

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Diabetes Melitus

1. Definisi Diabetes Melitus

Diabetes Melitus (DM), juga dikenal sebagai diabetes, merupakan gangguan metabolisme kompleks yang ditandai dengan hiperglikemia, suatu kondisi abnormal secara fisiologis yang ditandai dengan peningkatan kadar glukosa darah secara terus menerus. Metabolik yang ditandai oleh hiperglikemia yang terjadi karena kelainan pada sekresi insulin, gangguan kerja insulin, atau keduanya. Hiperglikemia kronik pada diabetes dapat menyebabkan kerusakan organ jangka panjang serta disfungsi pada mata, ginjal, saraf, jantung, dan pembuluh darah sehingga memicu komplikasi seperti gangguan penglihatan, gagal ginjal, penyakit kardiovaskuler, maupun neuropati (Banday et al., 2020).

2. Klasifikasi Diabetes Melitus

Diabetes melitus tidak merujuk pada satu penyakit tunggal, melainkan pada berbagai gangguan dengan penyebab yang berbeda-beda. Pengetahuan yang terus berkembang telah memungkinkan kita untuk mengidentifikasi kondisi terpisah yang disebabkan oleh kelainan genetik spesifik, yaitu:

a. Diabetes Melitus Tipe 1

Diabetes melitus Tipe 1 merupakan suatu penyakit gangguan autoimun yang ditandai dengan kerusakan sel β pankreas oleh sel T, yang mengakibatkan kekurangan insulin dan akhirnya hiperglikemia. Kecepatan perkembangan autoimunitas spesifik sel β pankreas itu sendiri umumnya cepat pada kebanyakan kasus, seperti pada bayi dan anak-anak atau dapat berlangsung secara bertahap pada dewasa (Thompson et al., 2023).

b. Diabetes Melitus Tipe 2

Diabetes melitus tipe 2 merupakan gangguan metabolik yang ditandai dengan peningkatan kadar glukosa darah akibat menurunnya sekresi insulin oleh sel β pankreas atau adanya gangguan dalam kerja insulin berupa resistensi insulin. Pada diabetes melitus tipe 2, kondisi hiperglikemia bukan terutama disebabkan oleh kekurangan produksi insulin, melainkan karena sel-sel target insulin tidak mampu merespons hormon tersebut secara optimal. Keadaan ini dikenal sebagai resistensi insulin. Resistensi insulin umumnya berkaitan dengan obesitas, kurangnya aktivitas fisik, serta proses penuaan. Selain itu, pada penderita diabetes melitus tipe 2 dapat terjadi peningkatan produksi glukosa oleh hati, namun tidak disertai dengan kerusakan sel β pankreas secara autoimun, sebagaimana terjadi pada diabetes melitus tipe 1. Ketidakmampuan insulin dalam menjalankan fungsinya

menyebabkan glukosa tetap berada dalam sirkulasi darah, sehingga terjadi peningkatan kadar glukosa darah atau hiperglikemia. Hiperglikemia yang terjadi dalam jangka waktu lama dapat menimbulkan kerusakan pada berbagai organ tubuh dan meningkatkan risiko terjadinya komplikasi yang dapat membahayakan jiwa. Komplikasi tersebut meliputi penyakit kardiovaskular, neuropati, nefropati, serta gangguan pada mata yang dapat berkembang menjadi retinopati dan pada kondisi yang lebih berat dapat menyebabkan kebutaan (Rosyidah & Cahyono, 2025).

c. Diabetes Melitus Gestasional

Diabetes melitus gestasional (DMG) adalah kondisi gangguan metabolisme yang ditandai oleh peningkatan kadar glukosa dalam darah (hiperglikemia) yang pertama kali teridentifikasi pada saat kehamilan, terutama pada trimester kedua atau ketiga. Kondisi ini timbul akibat ketidakseimbangan antara peningkatan resistensi insulin fisiologis yang normal selama kehamilan dengan kemampuan pankreas untuk menghasilkan insulin yang memadai. Apabila sel β pankreas tidak mampu menyesuaikan diri dengan peningkatan kebutuhan insulin tersebut, maka terjadi hiperglikemia yang bersifat gestasional (Sharma et al., 2022).

3. Patogenitas Diabetes Melitus Tipe 2

Patogenesis diabetes melitus tipe 2 merupakan suatu proses yang kompleks dan melibatkan interaksi antara faktor genetik dan faktor lingkungan, serta gangguan fungsi pada beberapa organ utama yang berperan dalam pengaturan metabolisme glukosa, yaitu pankreas, hati, otot rangka, dan jaringan adiposa. Proses ini terjadi secara bertahap dan bersifat progresif, yang diawali dengan terjadinya resistensi insulin, diikuti oleh penurunan fungsi sel beta pankreas, hingga akhirnya menimbulkan kondisi hiperglikemia kronis, sebagai berikut:

a. Resistensi Insulin

Tahap awal dalam patogenesis diabetes melitus tipe 2 adalah resistensi insulin, yaitu keadaan ketika sel-sel tubuh, terutama pada otot rangka, jaringan adiposa, dan hati, mengalami penurunan respons terhadap kerja insulin. Akibatnya, proses pengambilan glukosa oleh sel menjadi tidak optimal sehingga glukosa tetap berada dalam sirkulasi darah (Rosyidah & Cahyono, 2025).

b. Kompensasi dan disfungsi oleh Sel β Pankreas

Sebagai respons terhadap resistensi insulin, sel β p meningkatkan produksi dan sekresi insulin yang dikenal sebagai hiperinsulinemia kompensatorik. Pada fase awal, mekanisme ini masih mampu mempertahankan kadar glukosa darah dalam batas

normal. Dalam jangka waktu tertentu, peningkatan kebutuhan sekresi insulin yang berlangsung terus menerus menyebabkan sel β mengalami kelelahan dan stres. Kondisi ini mengakibatkan penurunan fungsi serta jumlah sel β pankreas, sehingga sekresi insulin menjadi tidak adekuat (Khin et al., 2023).

c. Peningkatan Produksi Glukosa oleh Hati

Kondisi ini terjadi ketika kadar glukosa darah menurun, sehingga hati melepaskan glukosa yang tersimpan dalam bentuk glikogen melalui proses glikogenolisis atau membentuk glukosa dari sumber nonkarbohidrat melalui glukoneogenesis. Mekanisme tersebut bertujuan mempertahankan ketersediaan energi bagi tubuh, terutama otak, dengan bantuan hormon glukagon, kortisol, dan epinefrin. Namun, pada penderita diabetes melitus hati bisa mengalami resistensi insulin yang dimana ketidakmampuan insulin dalam menghambat produksi glukosa di hati menyebabkan organ tersebut terus melepaskan glukosa ke dalam aliran darah, meskipun kadar glukosa darah telah meningkat (Onyango, 2022).

d. Disregulasi Hormon dan Proses Inflamasi

Selain gangguan pada insulin, terjadi pula ketidakseimbangan hormon lain, seperti peningkatan kadar glukagon yang tidak normal, serta aktivasi proses inflamasi kronis pada jaringan adiposa. Kondisi ini semakin memperburuk resistensi insulin dan mempercepat kerusakan sel β pankreas.

e. Glukotoksisitas dan Lipotoksisitas

Peningkatan kadar glukosa dan asam lemak bebas dalam darah secara berkepanjangan akan memperparah kerusakan sel beta pankreas melalui mekanisme glukotoksisitas dan lipotoksisitas, sehingga mempercepat progresivitas diabetes melitus tipe 2 (Thomas et al., 2023).

4. Komplikasi Diabetes Melitus Tipe 2

Diabetes melitus Tipe 2 (DM2) merupakan penyakit kronis yang dapat menimbulkan berbagai komplikasi akibat kadar gula darah yang tinggi dalam jangka waktu lama. Komplikasi DM2 dibagi menjadi komplikasi mikrovaskuler dan komplikasi makrovaskular.

a. Komplikasi Makrovaskuler pada Diabetes Melitus Tipe 2

Komplikasi makrovaskular pada diabetes melitus tipe 2 (DM2) merupakan komplikasi yang melibatkan pembuluh darah besar akibat kadar gula darah yang tinggi dalam jangka waktu lama. Hiperglikemia kronis dapat menyebabkan kerusakan dinding pembuluh darah dan mempercepat terjadinya aterosklerosis. Akibatnya, penderita DM2 memiliki risiko lebih tinggi mengalami penyakit jantung koroner, stroke, dan penyakit pembuluh darah perifer. Penyakit pembuluh darah perifer menyebabkan berkurangnya aliran darah ke ekstremitas, terutama kaki, sehingga meningkatkan risiko luka sulit sembuh,

infeksi, dan amputasi. Komplikasi makrovaskular merupakan salah satu penyebab utama meningkatnya angka kesakitan dan kematian pada penderita DMT2 (ElSayed et al., 2025).

b. Komplikasi Mikrovaskular

Komplikasi mikrovaskular terjadi akibat kerusakan pada pembuluh darah kecil (kapiler), yang mengganggu sirkulasi mikro pada ginjal, retina, dan saraf perifer (Banday et al., 2020).

1) Nefropati Diabetik

Nefropati diabetik ditandai oleh penebalan membran basal glomerulus dan pembesaran mesangium, yang menyebabkan proteinuria dan penurunan fungsi filtrasi ginjal. Bila tidak ditangani, kondisi ini dapat berkembang menjadi gagal ginjal kronik.

2) Retinopati Diabetik

Retinopati diabetik merupakan komplikasi pada mata yang disebabkan oleh kebocoran kapiler retina dan iskemia akibat hiperglikemia kronik. Akibatnya, terjadi perdarahan mikro, edema makula, dan risiko kebutaan permanen.

3) Neuropati Diabetik

Neuropati diabetik terjadi karena kerusakan saraf perifer akibat penurunan aliran darah mikrovaskular dan stres oksidatif yang tinggi. Kondisi ini menimbulkan gejala seperti mati rasa, rasa terbakar, nyeri, serta menyebabkan ulkus

diabetikum pada kaki yang berisiko berlanjut menjadi amputasi.

B. Kuku

1. Definisi Kuku

Kuku merupakan bagian tubuh yang tumbuh di ujung jari tangan dan kaki yang tersusun dari sel-sel keratin yang terkeratinase (keras dan padat) dan merupakan turunan kulit (*adnexa integumen*). Kuku terdiri dari pelat keratin yang melindungi ujung distal jari dari trauma fisik. Dan berperan dalam fungsi sentuhan. Kuku terbentuk dari matriks kuku yang menghasilkan sel-sel keratin baru yang terdorong keluar sehingga membentuk pelat kuku (*nail plate*) yang kuat dan melindungi jaringan lunak di bawahnya (Queirós et al., 2022).

2. Struktur Anatomi Kuku

Struktur anatomi kuku terdiri atas beberapa bagian utama yang memiliki fungsi penting dalam proses pertumbuhan serta mempertahankan bentuk dan kekuatan kuku (Syahanti & Setiasih, 2025):

- a. Matriks kuku (*nail matrix*) merupakan bagian yang terletak di bawah lipatan kulit proksimal dan berperan sebagai daerah germinatif tempat terbentuknya sel-sel kuku baru. Bagian ini bertanggung jawab atas pertumbuhan, ketebalan, serta pembentukan awal proses keratinisasi sebelum sel-sel tersebut terdorong ke arah permukaan.

- b. Lempeng kuku (*nail plate*) adalah lapisan keras dan bening yang tampak di permukaan, tersusun atas sel-sel keratin padat. Lempeng ini menjadi struktur utama yang melindungi ujung jari dari trauma atau tekanan fisik.
- c. Tempat tidur kuku (*nail bed*) merupakan jaringan di bawah lempeng kuku yang memiliki banyak pembuluh darah, berfungsi memberikan nutrisi serta menopang pertumbuhan lempeng kuku saat bergerak ke arah luar.
- d. Lipatan kuku (*nail fold*) adalah bagian kulit yang mengelilingi sisi kuku dan berfungsi sebagai pelindung terhadap masuknya mikroorganisme maupun kotoran yang dapat menyebabkan infeksi.
- e. Kutikula (*eponikium*) merupakan lapisan tipis di pangkal kuku yang melekat pada lempeng dan berperan sebagai penghalang alami terhadap masuknya zat asing atau mikroba ke area matriks kuku.

3. Fungsi Kuku

Kuku memiliki berbagai fungsi penting dalam tubuh manusia. Pertama kuku berperan sebagai pelindungi jaringan distal, yaitu melindungi ujung jari dan jaringan lunak di bawahnya dari cedera fisik, trauma mekanis, dan infeksi mikroorganisme, sehingga membantu menjaga integritas jaringan tubuh bagian paling luar. Selain berfungsi sebagai pelindung ujung jari, kuku juga berperan dalam meningkatkan

kepekaan sensorik pada bagian tersebut. Keberadaan kuku membantu memperkuat sensasi sentuhan serta mendukung pelaksanaan aktivitas motorik halus, misalnya saat memegang atau mengambil benda berukuran kecil. Perubahan pada kuku juga sering digunakan klinis sebagai indikator kesehatan sistemik, dimana perubahan warna, tekstur atau pertumbuhan kuku dapat mencerminkan adanya masalah kesehatan internal seperti gangguan metabolik, anemia, gangguan sirkulasi atau infeksi jamur (Herdiana et al., 2022).

C. Mikosis

1. Definisi Mikosis

Mikosis adalah penyakit infeksi yang disebabkan oleh jamur, yang terjadi ketika jamur menginvasi jaringan tubuh dan menimbulkan manifestasi klinis, baik pada individu dengan sistem imun normal maupun pada individu dengan gangguan imunitas. Infeksi jamur ini dapat bersifat superfisial hingga invasif, tergantung pada jenis jamur dan kondisi host (Donnelly et al., 2020).

2. Klasifikasi Mikosis

Infeksi jamur atau mikosis diklasifikasikan berdasarkan lokasi terjadinya infeksi, sebagai berikut:

- a. Mikosis superfisial merupakan infeksi jamur yang mengenai bagian paling luar dari kulit, rambut, dan kuku. Beberapa contoh infeksi tersebut antara lain *tinea corporis* atau kurap serta *Pityriasis versicolor*. Jamur penyebab utama mikosis superfisial adalah

Malassezia sp., yang merupakan flora normal kulit namun dapat menjadi patogen pada kondisi tertentu, seperti peningkatan kelembapan, produksi sebum berlebih, atau gangguan imunitas (Pahira et al., 2023).

- b. Mikosis kutan merupakan infeksi jamur yang menyerang jaringan berkeratin, meliputi stratum korneum kulit, rambut, dan kuku, serta biasanya disertai respons inflamasi. Infeksi ini paling sering disebabkan oleh kelompok dermatofita, yaitu *Trichophyton*, *Microsporum*, dan *Epidermophyton*, yang memiliki kemampuan mencerna keratin melalui enzim keratinase. . Manifestasi klinis mikosis kutan meliputi berbagai bentuk tinea, termasuk tinea corporis, tinea pedis, dan tinea unguium (onikomikosis) (Pereira et al., 2021).
- c. Mikosis subkutan mengenai jaringan di bawah kulit akibat masuknya jamur melalui luka, dengan contoh sporotrikosis (Pahira et al., 2023).
- d. Mikosis sistemik umumnya disebabkan oleh jamur dimorfik yang menginfeksi paru-paru dan berpotensi menyebar ke organ lain, seperti pada blastomikosis (Pahira et al., 2023).
- e. Mikosis oportunistik banyak ditemukan pada individu dengan gangguan sistem imun dan dapat bersifat invasif serta berakibat fatal (Pahira et al., 2023).

D. Jamur kuku (*Tinea Unguium*)

1. Definisi Jamur Kuku (*Tinea Unguium*)

Jamur kuku (*Tinea unguium*) merupakan infeksi jamur dermatofita yang menyerang jaringan kuku (*nail plate dan nail bed*), termasuk kuku jari tangan maupun kuku kaki. Kondisi ini merupakan bentuk jamur kuku dermatofita, yaitu infeksi jamur yang secara spesifik disebabkan oleh *Trichophyton rubrum* dan *Trichophyton mentagrophytes*, dua spesies jamur keratinofilik yang mampu menguraikan keratin kuku sebagai sumber nutrisi. Secara klinis, tinea unguium ditandai oleh penebalan, perubahan warna (kuning, keputihan, atau kecoklatan), kerapuhan, dan deformitas kuku yang dapat menurunkan fungsi serta estetika kuku. Penyakit ini bersifat kronis dan progresif, lebih sering mengenai kuku kaki karena kondisi lembap dan tertutup sepatu yang mendukung pertumbuhan jamur (Suryanty et al., 2021).

2. Klasifikasi Jamur Kuku (*Tinea Unguium*)

Jamur kuku (*Tinea unguium*) merupakan infeksi jamur pada lempeng kuku yang dapat diklasifikasikan berdasarkan pola klinis dan etiologi (jenis jamur penyebabnya). Pemahaman terhadap klasifikasi ini sangat penting karena menentukan strategi diagnosis dan pengobatan yang tepat. Secara klinis, *Tinea unguium* dibagi menjadi lima tipe utama, yaitu (Primisawitri & Muliando, 2024):

- a. *Distal dan Lateral Subungual Onychomycosis* (DLSO), yaitu bentuk paling sering terjadi. Infeksi bermula dari bagian tepi atau ujung kuku, kemudian menyebar ke arah pangkal. Ditandai dengan perubahan warna kuku menjadi kekuningan atau kecoklatan, penebalan, serta kerapuhan pada lempeng kuku.
- b. *Superficial White Onychomycosis* (SWO), yang ditandai dengan bercak putih pada permukaan kuku akibat pertumbuhan jamur di lapisan atas lempeng kuku. Jenis ini termasuk ringan dan mudah diobati karena infeksiya masih bersifat superfisial.
- c. *Proximal Subungual Onychomycosis* (PSO), yang dimulai dari pangkal kuku dan sering ditemukan pada penderita dengan sistem imun menurun.
- d. *Endonyx Onychomycosis* (EO), yaitu infeksi yang terjadi di bagian dalam lempeng kuku tanpa mengenai dasar kuku (nail bed), sehingga tidak menyebabkan kuku terlepas.
- e. *Total Dystrophic Onychomycosis* (TDO), merupakan bentuk paling lanjut, di mana seluruh bagian kuku mengalami perubahan warna, penebalan, dan kerusakan permanen.

3. Faktor Resiko Jamur Kuku (*Tinea Unguium*)

Jamur kuku (*tinea unguium*) adalah infeksi jamur pada lempeng kuku yang dipengaruhi oleh beberapa faktor risiko. Faktor-faktor tersebut mencakup kondisi fisiologis, lingkungan, serta kebiasaan yang

dapat mempermudah kolonisasi dan pertumbuhan jamur patogen seperti *Trichophyton sp*, *Microsporum sp*, *Epidermophyton*.

a. Usia Lanjut

Risiko jamur kuku (*Tinea unguium*) meningkat seiring bertambahnya usia karena sirkulasi darah yang lebih buruk, imunitas yang menurun, trauma kuku yang sering terjadi, dan pertumbuhan kuku yang lebih lambat pada lansia. Studi menunjukkan bahwa usia yang lebih tua dikaitkan dengan kejadian jamur kuku secara signifikan (Albucker et al., 2023).

b. Diabetes Melitus

Penderita diabetes melitus memiliki risiko lebih tinggi mengalami jamur kuku (*Tinea unguium*) karena hiperglikemia kronis menyebabkan penurunan imunitas, sirkulasi perifer yang buruk, dan kondisi neuropati yang membuat infeksi lebih mudah berkembang. Banyak studi klinis menemukan hubungan kuat antara diabetes dan jamur kuku (Albucker et al., 2023).

c. Kelembapan Tinggi pada Kaki / Lingkungan Lembap

Jamur penyebab *Tinea unguium* tumbuh subur di kondisi hangat dan lembap, seperti kaki yang berkeringat, sepatu tertutup, kamar mandi umum, dan kolam renang karena sanitasi yang buruk berpotensi menyebabkan jamur tumbuh lebih mudah. Faktor kelembapan ini sering disebut dalam penelitian sebagai kondisi lingkungan prediktif tumbuhnya jamur (Mayumi et al., 2023).

d. Trauma pada Kuku

Trauma akibat benturan, tekanan dari alas kaki yang sempit, atau cedera berulang dapat merusak struktur kuku dan membuka celah untuk penetrasi jamur karena adanya trauma atau kondisi lain pada kuku menyebabkan jamur dapat menginvasi kuku normal. Beberapa literatur klinis menyebutkan trauma sebagai faktor yang mempermudah invasi jamur (Mayumi et al., 2023).

e. Penggunaan Alas Kaki Tertutup Lama

Pemakaian sepatu tertutup dalam waktu lama menciptakan lingkungan hangat dan lembap di sekitar jari kaki, sehingga menjadi faktor risiko penting pada munculnya *Tinea unguium* terutama pada pekerja di lingkungan lembap atau aktifitas luar ruangan (Nita et al., 2025).

4. Patofisiologi dan Etiologi

a. Patofisiologi Jamur Kuku (*Tinea Unguium*)

Jamur kuku (*Tinea unguium*) biasanya menyerang bagian kuku kaki, tetapi juga dapat ditemukan pada kuku tangan. Dermatofita mampu menghasilkan keratinase yang memulai infeksi di antara jari-jari kaki bagian bawah, kemudian menyebar ke telapak kaki yang hiperkeratotik, dan secara perlahan meluas ke ruang hiponekial distal pada unit kuku yang mengalami trauma mikro. Dermatofita bisa menembus dan menginfeksi bantalan kuku melalui hiponikur distal kuku, lalu menyebar ke arah proksimal dalam

bentuk onikolisis dan hiperkeratosis subungual (Mahbubatur & Acivrida, 2024).

b. Etiologi Penyebab Jamur kuku (*Tinea Unguium*)

Tinea unguium merupakan infeksi jamur pada kuku yang secara spesifik disebabkan oleh dermatofita, yaitu kelompok jamur yang memiliki kemampuan mencerna keratin sehingga dapat menginvasi lempeng kuku dan jaringan sekitarnya. Infeksi ini sebagian besar disebabkan oleh jamur dermatofita dari genus *Trichophyton*, *Epidermophyton*, dan *Microsporum*, yang memiliki enzim keratinase sehingga mampu memecah keratin pada kuku. Spesies yang paling sering diisolasi sebagai penyebab *tinea unguium* adalah *Trichophyton rubrum* sebagai etiologi dominan, diikuti oleh *Trichophyton mentagrophytes* dan *Epidermophyton floccosum* dalam berbagai studi kultur klinis. Penelitian menunjukkan bahwa *T. rubrum* dan *T. mentagrophytes* merupakan penyebab utama infeksi pada kuku, dengan beberapa laporan juga menemukan *Microsporum sp.* sebagai penyebab yang lebih jarang (Fonna & Haura, 2023):

E. Dermatofita

1. Definisi Dermatofita

Dermatofita adalah salah satu penyebab infeksi dermatofitosis. Dermatofitosis adalah suatu penyakit yang terjadi pada jaringan tubuh yang mengandung zat keratin, seperti lapisan luar kulit (*stratum*

corneum) pada epidermis, rambut, dan kuku. Penyebab dari penyakit ini adalah golongan jamur yang disebut dermatofita, yang mampu mencerna zat keratin. Salah satu jenis penyakit dermatofitosis adalah *Tinea unguium* adalah infeksi pada kuku tangan dan kuku kaki. Dermatofita termasuk kelas imperfektif yang dibagi dalam 3 genus yaitu *Trichophyton*, *Microsporum* dan *Epidermophyton*. Jamur imperfektif yaitu jamur yang mempunyai bentuk berbeda-beda dan hidupnya belum diketahui cara produksi seksualnya (Awaluddin et al., 2022). Penyebab munculnya dermatofitosis dipengaruhi oleh sejumlah faktor lingkungan, termasuk iklim hangat, tingkat kebersihan diri, sumber penularan infeksi, pemberian obat-obatan seperti steroid, antibiotik, dan sitostatika, serta derajat imunogenisitas serta kapasitas organisme untuk menginvasi jaringan. Di samping itu, tempat terjadinya infeksi dan reaksi kekebalan tubuh pasien turut berkontribusi terhadap perkembangan penyakit tersebut. Dermatofita merupakan golongan jamur yang dapat memproduksi molekul yang berikatan dengan keratin, kemudian memanfaatkannya sebagai sumber nutrisi untuk pertumbuhan dan bertahan hidup di lapisan kulit (Riyaldi et al, 2024).

2. Morfologi dan identifikasi Dermatofita

a. *Trichophyton sp*

Trichophyton adalah jenis jamur dermatofita yang dapat ditemukan di tanah, hewan, dan manusia. Berdasarkan habitatnya,

jamur ini diklasifikasikan menjadi antropofilik, zoofilik, dan geofilik. *Trichophyton* bertanggung jawab atas infeksi pada rambut, kulit, dan kuku. Jamur ini memiliki makrokonidia yang berbentuk silindris, dengan dinding tipis dan halus, serta menyerupai gada, dan dilengkapi 8 hingga 10 septum berukuran 4 x 8 hingga 8 x 15 μm . Selain itu, mikrokonidia khas jamur ini berbentuk bulat, *piriform* (seperti tetesan air mata), atau *clavate* (seperti gada), dengan ukuran sekitar 2 hingga 4 μm (Mala, 2020).

1) *Trichophyton rubrum*

Trichophyton rubrum merupakan jamur yang paling utama dalam menyebabkan gangguan infeksi jangka panjang yang menyerang kulit dan kuku manusia. Pertumbuhan koloni jamur ini beragam dari lambat hingga cepat, dengan warna putih kekuningan biasa juga merah violet, dan tampak pucat hingga coklat kemerahan jika dilihat dari belakang (Mala, 2020).

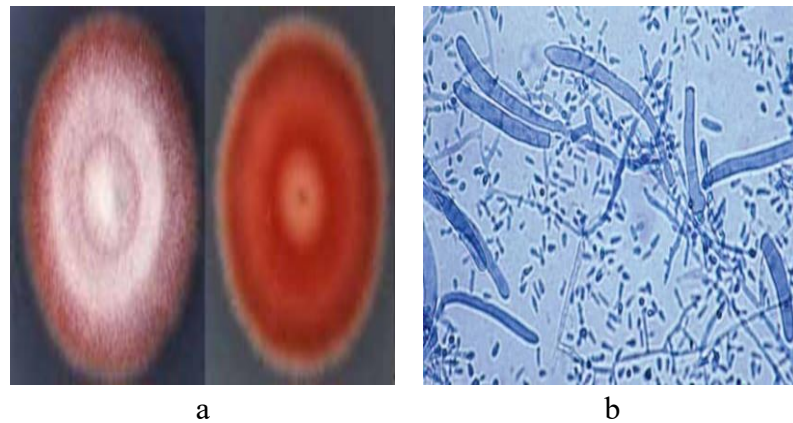
Menurut Suryani, (2020), klasifikasi dan morfologi dari *Trichophyton rubrum* sebagai berikut :

Klasifikasi

<i>Kingdom</i>	: <i>Fungi</i>
<i>Filum</i>	: <i>Ascomycota</i>
<i>Kelas</i>	: <i>Euritiomycetes</i>
<i>Ordo</i>	: <i>Onygenales</i>
<i>Famili</i>	: <i>Arthrodermataceae</i>

Genus : *Trichophyton*

Spesies : *Trichophyton rubrum*



Gambar 1 *Trichophyton rubrum* secara a) makroskopis dan b) mikroskopis

Sumber : (Kidd et al.,2016)

Secara makroskopis, permukaan kultur dapat bervariasi dari putih hingga krem hingga merah tua; pigmen sisi belakang kultur dapat bervariasi dari tidak berwarna hingga kekuningan hingga coklat kekuningan hingga merah anggur (Kidd et al.,2016). Secara mikroskopis, *Trichophyton rubrum* membentuk banyak mikrokonidia berukuran kecil dengan dinding tipis dan bentuk memanjang atau lonjong. Mikrokonidia tersebut melekat pada konidiofora pendek yang tersusun secara berurutan di sepanjang sisi hifa atau dalam kelompok. Makrokonidia berbentuk seperti pensil dan terdiri dari beberapa sel (Mala, 2020).

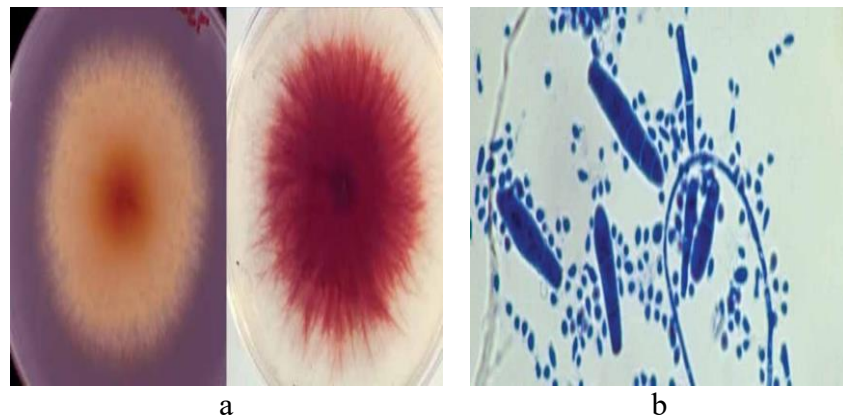
2) *Trichophyton mentagrophytes*

Trichophyton mentagrophytes merupakan jamur dermatofita antropozofilik penyebab berbagai infeksi superfisial pada manusia dan hewan, terutama infeksi kuku (*tinea unguium*), kulit, dan rambut. Jamur ini memiliki kemampuan mendegradasi keratin melalui enzim spesifik dan termasuk dalam genus *Trichophyton* yang paling sering menyebabkan tinea pada manusia. Secara mikroskopis, jamur ini menunjukkan mikrokonidia berbentuk bulat hingga oval yang tersusun berkelompok, serta spiral hifa yang khas. Infeksi biasanya lebih inflamatorik dibanding *T. rubrum* (Fatmawati et al., 2023).

Menurut Suryani, (2020), klasifikasi dan morfologi dari *Trichophyton mentagrophytes* sebagai berikut :

Klasifikasi

<i>Kingdom</i>	: <i>Fungi</i>
<i>Filum</i>	: <i>Ascomycota</i>
<i>Kelas</i>	: <i>Euritiomycetes</i>
<i>Ordo</i>	: <i>Onygenales</i>
<i>Famili</i>	: <i>Arthrodermataceae</i>
<i>Genus</i>	: <i>Trichophyton</i>
<i>Spesies</i>	: <i>Trichophyton mentagrophytes</i>



Gambar 2 *Tricophyton mentagrophytes* secara a) makroskopis dan b) mikroskopis

Sumber : (Kidd et al, 2016)

Secara makroskopis *T. mentagrophytes* pada media *Sabouraud Dextrose Agar* (SDA) berwarna putih hingga krem dengan tekstur seperti tepung berbulu halus, serta memiliki permukaan datar hingga sedikit berlipat. Secara mikroskopis memiliki hifa hialin bersepta dan bercabang dengan mikrokonidia yang banyak dan berbentuk bulat hingga *piriform*, dengan tersusun tunggal atau berkelompok menyerupai buah anggur, sedangkan makrokonidianya berbentuk silindris, berdinding tipis hingga sedang dan bersepta 3-8. Selain itu ada juga hifa berbentuk spiral (Amaliyah, 2023).

b. *Microsporum sp*

Microsporum sp. adalah salah satu genus jamur dermatofita yang termasuk dalam filum *Ascomycota*, kelompok jamur keratinofilik yang dapat menginfeksi jaringan yang mengandung keratin seperti kulit, rambut, dan kuku (Moskaluk & VandeWoude, 2022). Secara taksonomi, *Microsporum* berada dalam keluarga

Arthrodermataceae, bersama dengan genus *Trichophyton* dan *Epidermophyton*, yang merupakan penyebab utama dermatofitosis pada manusia dan hewan.

Klasifikasi *Microsporum canis* menurut Suryani, (2020)

Domain : Eukaryota

Kingdom : Fungi

Filum : Ascomycota

Subfilum : Pezizomycotina

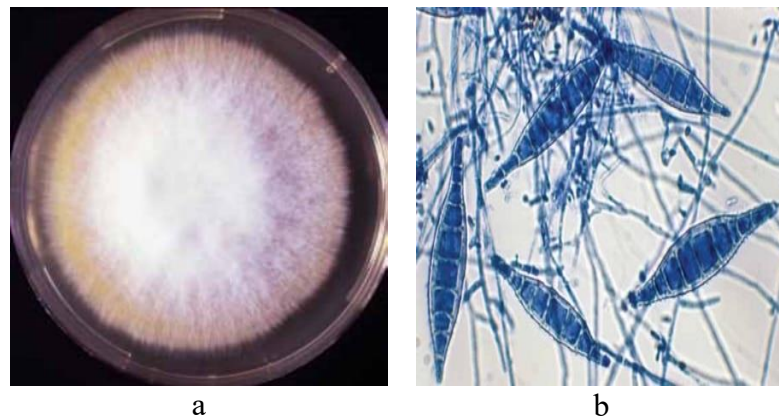
Kelas : Eurotiomycetes

Ordo : Onygenales

Famili : Arthrodermataceae

Genus : *Microsporum*

Spesies : *Microsporum canis*



Gambar 3 *Microspoum canis* secara a) makroskopis dan b) mikroskopis

Sumber : (Kidd et al., 2016)

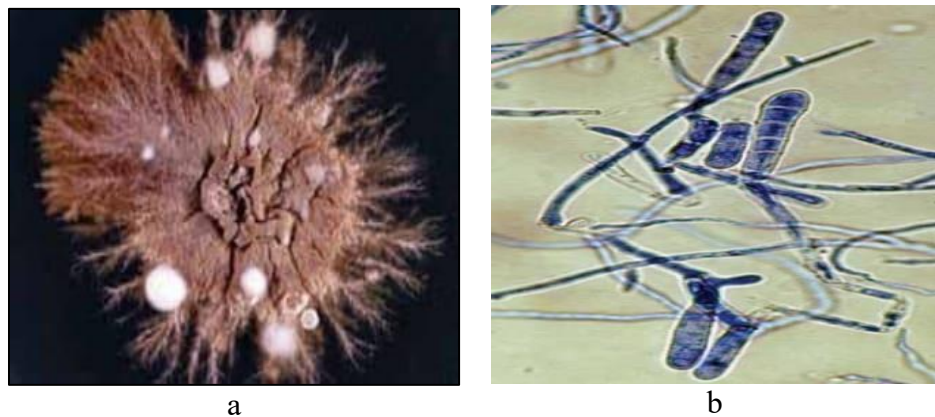
Makroskopis koloni berbentuk datar dan menyebar, berwarna putih hingga krem, dengan permukaan rapat serta berbulu halus, dan pada beberapa kasus tampak adanya alur radial. Koloni umumnya memiliki pigmen pada bagian balik berwarna kuning keemasan cerah hingga kuning kecokelatan, meskipun dapat dijumpai pula galur yang tidak berpigmen. Mikroskopis makrokonidia umumnya berbentuk spindel, terdiri atas 5–15 sel, berbenjol, berdinding tebal, serta sering menunjukkan tonjolan pada bagian terminal, dengan ukuran berkisar antara $35\text{--}110 \times 12\text{--}25 \mu\text{m}$. Selain itu, dijumpai pula sejumlah mikrokonidia yang berbentuk *piriform* hingga klavat. Makrokonidia dan/atau mikrokonidia sering kali tidak terbentuk pada media isolasi primer, sehingga dianjurkan dilakukan subkultur pada agar SDA dan/atau butiran beras yang direbus dan dihaluskan guna merangsang pembentukan spora (Kidd et al., 2016).

c. *Epidermophyton floccosum*

Epidermophyton merupakan salah satu genus jamur dermatofita yang termasuk dalam famili *Arthrodermataceae*, bersama dengan *Trichophyton* dan *Microsporum*. Genus ini dikenal bersifat keratinofilik, artinya jamur ini mampu mendegradasi keratin dan menyebabkan infeksi superfisial pada jaringan tubuh seperti kulit dan kuku, tetapi tidak menginfeksi rambut (Moskaluk & VandeWoude, 2022).

Klasifikasi *Epidermophyton floccosum* (Y. Suryani et al., 2020) :

Kingdom : Fungi
Divisi : Ascomycota
Class : Eurotiomycetes
Ordo : Onygenales
Famili : Arthrodermataceae
Genus : *Epidermophyton*
Spesies : *Epidermophyton floccosum*



Gambar 4 *Epidermophyton floccosum* secara a) makroskopis dan b) mikroskopis

Sumber : (Kidd et al., 2016)

Koloni umumnya mengalami pertumbuhan lambat, berwarna hijau kecokelatan atau khaki, dengan permukaan menyerupai suede, tampak menonjol serta berlipat pada bagian tengah. Tepi koloni terlihat datar dengan zona pertumbuhan yang terbenam. Pada biakan yang telah lama, dapat terbentuk gumpalan miselium pleomorfik berwarna putih. Pigmen pada bagian balik biasanya berwarna kuning kecokelatan tua. Secara mikroskopis, morfologi menunjukkan adanya makrokonidia berdinding tipis dan berpermukaan halus, yang sering dihasilkan dalam kelompok dan tumbuh langsung dari

hifa. Pada biakan yang lebih tua, terbentuk banyak klamidospora, sedangkan mikrokonidia tidak ditemukan (Kidd et al., 2016).

F. Hubungan Jamur Kuku (*Tinea unguium*) dengan Diabetes Melitus

Tipe 2

Jamur kuku (*Tinea unguium*) merupakan infeksi jamur pada lempeng kuku yang sebagian besar disebabkan oleh kelompok dermatofita, terutama *Trichophyton*, *Microsporum*, dan *Eppidermophyton*. Infeksi ini berkembang perlahan dan menimbulkan perubahan warna, penebalan, serta kerapuhan kuku. Pada penderita diabetes melitus tipe 2 (DMT2), kondisi ini jauh lebih sering ditemukan dibanding populasi umum karena adanya gangguan fisiologis yang mempermudah kolonisasi jamur. Menurut Gupta et al. (2025), penderita diabetes memiliki risiko 2–3 kali lebih tinggi mengalami jamur kuku dibandingkan individu tanpa diabetes. Peningkatan risiko ini disebabkan oleh hiperglikemia kronis, gangguan mikrosirkulasi, dan penurunan imunitas seluler, yang menciptakan kondisi ideal bagi pertumbuhan dermatofita pada jaringan kuku. Kondisi neuropati perifer pada diabetes juga mengurangi sensasi nyeri, sehingga infeksi sering tidak disadari hingga mencapai tahap lanjut. Penelitian oleh Navarro-Pérez et al. (2024) di Spanyol menemukan prevalensi 47,5% jamur kuku pada penderita diabetes, sedangkan pada populasi non-diabetes hanya 18,2%. Studi serupa di Italia oleh Trovato et al., (2022) menunjukkan prevalensi 40,4%, dengan spesies dominan *T. rubrum*. Di Indonesia, penelitian oleh Maulida et al.,(2025) di RSUD Dr. Zainoel Abidin Banda Aceh, *tinea unguium*

ditemukan 15,5% pada penderita diabetes melitus, dibandingkan 2,2% pada non-diabetes berdasarkan penelitian. Hubungan ini tidak hanya bersifat klinis, tetapi juga patologis. Peningkatan kadar glukosa pada jaringan kuku dan keringat penderita diabetes menjadi substrat bagi pertumbuhan jamur. Selain itu, sirkulasi perifer yang buruk menghambat penetrasi obat antijamur sistemik, sehingga memperpanjang masa infeksi dan meningkatkan risiko kekambuhan (Gupta et al., 2025). Jika tidak ditangani, jamur kuku pada penderita diabetes dapat menjadi faktor risiko terjadinya ulkus diabetikum dan infeksi sekunder, yang berpotensi berujung pada amputasi. Dengan demikian, hubungan antara jamur kuku dermatofita dan diabetes melitus tipe 2 sangat erat. Diabetes menciptakan lingkungan fisiologis yang mendukung kolonisasi jamur, sementara infeksi jamur dapat memperburuk kondisi kulit dan jaringan perifer. Oleh karena itu, identifikasi dini jamur dermatofita pada kuku penderita diabetes sangat penting untuk pencegahan komplikasi dan penentuan terapi yang efektif.

G. Mekanisme Peningkatan Infeksi Jamur Dermatofita pada Kuku

Penderita Diabetes Melitus Tipe 2

Peningkatan kejadian infeksi jamur dermatofita pada kuku penderita diabetes melitus tipe 2 terjadi karena gangguan metabolik dan perubahan fisiologis yang mendukung pertahanan tubuh. Mekanisme utamanya sebagai berikut:

1. Sirkulasi Perifer Menurun (Gangguan Mikrosirkulasi)

Pada DM terjadi mikroangiopati yang menyebabkan aliran darah ke jaringan perifer berkurang. Kondisi ini menurunkan kemampuan jaringan kulit untuk melawan infeksi dan memperpanjang proses penyembuhan luka, sehingga jamur mudah berkembang, komplikasi mikrovaskular pada DM menyebabkan gangguan sirkulasi perifer sehingga meningkatnya risiko infeksi kaki (Gupta et al., 2025).

2. Kerusakan Saraf Perifer (Neuropati)

Kerusakan saraf tepi merupakan salah satu komplikasi paling umum pada diabetes, dengan tingkat insidensi hingga 50% pada penderita diabetes. Neuropati ini menyebabkan penurunan sensasi pada kaki, sehingga pasien sering tidak menyadari trauma atau luka kecil pada kulit dan kuku. Penurunan sensasi juga berkontribusi pada pembentukan luka tekan dan kerusakan jaringan, terutama ketika kuku yang menebal menekan kulit di sekitarnya. Kombinasi neuropati, gangguan sirkulasi, dan disfungsi imun pada diabetes meningkatkan risiko infeksi sekunder, luka kaki, dan bahkan amputasi (McMorrow et al., 2022).

3. Kerusakan Kulit dan Kuku

Pasien dengan diabetes melitus berisiko tinggi mengalami kerusakan kulit dan kuku akibat infeksi jamur, yang dikenal sebagai dermatomikosis. Hiperglikemia yang berkepanjangan mengganggu keseimbangan kulit melalui penghambatan proliferasi dan migrasi keratinosit, gangguan produksi protein, peningkatan apoptosis, serta

penurunan fagositosis dan kemotaksis sel imun, sehingga kulit menjadi lebih rentan terhadap infeksi jamur. Dermatofita dapat muncul dalam berbagai bentuk, seperti dermatositis, candidiasis, *pityriasis versicolor*, dan *paronychia*. Kerusakan kuku juga umum terjadi, dengan temuan bahwa 74% kasus dermatomikosis pada pasien diabetes melibatkan kuku, terutama jamur kuku, yang prevalensinya 1,9–2,8 kali lebih tinggi daripada pada populasi umum. Selain itu, kuku yang mengalami trauma atau kerusakan struktural lebih rentan terhadap infeksi oleh jamur non-dermatofit, seperti jamur *mold*, terutama pada pasien dengan gangguan sirkulasi perifer atau neuropati perifer (Gupta et al., 2025).

4. Hiperglikemia Mendukung Pertumbuhan Jamur

Hiperglikemia pada individu dengan diabetes melitus menciptakan lingkungan tubuh yang sangat mendukung pertumbuhan jamur. Tingginya kadar glukosa dalam darah dan jaringan menyediakan sumber energi yang optimal untuk pertumbuhan jamur. Kombinasi gangguan pembuluh darah, kerusakan jaringan, dan peningkatan kadar glukosa menyebabkan kondisi biologis yang secara signifikan meningkatkan kerentanan terhadap infeksi jamur pada penderita diabetes (Altınbaş, 2024).

5. Penurunan Sistem Imun Seluler

Penderita diabetes melitus tipe 2 mengalami penurunan fungsi sistem kekebalan seluler akibat peradangan kronis dan stres oksidatif

yang berkelanjutan. Pada obesitas faktor risiko utama diabetes melitus terjadi peningkatan produksi sitokin proinflamasi dan infiltrasi makrofag ke dalam jaringan lemak, yang memicu peradangan sistemik dan mengurangi efektivitas respons kekebalan seluler. Penelitian ini menjelaskan bahwa obesitas pada penderita diabetes melitus menyebabkan peningkatan sitokin proinflamasi dan pemicu stres oksidatif, yang dapat merusak fungsi sel, termasuk sel imun, dan berkontribusi pada perkembangan komplikasi kronis. Mekanisme inflamasi ini mengurangi aktivitas limfosit T dan makrofag, sehingga individu dengan diabetes melitus lebih rentan terhadap infeksi dan penyembuhan luka yang tertunda. Oleh karena itu, peradangan kronis, stres oksidatif, dan gangguan metabolik pada diabetes melitus secara langsung berkontribusi pada penurunan fungsi imun seluler (Purwandari et al., 2022).

H. Pengobatan

Pengobatan infeksi jamur dermatofita pada kuku penderita diabetes melitus tipe 2 (DM tipe 2) memerlukan pendekatan yang komprehensif karena pasien dengan DM memiliki daya tahan tubuh yang rendah, gangguan sirkulasi darah perifer, serta risiko kekambuhan yang tinggi. Terapi utama terdiri dari penggunaan obat antijamur oral, topikal, atau kombinasi keduanya, tergantung pada tingkat keparahan infeksi. Obat antijamur oral seperti *terbinafine* 250 mg per hari selama 12–24 minggu atau *itraconazole* dengan terapi pulsa (200 mg dua kali sehari selama satu

minggu setiap bulan) merupakan pilihan yang efektif untuk kasus sedang hingga berat, karena dapat menjangkau matriks kuku dan membasmi jamur dari jaringan dalam. Sementara itu, obat topikal seperti *ciclopirox olamine* 8%, *amorolfine* 5% *lacquer*, atau *efinaconazole* 10% *solution* digunakan pada infeksi ringan atau dikombinasikan dengan terapi oral untuk meningkatkan efektivitas dan mencegah kekambuhan. Selain pengobatan farmakologis, penderita DM tipe 2 perlu menjaga kadar gula darah tetap stabil, menjaga kuku tetap bersih dan kering, serta menghindari penggunaan alas kaki tertutup terlalu lama untuk mengurangi kelembapan yang mendukung pertumbuhan jamur. Pada kasus yang berat, dapat dilakukan tindakan tambahan seperti *debridement*, laser terapi, atau pencabutan kuku (avulsi) jika infeksi menyebabkan nyeri hebat atau kerusakan total pada lempeng kuku. Pendekatan kombinasi antara terapi obat, pengendalian metabolik, dan perawatan lokal terbukti lebih efektif dalam mempercepat penyembuhan dan menurunkan angka kekambuhan infeksi jamur pada penderita diabetes (Wahyuni et al., 2022).