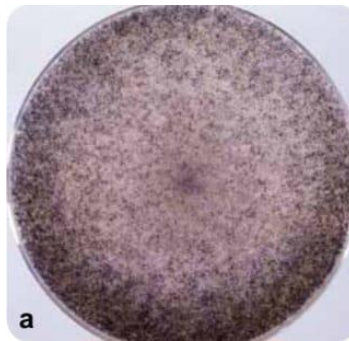
Rhizopus sp. merupakan genus jamur bersel benang yang termasuk dalam filum Zygomycota dan ordo *Mucorales*. Jamur ini memiliki ciri khas berupa *hifa* yang membentuk *rhizoid*, berfungsi untuk menempel pada substrat. Selain itu, *hifa Rhizopus sp.* bersifat *coenositik*, artinya tidak memiliki sekat atau bersepta. Miselium, yang juga dikenal sebagai stolon, menyebar di permukaan substrat akibat pertumbuhan *hifa* vegetatif. *Rhizopus sp.* melakukan reproduksi aseksual melalui pembentukan banyak sporangiofor bertangkai, yang tumbuh ke arah atas dan mengandung ratusan spora. Sporangiofor biasanya dipisahkan dari *hifa* lainnya oleh dinding mirip septa (Anggreni et al., 2015).

Klasifikasi

<i>Division</i>	: <i>Mycophyta</i>
<i>Sub Division</i>	: <i>Eumycophyta</i>
<i>Class</i>	: <i>Phycomcetes</i>
<i>Ordo</i>	: <i>Mucorales</i>
<i>Famili</i>	: <i>Mucorareae</i>
<i>Spesies</i>	: <i>Rhizopus</i>

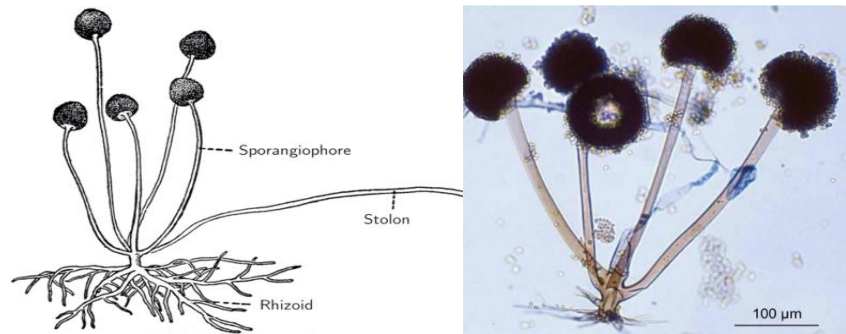
Karakter morfologi makroskopis koloni jamur *Rhizopus sp.* pada fase awal pertumbuhan ditandai dengan munculnya koloni berwarna putih menyerupai kapas. Seiring waktu, warna koloni berubah menjadi abu-abu dan selanjutnya menjadi hitam akibat terbentuknya sporangia yang telah matang. Perubahan warna ini berlangsung secara bertahap sejak hari

pertama hingga hari ketiga pada substrat buah naga merah (*Hylocereus polyrhizus*). Pada penanaman menggunakan media *Sabouraud Dextrose Agar (SDA)*, setelah inkubasi sekitar lima hari pada suhu 33–35°C, koloni jamur menunjukkan pertumbuhan berbentuk kipas dengan permukaan bertekstur seperti tepung. Selain itu, tampak adanya garis-garis yang menyebar pada permukaan koloni dan menyerupai struktur akar. Secara mikroskopis, *Rhizopus* sp. memiliki hifa vegetatif yang tidak bersekat, sporangiofor yang tumbuh tegak dan juga tidak bersekat, kolumela berbentuk oval, serta spora dengan bentuk bulat, setengah bulat hingga oval (Septiana et al., 2023).



Gambar 2. 7 Koloni *Rhizopus* spp

Sumber : (Kidd et al., 2016)



Gambar 2. 8 Struktur dan Gambaran Mikroskopis *Rhizopus spp*

Sumber : (Lazo et al., 2025)

d. *Candida spp*

Candida merupakan bagian dari flora normal yang umumnya ditemukan pada saluran pencernaan, selaput mukosa saluran pernapasan, vagina, uretra, kulit, serta area di bawah kuku tangan dan kaki. Mikroorganisme ini dapat menjadi dominan dan menimbulkan gangguan patologis apabila daya tahan tubuh, baik secara lokal maupun sistemik, mengalami penurunan. *Candida* adalah mikroorganisme eukariotik bersifat dimorfik yang dapat berbentuk ragi (*yeast*) dengan tunas, *pseudohifa*, atau *hifa* sejati. Bentuk selnya oval berukuran sekitar 3–6 μm dan berkembang biak melalui proses pertunasan (Geni et al., 2020).

Candida sp. Merupakan bagian dari flora normal yang terdapat pada membran mukosa, saluran pencernaan, vagina, uretra, kulit, serta kuku. Mikroorganisme ini dapat menyebabkan infeksi yang dikenal sebagai

kandidiasis, salah satu bentuknya adalah kandidiasis oral atau infeksi jamur pada mulut (Geni et al., 2020)

Klasifikasi

Kingdom : Fungi

Filum : Ascomycota

Subfilum : Sacharomycotina

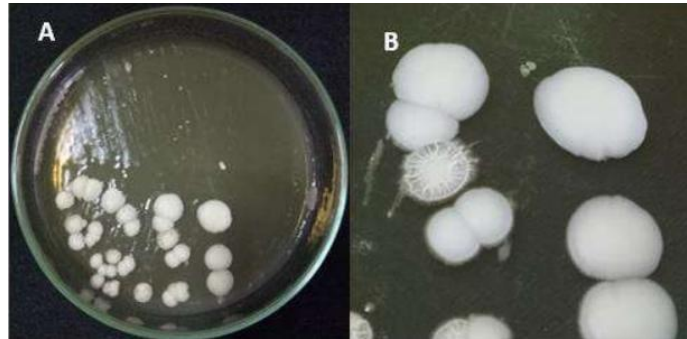
Kelas : Saccharomycetes

Ordo : Saccharomycetales

Famili : Saccharomycetaceae

Genus : Candida

Secara makroskopis, koloni jamur *Candida* menunjukkan permukaan yang halus dan licin, dengan elevasi koloni sedikit menonjol di atas permukaan media. Warna koloni umumnya putih hingga kekuningan, serta menghasilkan aroma khas yang menyerupai bau ragi. Secara mikroskopis, *Candida* sp. memperlihatkan sel ragi berbentuk bulat hingga oval yang berkembang biak dengan cara bertunas (*budding*). Jamur ini tidak memiliki *hifa* sejati, namun dapat membentuk *pseudohifa*, yaitu rangkaian sel memanjang akibat proses pertunasan yang tidak terlepas sempurna. Selain itu, dapat dijumpai blastospora, dan pada spesies tertentu seperti *Candida albicans* juga dapat terbentuk klamidospora (Ekawati et al., 2023).



Gambar 2. 9 Koloni *Candida spp*

Sumber : (Wayan et al., 2020)



Gambar 2. 10 Gambaran Mikroskopis *Candida spp*

Sumber : (Singh & Urhekar, 2013)

3. Patogenesis Infeksi Jamur *Non- Dermatofita* pada Mukosa Mulut

Penderita DM Tipe 2

Patogenesis infeksi jamur atau mikosis merupakan proses yang melibatkan interaksi kompleks antara faktor virulensi jamur dan respons imun inang. Sebagian besar jamur penyebab penyakit bersifat oportunistik, yaitu hanya menimbulkan infeksi ketika mekanisme pertahanan tubuh inang mengalami penurunan. Namun demikian, beberapa jenis jamur

patogen primer mampu menyebabkan infeksi pada individu dengan sistem imun yang normal. Proses patogenesis infeksi jamur meliputi kemampuan jamur untuk berkolonisasi, menginvasi jaringan, menghindari respons imun inang, serta menimbulkan kerusakan jaringan melalui produksi metabolit dan enzim ekstraseluler (Hamtini et al., 2025).

Diabetes melitus tipe 2 merupakan kondisi metabolik kronis yang ditandai dengan hiperglikemia persisten dan berbagai gangguan sistemik, termasuk perubahan pada sistem imun dan lingkungan rongga mulut. Kondisi tersebut berperan penting dalam meningkatkan kerentanan penderita terhadap infeksi oportunistik, salah satunya infeksi jamur *non-dermatofita* pada mukosa mulut. Pertumbuhan jamur *non-dermatofita* contohnya seperti *Candida albicans* pada pasien diabetes melitus (DM) lebih tinggi dibandingkan individu non-DM, menjadikan DM sebagai faktor predisposisi infeksi oral. Penurunan sekresi *saliva* pada pasien DM juga meningkatkan risiko infeksi ini. Selain itu, tingginya kadar glukosa menciptakan lingkungan yang mendukung pertumbuhan jamur dan mengganggu keseimbangan mikrobiom bakteri. Kondisi hiperglikemia dan ketoasidosis diabetik pada pasien DM dapat menurunkan fungsi imun, termasuk kemotaksis leukosit dan fagositosis, sehingga mempermudah terjadinya infeksi (Hartono et al, 2020).

Pada penderita DM tipe 2, risiko terjadinya infeksi jamur *non-dermatofita* pada mukosa mulut meningkat akibat penurunan fungsi sistem

imun. Hiperglikemia kronis menyebabkan gangguan produksi sitokin dan interleukin, disfungsi kemotaksis dan aktivitas fagosit, serta penurunan fungsi neutrofil, sehingga mekanisme pertahanan tubuh terhadap kolonisasi jamur menjadi tidak optimal. Kondisi tersebut mempermudah jamur oportunistik untuk berkembang dan menyebabkan infeksi pada mukosa mulut penderita diabetes melitus tipe 2 (Hartono et al, 2020).

4. Pengobatan

Obat-obatan antifungal yang digunakan untuk pengobatan dibagi menjadi beberapa golongan, yaitu *Polyenes* (nistatin dan amfoterisin B), penghambat biosintesis ergosterol, yaitu Azole (*Miconazole*, *Clotrimazole*, *Ketoconazole*, *Itraconazole*, dan *Fluconazole*), *Allylamines*, *Thiocarbamates*, *Morpholines*, serta analog DNA seperti *5-Fluorocytosine* dan *Caspofungin*. Pemilihan terapi antifungal disesuaikan dengan tipe lesi dan status imunologis pasien. Tiga target utama obat antifungal adalah membran sel, dinding sel, dan asam nukleat. Golongan obat topikal yang umum digunakan untuk adalah Imidazole dan Poliene. Poliene bersifat fungisida dengan mekanisme mengikat langsung ergosterol pada membran sel jamur, sehingga menyebabkan kebocoran sitoplasma dan kematian sel. Larutan nistatin atau amfoterisin B umumnya digunakan selama 4 minggu. Terapi antifungal sistemik biasanya diberikan pada kasus yang meluas atau pada pasien dengan gangguan imun. Azole bersifat fungistatik dengan cara

menghambat enzim *lanosterol demethylase*, yang bertanggung jawab atas sintesis ergosterol pada sel jamur (Dwi et al., 2021).