

SKRIPSI

**ISOLASI DAN IDENTIFIKASI JAMUR DARI KEROKAN
KULIT PASIEN DIABETES MELITUS (DM) METODE
KULTUR DI RSUD PROF DR. H. ALOEI SABOE**

Oleh :

NOFITA BAKARI

NIM : 2410263704

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN TEKNOLOGI
LABORATORIUM MEDIS FAKULTAS ILMU KESEHATAN
UNIVERSITAS PERINTIS INDONESIA
PADANG
2026**

	No Alumni Universitas	Nofita Bakari	No Alumni
--	-----------------------	---------------	-----------



a). Tempat/Tgl: Bongomeme / 0 Maret 2002; b). Nama Orang tua: (Ayah) Harun Bakari (Ibu) Olan Poiyo; c). Program Studi: Sarjana Terapan Teknologi Laboratorium Medis (TLM); d). Fakultas: Ilmu Kesehatan; e). NIM: 2410263704; f). Tgl Lulus: 10 Maret 2026; g). Predikat lulus:; h). IPK: ; i). Lama Studi: 1 Tahun; j). Alamat: Jalan Trans Sulawesi, Dusun Rimbun, Desa Wonggarasi Tengah, Kecamatan Lemito, Kabupaten Pohuwato, Provinsi Gorontalo.

ISOLASI DAN IDENTIFIKASI JAMUR DARI KEROKAN KULIT PASIEN DIABETES MELITUS (DM) METODE KULTUR DI RSUD PROF DR. H. ALOEI SABOE

SKRIPSI

Oleh: Nofita Bakari

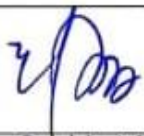
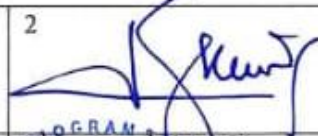
Pembimbing : 1. Anggun Sophia M.Pd, 2. Dra. Suraini M.Si

Abstrak

Diabetes Melitus (DM) merupakan penyakit degeneratif yang merupakan bagian dari empat penyakit tidak menular (PTM) prioritas yang meningkat setiap tahunnya. Penderita DM dengan hiperglikemia yang berlangsung lama berisiko mengalami kerusakan serta gangguan fungsi pada berbagai organ tubuh. Kulit merupakan salah satu organ yang paling sering terdampak oleh kondisi ini. Infeksi kulit yang menjadi salah satu komplikasi kronis yang umum ditemukan pada individu dengan DM adalah infeksi jamur. Diagnosis infeksi jamur dapat dilakukan dengan beberapa parameter pemeriksaan salah satunya adalah kultur jamur. Penelitian ini bertujuan untuk isolasi dan identifikasi jamur dari kerokan kulit pasien diabetes melitus (DM) menggunakan metode kultur di RSUD. Prof Dr. H. Aloei Saboe. Jenis penelitian ini adalah *deskriptif* dengan desain *Observasional study*. Populasi penelitian adalah pasien Diabetes melitus (DM) dengan jumlah sampel berjumlah 7 orang yang memenuhi kriteria inklusi dan eksklusi, menggunakan *Purposive sampling*. Pemeriksaan isolasi dan identifikasi jamur dilakukan dengan metode kultur jamur. Hasil penelitian menunjukkan Identifikasi spesies jamur pada kerokan kulit pasien Diabetes Melitus (DM) diketahui bahwa varian spesies yang tumbuh pada 7 sampel antara lain: *Mucor sp*, *candida albicans*, dan *candida kefyr*. Kesimpulan penelitian ini keberadaan jamur pada kerokan kulit pasien Diabetes Melitus (DM) sebanyak 7 sampel atau (100%) positif terinfeksi jamur.

Kata Kunci Diabetes Melitus (DM), Kultur, Infeksi Jamur

Skripsi ini telah dipertahankan di depan sidang penguji dan dinyatakan lulus pada ...2026, Abstrak telah disetujui oleh penguji

Tanda Tangan	1 	2 	3 
Nama Terang	Anggun Sophia M.Pd	Dra. Suraini M.Si	Dr. Donaliazarti, M.Kes., Sp.PK

Mengetahui

Ketua Program Studi: Endang Suriani, SKM., M.Kes.



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Diabetes Melitus (DM) dipandang sebagai salah satu isu kesehatan masyarakat global yang sangat krusial saat ini. Penyakit ini diklasifikasikan sebagai gangguan metabolik jangka panjang yang ditandai dengan tingginya konsentrasi glukosa darah secara berkelanjutan, akibat dari kegagalan sekresi insulin, penurunan sensitivitas fungsi insulin, atau interaksi keduanya. Ketika tubuh gagal memproduksi insulin dalam jumlah yang cukup atau tidak mampu menggunakannya secara efektif, terjadi penumpukan kadar gula dalam aliran darah (Sophia, Suraini, dan Ariesta, 2024). Selain itu, DM dikategorikan sebagai penyakit degeneratif yang memerlukan perhatian khusus karena termasuk dalam salah satu dari empat penyakit tidak menular (PTM) prioritas. Prevalensi penyakit ini terus mengalami peningkatan setiap tahun, sehingga menjadi ancaman serius bagi ketahanan kesehatan global di era kontemporer (Pratiwi dan Purwanti, 2024).

Berdasarkan data International Diabetes Federation (IDF), estimasi jumlah penduduk dewasa usia 20–79 tahun yang mengidap Diabetes Melitus secara global mencapai 589 juta jiwa, yang mengindikasikan bahwa 1 dari 9 orang dewasa menderita kondisi tersebut. Angka prevalensi ini diestimasikan melonjak hingga mencapai 853 juta jiwa pada tahun 2050. Fenomena ini diperparah dengan tingginya angka mortalitas akibat DM yang menyentuh angka 3,4 juta kasus kematian, atau setara dengan satu fatalitas setiap 9 detik (Global, Practice dan Type, 2025). Sementara itu, pada lingkup domestik, Indonesia menduduki peringkat kelima di dunia dengan jumlah penderita DM berkisar di angka 19,5

juta jiwa. Mortalitas dan morbiditas ini diperkirakan terus meningkat secara linear hingga diproyeksikan menyentuh 28,6 juta kasus pada tahun 2045 (Pratiwi dan Purwanti, 2024).

Kementerian Kesehatan Republik Indonesia (2020) mencatat terjadinya peningkatan prevalensi Diabetes Melitus (DM) secara nasional sebesar 0,5%, dari yang semula 1,5% pada tahun 2013 menjadi 2,0% pada tahun 2018. Tren kenaikan ini selaras dengan hasil pemeriksaan kadar gula darah pada populasi usia di atas 15 tahun, yang menunjukkan eskalasi dari 6,9% menjadi 8,5%, atau mencerminkan adanya pertumbuhan kasus baru sekitar 25%. Ditinjau dari pemetaan geografis, DKI Jakarta mengidentifikasi manifestasi klinis tertinggi dengan prevalensi sebesar 3,4%, berbanding terbalik dengan Provinsi Nusa Tenggara Timur (NTT) yang mencatatkan angka terendah sebesar 0,9%. Sementara itu, Provinsi Gorontalo berada pada peringkat kedelapan nasional dengan tingkat prevalensi yang berada di atas ambang 2%.

Merujuk pada laporan statistik Dinas Kesehatan Provinsi Gorontalo (2024), angka kejadian Diabetes Melitus (DM) di wilayah tersebut mencapai 10.735 penderita, yang merepresentasikan 4% dari total populasi. Distribusi spasial dari morbiditas ini menempatkan Kabupaten Bone Bolango pada posisi puncak dengan akumulasi 3.574 kasus, diikuti oleh Kabupaten Boalemo sebanyak 2.212 kasus, dan Kabupaten Gorontalo dengan 2.114 kasus. Selanjutnya, Kabupaten Gorontalo Utara mencatatkan 1.431 kasus, Kota Gorontalo sebesar 1.146 kasus, serta Kabupaten Pohuwato dengan prevalensi terendah sebesar 258 kasus. Adapun pada level sektoral Kota Gorontalo, dokumentasi terkini dari instansi kesehatan terkait mengonfirmasi adanya penambahan kasus baru

sebanyak 3.877 pasien yang penanganannya terdistribusi di seluruh fasilitas pusat kesehatan masyarakat (puskesmas).

Berdasarkan laporan data hasil observasi langsung di RSUD Prof. Dr. H. Aloei Saboe jumlah pasien Diabetes Melitus (DM) di tahun 2025 berjumlah total 1.120 dengan diagnosis DM Tipe 1 dan DM Tipe 2. Observasi yang dilakukan diperoleh sebanyak 8 pasien dengan kriteria yang masuk sebagai responden penelitian yaitu pasien diabetes melitus yang terdiagnosis hiperglikemia kronis memiliki lesi kulit dicurigai infeksi jamur (warna, ukuran, gatal/tidak, bersisik/tidak). Pasien DM dengan tipe lesi kulit (*Interdigital*; kulit memutih. Lembek, memiliki retakan/fissure. *Mocassin Type*; kulit menebal, bersisik pada telapak kaki, rasa terbakar dan gatal ringan. *Vaskular type*; lepuhan kecil ditelapak atau sisi kaki, lepuhan pecah; sisik dan kulit kering (RSUD. Prof. Dr. H. Aloei Saboe, 2026).

Secara garis besar, klasifikasi Diabetes Melitus (DM) dikategorikan menjadi dua varian utama. Diabetes Melitus tipe 1 diakibatkan oleh mekanisme autoimun yang merusak komponen protein pada sel beta pankreas secara destruktif. Di sisi lain, diabetes tipe 2 dimanifestasikan oleh perpaduan faktor genetik yang mengganggu sekresi serta efektivitas kerja insulin, yang diakselerasi oleh determinan lingkungan meliputi obesitas, konsumsi kalori berlebih, sedenter atau kurangnya aktivitas fisik, stres psikologis, serta degradasi fungsi tubuh akibat proses penuaan. Kondisi patologis DM ini menstimulasi terjadinya hiperglikemia kronis yang mengganggu sistem metabolisme karbohidrat, lipid, dan protein secara komprehensif. Jika status hiperglikemia ini berlangsung secara kronis, hal

tersebut berpotensi besar memicu disfungsi dan komplikasi sistemik pada berbagai organ vital (Lestari, Zulkarnaini dan Sijid, 2021).

Penderita Diabetes Melitus dengan hiperglikemia yang berlangsung lama berisiko mengalami kerusakan serta gangguan fungsi pada berbagai organ tubuh. Kulit merupakan salah satu organ yang paling sering terdampak oleh kondisi ini. Infeksi kulit menjadi salah satu komplikasi kronis yang umum ditemukan pada individu dengan DM. (Primadani & Nurrahmantika, 2021; Laowo & Batubara, 2021).

Manifestasi patologis dari Diabetes Melitus kronis berpotensi memicu komplikasi vaskuler yang diklasifikasikan menjadi gangguan makrovaskuler (kerusakan pembuluh darah besar) dan mikrovaskuler (kerusakan pembuluh darah kecil). Varian komplikasi makrovaskuler mencakup kejadian kardiovaskuler seperti infark miokard, stroke, serta insufisiensi vaskuler perifer pada ekstremitas bawah. Sementara itu, komplikasi mikrovaskuler bermanifestasi dalam bentuk retinopati diabetik yang berisiko memicu kebutaan, nefropati diabetik yang berprogresi menjadi gagal ginjal stadium akhir, serta neuropati. Disfungsi neurologis dan vaskuler ini juga mendegradasi jaringan kutaneus dan subkutaneus, sehingga meningkatkan risiko terjadinya ulkus diabetikum yang pada stadium lanjut memerlukan tindakan amputasi ekstremitas bawah (Indriati dan Riau, 2023).

Indikasi klinis berupa pruritus akibat infeksi jamur cenderung memicu respons motorik volunter berupa garukan intens pada area dermal yang terdampak (Ayu, Supono dan Rahmawati, 2022). Aktivitas mekanis yang destruktif ini berisiko mencederai jaringan epidermis hingga menimbulkan lesi atau ekskoriasi

terbuka. Kerusakan pada barier protektif kulit tersebut mempermudah invasi mikroorganisme oportunistik, yang selanjutnya menginduksi terjadinya infeksi sekunder. Infeksi sekunder sendiri didefinisikan sebagai kondisi patologis baru pada jaringan kulit yang berkembang secara simultan di atas lesi infeksi primer yang sudah ada sebelumnya (Luthfiani, Sari dan Apridamayanti, 2019).

Tinjauan literatur saat ini menunjukkan keterbatasan data mengenai identifikasi bakteri secara umum pada pasien Diabetes Melitus (DM). Kendati demikian, berbagai studi telah berfokus pada isolasi mikosis, seperti identifikasi jamur dermatofita dan spesies *Candida* pada ulkus diabetikum melalui metode kultur. Pendekatan molekuler dalam mendeteksi dermatofita pada lesi kaki pasien DM menunjukkan tingkat efisiensi yang tinggi dengan hasil positif mencapai 62,5%, mengonfirmasi akurasi teknik berbasis DNA dalam mengidentifikasi patogen fungal pada komplikasi tersebut. Di samping itu, karakterisasi makroskopik dan kultur laboratorium berhasil memetakan diversitas spesies *Candida* pada ulkus diabetikum stadium lanjut (Subramanian dan Abraham, 2022). Berdasarkan efektivitas deteksi *Candida* spp. melalui kombinasi pengamatan morfologi, kultur, serta *Polymerase Chain Reaction* (PCR), maka peneliti tertarik untuk melakukan studi lanjutan berbasis analisis biomolekuler demi mengidentifikasi prevalensi jamur *Trichosporon asahii* pada spesimen ulkus kaki pasien Diabetes Melitus.

Penegakan diagnosis infeksi jamur secara laboratoris dapat diidentifikasi melalui sejumlah pendekatan klinis, meliputi visualisasi mikroskopis langsung menggunakan preparat basah Kalium Hidroksida (KOH), pemeriksaan histopatologi potongan kuku lewat pewarnaan *Periodic Acid-Schiff* (PAS), isolasi

via kultur, hingga teknik amplifikasi genetik berbasis *Polymerase Chain Reaction* (PCR). Namun, skrining mikroskopis konvensional dan metode kultur memiliki keterbatasan dalam mengonfirmasi viabilitas atau daya hidup sel fungi (Velasquez-Agudelo & Cardona-Arias, 2017), di samping memiliki nilai sensitivitas yang terbatas serta membutuhkan durasi analisis yang cenderung lama (Ghannoum et al., 2018).

Atas dasar tersebut, guna memperkaya literatur akademis serta mengoptimalkan keahlian praktis dalam studi mikologi medis, studi ini difokuskan pada proses isolasi dan karakterisasi spesifik kapang maupun khamir dari spesimen skuama (kerokan kulit) penderita Diabetes Melitus (DM) melalui pemanfaatan metode kultur laboratorium.

1.2 Perumusan Masalah

Perumusan masalah pada penelitian ini adalah bagaimana “Isolasi dan Identifikasi Jamur dari Kerokan Kulit Pasien Diabetes Melitus (DM) Menggunakan Metode Kultur Di RSUD Prof Dr. H. Aloei Saboe?”.

1.3 Tujuan Penelitian

1.3.1 Tujuan Umum

Untuk isolasi dan identifikasi jamur dari kerokan kulit pasien diabetes melitus (DM) secara mikologis dengan metode Kultur.

1.3.2 Tujuan Khusus

1. Untuk isolasi dan identifikasi jamur dari kerokan kulit pasien diabetes melitus (DM) menggunakan metode kultur di RSUD. Prof Dr. H. Aloei Saboe.

2. Mengetahui karakteristik pasien diabetes melitus (DM) berdasarkan usia dan jenis kelamin responden.

1.4 Manfaat Penelitian

1.4.1 Peneliti

Untuk meningkatkan pemahaman ilmiah dan mengembangkan keterampilan bidang mikologi dalam penerapan Metode Kultur untuk mendeteksi jamur kerokan kulit pasien diabetes melitus (DM).

1.4.2 Institusi Pendidikan

Sebagai referensi ilmu bagi institusi pendidikan khususnya bidang mikologi.

1.4.3 Teknisi Laboratorium

Dapat memberikan informasi dan memperkuat pemahaman mengenai isolasi dan identifikasi jamur kerokan kulit dari pasien diabetes Melitus (DM).

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum Diabetes Melitus

2.1.1 Defenisi Diabetes Melitus

Diabetes Melitus (DM) dikategorikan sebagai penyakit tidak menular (PTM) yang dipicu oleh disfungsi metabolik dan diidentifikasi melalui status hiperglikemia kronis. Manifestasi klinis ini muncul akibat defisiensi sekresi insulin, adanya resistensi terhadap efektivitas kerja insulin, atau kombinasi keduanya, yang mengakibatkan hambatan pada absorpsi glukosa oleh seluler tubuh untuk dikonversi menjadi bioenergi (Care, 2024). Secara fisiologis, insulin disintesis oleh sel β di dalam pulau Langerhans pankreas untuk mengontrol regulasi glukosa darah. Pada individu sehat, peningkatan kadar glukosa menstimulasi pelepasan insulin, yang kemudian mengaktifasi jaringan adiposa, otot rangka, dan hepatosit untuk menyerap glukosa dari sirkulasi, baik untuk metabolisme langsung maupun disimpan sebagai cadangan energi berbentuk glikogen dan trigleserida. Kegagalan pada jalur produksi atau responsivitas reseptor insulin ini memicu retensi glukosa di dalam sirkulasi darah yang menjadi tanda utama DM (Sinoputro et al., 2023).

Keberadaan hiperglikemia yang tidak terkontrol dalam jangka panjang berdampak destruktif terhadap integritas struktural dan fungsional jaringan tubuh, yang memicu komplikasi lanjut seperti retinopati, nefropati, neuropati, serta penyakit kardiovaskular (Care, 2024). Sebagai penyakit sistemik dan multifaktorial, DM memunculkan manifestasi klinis yang khas meliputi poliuria, polidipsia, polifagia, kelelahan kronis, gangguan visus (pandangan kabur),

parestesia pada ekstremitas, penurunan berat badan idiopatik, serta lambatnya proses penyembuhan lesi dermal. Keterlambatan pemulihan luka tersebut diakibatkan oleh insufisiensi perfusi perifer dan supresi sistem imunologis pada penderita diabetes, yang meningkatkan kerentanan terhadap risiko infeksi sekunder yang berat. Sindrom klinis dan komplikasi ini menegaskan bahwa DM merupakan patologi sistemik masif yang mendegradasi berbagai jaringan dan organ tubuh (Hartono dan Ediyono, 2024).

2.1.2 Gejala Diabetes Melitus

Manifestasi klinis Diabetes Melitus (DM) dipicu oleh kondisi hiperglikemia yang mendisregulasi sistem metabolisme makronutrien, mencakup karbohidrat, lipid, dan protein (Ismail dan Ang, 2024). Sindrom klinis yang secara umum dominan dialami oleh penderita meliputi:

1. Poliuri (sering buang air kecil), terutama malam hari, akibat ginjal membuang glukosa berlebih lewat urine sehingga volume urine meningkat drastis (diuresis osmotik).
2. Polifagi (rasa lapar meningkat) karena sel tubuh kekurangan energi akibat gangguan insulin yang menghambat glukosa masuk ke dalam sel.
3. Polidipsi (rasa haus berlebihan) sebagai respon tubuh terhadap kehilangan cairan akibat sering buang air kecil.
4. Penurunan berat badan tanpa sebab jelas karena tubuh membakar lemak dan protein sebagai sumber energi pengganti glukosa.
5. Timbulnya letargi dan kelemahan fisik kronis akibat defisit energi pada tingkat seluler.

6. Penurunan ketajaman visus atau pandangan kabur yang dipicu oleh fluktuasi metabolik pada struktur organ penglihatan.
7. Perlambatan proses regenerasi jaringan epidermal serta peningkatan predileksi terhadap infeksi rekuren akibat gangguan perfusi vaskular dan supresi sistem imun
8. gejala parestesia berupa sensasi kesemutan atau kebas pada area ekstremitas perifer yang menjadi indikator klinis perkembangan neuropati diabetik.

2.1.3 Klasifikasi Diabetes Melitus

Diabetes Melitus diklasifikasikan dalam beberapa kategori umum yaitu sebagai berikut:

1. DiabetesMelitusTipe 1

Kegagalan fungsional sekresi insulin akibat kerusakan autoimun pada sel β pulau Langerhans menjadi patofisiologi mendasar dari Diabetes Melitus (DM) tipe 1. Manifestasi klinis gangguan metabolik ini mayoritas terdeteksi pada usia anak-anak maupun adolesens, ditandai oleh onset gejala yang berkembang secara cepat dan masif. Absensinya substitusi insulin eksogen secara dini berisiko menginduksi eksaserbasi metabolik akut hingga berprogresi menjadi koma diabetik, yang mewajibkan pasien menjalani regimen terapi insulin substitutif secara permanen (Hartono dan Ediyono, 2024).

2. Diabetes Melitus Tipe 2

Diabetes melitus tipe 2 merupakan jenis diabetes paling umum, sekitar 90-95% dari seluruh kasus diabetes. Penyakit ini ditandai oleh resistensi insulin, yaitu kondisi dimana sel-sel tubuh tidak merespon insulin secara bertahap oleh pankreas akibatnya glukosa tidak dapat masuk ke dalam sel tubuh dengan baik

sehingga kadar gula darah meningkat. Jenis ini sering terjadi pada orang dewasa, terutama yang memiliki faktor resiko seperti obesitas, pola makan tidak sehat, faktor genetik dan kurang aktivitas fisik. Namun, kini kasusnya juga meningkat pada anak-anak dan remaja. Penanganannya biasanya melibatkan perubahan gaya hidup lebih sehat, serta penggunaan obat-obatan untuk menurunkan kadar gula darah (Decroli, 2019).

3. Diabetes Tipe Lainnya

Diabetes tipe lain merupakan kelompok diabetes yang disebabkan oleh kondisi atau faktor spesifik selain diabetes tipe 1, tipe 2 dan gestasional. Penyebab meliputi gangguan genetik pada fungsi sel beta pankreas atau kerja insulin, penyakit pankreas, gangguan hormonal, penggunaan obat-obatan tertentu, infeksi, serta kondisi imunologi yang jarang terjadi. Jenis ini penting dikenali agar penanganannya dapat disesuaikan dengan penyebab spesifiknya (Rabbani *et al.*, 2024).

4. Diabetes Gestasional

Diabetes gestasional adalah kondisi diabetes yang muncul pertama kali selama kehamilan, biasanya pada trimester kedua atau ketiga yang ditandai oleh kadar gula darah tinggi akibat resistensi insulin yang dipicu oleh hormon kehamilan. Kondisi ini biasanya hilang setelah persalinan, namun meningkatkan resiko diabetes tipe 2 dimasa depan (Aspilayuli, Suhartatik dan Mato, 2023).

2.1.4 Etiologi Diabetes Melitus

Etiologi diabetes melitus adalah kombinasi antara faktor genetik dan lingkungan yang mempengaruhi sekresi dan kerja insulin. Diabetes tipe 1 terjadi akibat reaksi autoimun yang merusak sel beta pankreas sehingga produksi insulin

menurun atau hilang. Sedangkan diabetes melitus tipe 2 disebabkan oleh resistensi insulin di jaringan tubuh dan gangguan sekresi insulin yang dipengaruhi oleh faktor genetik, obesitas, pola makan tidak sehat, kurang aktivitas fisik, stres, dan penuaan (Lestari, Zulkarnaini dan Sijid, 2021). Faktor lain yang dapat memicu diabetes melitus meliputi penggunaan obat-obatan seperti kortikosteroid, malnutrisi, infeksi, serta gangguan metabolik dan hormonal. Penyakit eksokrin pankreas yang merusak pulau *Langerhans* dan hormon antagonis insulin juga berperan dalam etiologi diabetes. Selain itu, riwayat keluarga atau keturunan merupakan faktor risiko penting, terutama pada diabetes tipe 2 yang cenderung diturunkan (Hartono dan Ediyono, 2024).

2.1.5 Patofisiologi Diabetes Melitus

1. Diabetes Melitus Tipe 1

Etiologi Diabetes Melitus (DM) tipe 1 berakar pada destruksi sel beta pankreas melalui mekanisme autoimun yang mengakibatkan defisiensi insulin absolut. Ketiadaan hormon ini memicu lonjakan hiperglikemia, aktivasi katabolisme lipid dan protein jaringan, serta induksi ketogenesis. Dalam kondisi fisiologis normal, insulin berperan sebagai regulator jalur glikogenesis dan penekan glukoneogenesis; namun, ketiadaan aktivitas insulin pada DM tipe 1 menyebabkan kedua jalur metabolik tersebut berjalan tanpa inhibisi, yang pada akhirnya mengeksalasi akumulasi glukosa secara progresif dalam sirkulasi darah (Lestari, Zulkarnaini dan Sijid, 2021).

2. Diabetes Melitus Tipe 2

Manifestasi klinis Diabetes Melitus (DM) tipe 2 diidentifikasi melalui eksistensi hiperglikemia kronis yang menetap sekalipun insulin disintesis secara

endogen, akibat terjadinya resistensi insulin pada reseptor perifer. Kegagalan fungsional ini menekan responsivitas jaringan miosit otot rangka, hepatosit, dan adiposit dalam mentransfer glukosa intraseluler untuk sintesis bioenergi. Disregulasi metabolik ini diperberat oleh kegagalan supresi aktivitas glukoneogenesis dan glikogenolisis hepatic. Pada level molekuler, abrasi kaskade transduksi sinyal intraseluler menginduksi inefektivitas translokasi transporter glukosa, dengan faktor pemicu berupa obesitas, gaya hidup sedenter, dan penuaan. Status obesitas secara spesifik mendegradasi sensitivitas reseptor insulin terhadap kontrol metabolisme karbohidrat pada organ target utama.

Etiopatofisiologi komparatif DM tipe 2 juga mengarah pada penurunan densitas sekresi sel β pankreas akibat kelelahan fungsional (*secretory exhaustion*) dalam mengompensasi resistensi perifer. Berdasarkan mekanisme *ominous octet*, proprogresivitas hiperglikemia sistemik dipicu oleh disfungsi multiorgan, meliputi hipersekresi glukagon oleh sel alpha pankreas, defisit sekresi maupun responsivitas hormon inkretin, akselerasi jalur lipolisis, serta upregulasi reabsorpsi glukosa pada segmen tubulus proksimal ginjal (Putri et al., 2024).

3. Diabetes Melitus Gestasional

Diabetes Melitus gestasional adalah kondisi hiperglikemia yang terjadi selama kehamilan, biasanya muncul pada trimester kedua dan ketiga. Penyebab utama adalah meningkatnya resistensi insulin perifer yang dipicu oleh hormon-hormon plasenta seperti *human placental lactogen*, estrogen dan progesteron. Sel beta pankreas gagal meningkatkan sekresi insulin secara memadai untuk mengimbangi resistensi ini, sehingga kadar gula darah menjadi tinggi (hiperglikemia). Faktor resiko yang berperan antara lain obesitas, usia ibu yang lebih tua, riwayat

keluarga diabetes serta riwayat kehamilan sebelumnya dengan bayi besar (makrosomia). Kondisi ini memerlukan pengelolaan yang baik untuk mencegah komplikasi pada ibu dan bayi (Aspilayuli, Suhartatik dan Mato, 2023).

4. Diabetes Melitus Tipe Lain

Diabetes Melitustipe lain mencakup diabetes yang disebabkan oleh berbagai kondisi spesifik selain diabetes melitustipe 1, tipe 2 dan gestasional. Penyebabnya meliputi kelainan genetik yang mempengaruhi fungsi sel beta pankreas atau kerja insulin, penyakit pankreas seperti pankreatitis kronis, fibrosiskistik, gangguan hormonal, penggunaan obat-obatan tertentu seperti glukokortikoid, serta infeksi yang merusak fungsi insulin. Patofisiologi ini menyebabkan gangguan metabolisme glukosa yang bervariasi sesuai penyebabnya, mulai dari insufisiensi insulin absolut hingga resistensi insulin yang dominan, sehingga terjadi hiperglikemia kronis (Rizkina *et al.*, 2023).

2.1.6 Komplikasi Diabetes Melitus

Komplikasi diabetes melitus terbagi menjadi dua kategori utama (Decroli, 2019) yaitu:

A. Komplikasi Metabolik Akut

1. Hipoglikemia

Kondisi kadar glukosa darah rendah (<50 mg/dL) yang dapat menimbulkan gejala mulai dari gelisah hingga kejang dan koma. Penyebab utama hipoglikemia adalah pemberian insulin berlebihan, melewatkan makan atau aktivitas fisik yang berlebihan.

2. Hiperglikemia

Fenomena tersebut terjadi akibat diskrepansi antara akumulasi densitas kalori yang masuk dengan kapasitas sekresi insulin endogen, atau dipicu oleh inefisiensi mekanis dalam utilisasi glukosa oleh jaringan somatik. Stimulus berupa stres fisiologis maupun psikologis, yang disertai konsumsi nutrisi berlebih, mengaktivasi pelepasan hormon kontra-regulator seperti epinefrin dan kortisol dari kelenjar adrenal; hormon-hormon ini bekerja secara sinergis menekan sensitivitas insulin dan memicu glukoseogenesis hepatic, yang berimplikasi langsung pada eksalasi kadar glukosa dalam sirkulasi darah.

3. Hiperglikemia Hiperosmolar Koma Nonketotik (HHNK)

Patologi ini memiliki prevalensi tinggi pada pasien Diabetes Melitus (DM) tipe 2 geriatri, yang dikarakterisasi oleh eksistensi hiperglikemia masif tanpa disertai indikasi ketosis. Konsekuensi klinis dari lonjakan osmolaritas serum tersebut memicu dehidrasi intraseluler yang masif serta degradasi status neurologis (penurunan kesadaran) secara bertahap. Karakteristik etiopatofisiologis ini menjadi pembeda utama dengan Ketoasidosis Diabetik (KAD), yang secara spesifik melibatkan pembentukan benda keton dan asidosis metabolik berat.

4. Diabetes Ketoasidosis (DKA)

Terjadi akibat kekurangan insulin berat, menyebabkan hiperglikemia, glukosuria, peningkatan liposis dan pembentukan badan keton.

B. Komplikasi Metabolik Kronik

1. Penyakit Makrovaskuler

Penyakit ini merupakan komplikasi yang melibatkan pembuluh darah besar dan merupakan salah satu penyebab utama kematian pada penderita. Ateroklerosis merupakan proses utama yang mempercepat terjadinya penyakit ini,

ditandai dengan pengerasan dan penyempitan pembuluh darah akibat penumpukan plak lemak di dinding arteri. Kondisi ini meningkatkan risiko hipertensi dan menyebabkan gangguan aliran darah pada organ vital seperti jantung, otak serta pembuluh darah perifer.

2. Penyakit Mikrovaskuler

Manifestasi gangguan mikrovaskular ini mengonsolidasikan kerusakan pada struktur anatomi kapiler (mikrosirkulasi), yang berimplikasi pada destruksi struktural dan fungsional organ serta jaringan tubuh secara sistemik. Retensi hiperglikemia kronis bertindak sebagai stresor mekanis dan biokimiawi yang mendegradasi integritas serta permeabilitas dinding endotel pembuluh darah kecil. Manifestasi klinis dari gangguan mikrovaskular ini meliputi retinopati diabetik pada organ visus, nefropati diabetik yang mengonstruksi disfungsi renal, serta neuropati diabetik yang merusak sistem saraf perifer.

3. Retinopati

Komplikasi diabetes yang menyebabkan kerusakan pembuluh darah kecil dari retina mata akibat kadar gula tinggi yang berlangsung lama. Kerusakan ini menyebabkan pembuluh darah bocor, pendarahan dan pembentukan pembuluh darah baru yang rapuh, sehingga mengganggu penglihatan dan berpotensi menyebabkan kebutaan jika tidak ditangani. Pada tahap awal, retinopati mungkin tidak menunjukkan gejala, tetapi lama-kelamaan dapat menyebabkan penglihatan buram, *floaters*, hingga kehilangan penglihatan permanen. Penanganan dini dan kontrol gula darah yang ketat sangat penting untuk mencegah komplikasi ini.

4. Proteinuria

Proteinuria adalah kondisi adanya protein dalam urine yang melebihi batas normal, menandakan kerusakan fungsi ginjal akibat diabetes. Hiperglikemia kronis menyebabkan kerusakan glomerulus ginjal sehingga protein plasma bocor ke dalam urine. Proteinuria merupakan tanda awal nefropatidiabetik dan jika tidak dikendalikan dapat berlanjut ke gagal ginjal kronik. Pemeriksaan protein urine penting untuk memantau fungsi ginjal pada penderita diabetes.

5. Ulkus dan Gangren Diabetik

Ulkus diabetikum adalah luka terbuka yang biasanya terjadi di kaki penderita diabetes akibat tekanan berulang, neuropati perifer dan gangguan sirkulasi darah (penyakit vaskuler perifer). Luka ini sulit sembuh dan sering terinfeksi. Gangren adalah kematian jaringan akibat pasokan darah yang sangat berkurang atau terhenti, sering terjadi pada ekstremitas pembawa penderita diabetes. Gangrendiabetik merupakan komplikasi serius yang dapat berujung pada amputasi jika tidak segera ditangani. Penyebab utama gangren adalah kombinasi antara angiopati dan neuropatidiabetik (Brunner, 2012).

Kerusakan saraf otonom pada neuropati diabetik memengaruhi fungsi pengendalian otot polos, kelenjar, serta organ visceral. Gangguan pada saraf ini menyebabkan perubahan tonus otot pembuluh darah, sehingga aliran darah menjadi tidak normal. Akibatnya, suplai nutrisi, oksigen, dan bahkan efektivitas antibiotik ke jaringan perifer menjadi tidak memadai, sehingga kebutuhan metabolik jaringan tersebut tidak terpenuhi. Dampak lain dari neuropati otonom adalah terjadinya kulit kering atau anhidrosis, yang membuat kulit mudah rusak, luka sulit sembuh, rentan mengalami infeksi, dan pada akhirnya dapat berujung pada terjadinya gangren (Brunner, 2012).

Pasien dengan ulkus dan gangren sangat mudah mengalami infeksi jamur karena beberapa faktor yang saling berkaitan antara lain : kerusakan jaringan yang parah membuat lingkungan menjadi ideal bagi jamur, aliran darah yang buruk atau terganggu membuat imun dan obat tidak sampai ke tujuan, gangguan imun pada tubuh membuat jamur lebih mudah menyerang, kadar glukosa darah tinggi (hiperglikemia) mampu mempercepat pertumbuhan jamur, kerusakan kulit akibat neuropati membuat pintu masuk bagi jamur, antibiotik berulang dapat menurunkan mikroba pelindung atau flora normal dan paparan lingkungan meningkatkan risiko kolonisasi (Brunner, 2012).

2.1.7 Penatalaksanaan Diabetes Melitus

Penatalaksanaan diabetes melitus menurut (Kemkes, 2024):

1. Pengaturan Pola Makan

Regulasi diet pada pasien diabetes melitus diintegrasikan secara spesifik berdasarkan estimasi kebutuhan kalori individu. Pendekatan nutrisi ini mengacu pada prinsip terapeutik "3J", yang mencakup seleksi Jenis bahan pangan yang dikonsumsi, kalkulasi Jumlah atau kuantitas asupan kalori, serta ketepatan Jadwal atau ritme distribusi makanan secara konsisten. Implementasi manajemen nutrisi ini diorientasikan untuk memelihara berat badan optimal serta menstabilkan homeostasis kadar glukosa darah secara berkelanjutan.

2. Latihan Fisik

Implementasi aktivitas fisik secara teratur berperan signifikan dalam menstimulasi penurunan kadar glukosa darah, mengeksalasi konsentrasi *high density lipoprotein* (HDL), serta mereduksi kadar kolesterol total dan trigliserida serum. Jenis intervensi yang disarankan bagi penderita mencakup jalan kaki,

senam aerobik, dan senam kaki diabetes, di mana penentuan modalitas serta intensitas beban latihan harus diselaraskan dengan indikasi klinis dan kapasitas fungsional muskuloskeletal masing-masing individu.

3. Pemantauan Glukosa Darah Mandiri (PGDM)

PDGM dilakukan dengan mengambil sampel darah kapiler menggunakan alat pengukur glukosa. Pemantauan ini dianjurkan terutama bagi pasien yang menggunakan insulin suntik beberapa kali sehari. Waktu pengukuran yang disarankan adalah: sebelum makan, dua jam setelah makan, menjelang tidur, diantara siklus tidur dan saat mengalami gejala hipoglikemia.

2.2 Tinjauan Umum Jamur

2.2.1 Defenisi Jamur

Jamur atau fungi merupakan organisme eukariotik yang tergolong dalam kerajaan tersendiri, yaitu Fungi (*Eumycota*). Meskipun secara morfologi beberapa menyerupai tumbuhan, secara filogenetik jamur justru lebih dekat dengan hewan. Tidak seperti tumbuhan, jamur tidak memiliki klorofil dan tidak mampu melakukan fotosintesis. Mereka memperoleh energi melalui cara heterotrof, dengan menyerap nutrisi dari senyawa organik yang terdegradasi. Hal ini dimungkinkan karena jamur mampu mensekresikan berbagai enzim ke lingkungan untuk menguraikan senyawa kompleks menjadi bentuk sederhana yang dapat diserap oleh tubuhnya (Ost *et al.*, 2025). Dari segi struktur, jamur dapat hidup sebagai organisme uniseluler, seperti ragi, atau multiseluler yang membentuk jaringan hifa. Hifa adalah benang halus yang dapat bercabang dan berkembang menjadi miselium, suatu struktur padat yang berfungsi untuk menyerap nutrien dari lingkungan. Beberapa hifa memiliki sekat (septum),

sedangkan yang lainnya bersifat koenositik atau tidak bersekat (Cheng *et al.*, 2024).

Dinding sel jamur menjadi komponen khas dan penting, karena berperan dalam perlindungan, bentuk sel, serta interaksi dengan lingkungan. Tidak seperti tumbuhan yang dinding selnya mengandung selulosa, dinding sel jamur tersusun atas kitin, β -glukan, serta mannoprotein. Kitin juga ditemukan pada eksoskeleton serangga, sementara β -glukan berperan dalam kestabilan struktural dan memiliki potensi sebagai agen imunomodulator. Hal ini menunjukkan bahwa struktur dinding sel jamur sangat kompleks dan bervariasi antar spesies (Cheng *et al.*, 2024).

Jamur berkembang biak melalui dua cara, yakni aseksual dan seksual. Pada reproduksi aseksual, jamur menghasilkan spora seperti konidia, atau berkembang melalui tunas (terutama pada ragi). Sementara itu, dalam reproduksi seksual, terjadi fusi hifa dari dua individu yang kompatibel secara genetik, menghasilkan spora seperti ascospora (Ascomycota) atau basidiospora (Basidiomycota). Reproduksi ini memberikan keuntungan adaptif dalam menghadapi tekanan lingkungan yang berubah-ubah. Dalam ekosistem, jamur berperan penting sebagai dekomposer, yaitu organisme yang menguraikan bahan organik seperti daun mati, kayu lapuk, dan bangkai. Aktivitas ini mengembalikan unsur hara ke dalam tanah dan memperkaya struktur ekosistem. Selain itu, jamur juga membentuk hubungan simbiosis mutualistik, misalnya dengan akar tanaman dalam bentuk mikoriza, yang membantu penyerapan nutrisi fosfat dan mineral tanah. Namun, beberapa spesies jamur juga bersifat patogenik, mampu menginfeksi tumbuhan, hewan, bahkan manusia (Yang *et al.*, 2025).

Jamur tidak hanya penting secara ekologis, tetapi juga sangat berharga dalam bidang bioteknologi dan industri. Mereka digunakan dalam fermentasi pangan (seperti tempe, kecap, dan keju), produksi enzim (seperti glukukanase, kitinase, dan protease), serta pembuatan obat-obatan dan antibiotik. Beberapa penelitian terbaru menunjukkan potensi besar jamur dalam pembuatan biomaterial dan remedi lingkungan (Yugueros *et al.*, 2024).

2.2.2 Klasifikasi Jamur

Klasifikasi jamur merujuk pada proses pengelompokan jamur berdasarkan ciri-ciri biologis dan morfologis yang dimilikinya. Walaupun jamur berada dalam Kingdom Fungi, yang mencakup berbagai organisme, mereka memiliki keragaman yang sangat luas, baik dalam hal bentuk tubuh, habitat, maupun cara reproduksi. Berikut klasifikasi jamur :

1. *Ascomycota* (Jamur Ascomycetes)

Ascomycota adalah filum jamur yang sangat beragam, mencakup banyak spesies yang hidup bebas maupun parasit. Karakteristik utama dari jamur ini adalah pembentukan spora seksual yang disebut ascospora, yang terbentuk dalam struktur khusus bernama askus. Askus berfungsi sebagai tempat pembentukan ascospora setelah proses meiosis. *Ascomycota* ditemukan dalam berbagai bentuk, dari jamur yang hidup pada tanaman, patogen manusia, hingga yang digunakan dalam industri fermentasi, seperti ragi. *Ascomycetes* membentuk spora seksual di dalam struktur kantung seperti yang disebut askus, yang sering ditemukan terkait dengan tubuh buah yang merupakan peran penting askus dalam siklus hidup jamur ini. *Ascomycota* memiliki miselium bersekat (Kappel *et al.*, 2024).

2. *Basidiomycota* (Jamur *Basidiomycetes*)

Jamur dari filum *Basidiomycota* dikenal karena kemampuannya untuk menghasilkan spora seksual yang disebut basidiospora, yang terbentuk di ujung struktur yang disebut basidium. Struktur ini biasanya terlihat jelas pada tubuh buah jamur, seperti yang ada pada jamur lapangan. Pembentukan basidiospora terjadi melalui proses seksual yang melibatkan fusi dua hifa dari individu yang berbeda. *Basidiomycetes* ditandai dengan produksi spora seksual pada basidia, yang merupakan sel khusus yang menonjol dari permukaan tubuh buah bahwa pentingnya proses ini dalam reproduksi jamur *Basidiomycota*. *Basidiomycota* memiliki hifa bersekat dan multiseluler (Yang *et al.*, 2025).

3. *Zygomycota* (Jamur *Zygomycetes*)

Zygomycota adalah filum jamur yang berkembang biak secara seksual melalui pembentukan zygospor, yang terbentuk setelah dua hifa dari individu yang berbeda bergabung. Struktur ini memiliki ketahanan yang tinggi, yang membantu jamur *Zygomycota* bertahan dalam kondisi lingkungan yang kurang menguntungkan. Jamur dari filum ini biasanya ditemukan pada bahan organik yang membusuk, seperti makanan busuk dan bahan tanaman yang terdekomposisi. *Zygomycetes* berkembang biak secara seksual dengan membentuk zygospor, yang terbentuk akibat fusi antara dua hifa yang berbeda, yang menunjukkan bagaimana proses fusi hifa ini adalah mekanisme reproduksi utama pada *Zygomycota*. Reproduksi seksual pada *Zygomycota* melibatkan fusi hifa dari dua individu yang berbeda (Cheng *et al.*, 2024).

4. *Chytridiomycota* (Jamur *Chytridiomycetes*)

Chytridiomycota adalah kelompok jamur yang paling primitif dan sering ditemukan di habitat yang lembap atau berair. Keunikan utama dari jamur dalam filum ini adalah kemampuan mereka untuk menghasilkan zoospora, yaitu spora yang dapat bergerak bebas melalui air. Hal ini memungkinkan jamur untuk berpindah tempat menuju habitat yang lebih baik untuk pertumbuhannya. Chytridiomycetes adalah kelompok jamur yang paling primitif dengan zoospora yang dapat berenang melalui air yang menggambarkan pentingnya mobilitas zoospora dalam siklus hidup jamur ini (Ost *et al.*, 2025).

5. *Glomeromycota* (Jamur Mikoriza Arbuskular)

Jamur dari filum *Glomeromycota* memiliki peran penting dalam hubungan simbiosis dengan tanaman, khususnya dalam membentuk mikoriza arbuskular. Dalam hubungan ini, jamur membantu tanaman dalam menyerap air dan mineral penting seperti fosfat, sementara tanaman menyediakan karbohidrat untuk jamur. *Glomeromycota* mencakup jamur yang membentuk mikoriza arbuskular, yang memainkan peran penting dalam pertukaran nutrisi antara tanaman dan jamur yang menunjukkan bagaimana hubungan simbiotik ini penting bagi keseimbangan ekosistem dan produktivitas tanaman (Kappel *et al.*, 2024).

2.2.3 Faktor-Faktor Pertumbuhan Jamur

Pertumbuhan dan perkembangan jamur dipengaruhi oleh berbagai faktor lingkungan yang berinteraksi dengan proses biologis dan fisiologis jamur. Faktor-faktor ini sangat penting untuk dipahami, terutama dalam konteks penelitian jamur sebagai patogen, agen dekomposisi, atau sumber bioaktif dalam bioteknologi. Secara umum, faktor yang memengaruhi pertumbuhan jamur dapat dikelompokkan ke dalam beberapa kategori utama, yaitu faktor fisik, kimiawi,

dan biologis. Berikut adalah penjelasan mengenai faktor-faktor utama yang memengaruhi pertumbuhan jamur:

1. Suhu

Suhu adalah faktor yang sangat mempengaruhi metabolisme dan aktivitas enzimatik pada jamur. Setiap spesies jamur memiliki kisaran suhu optimal untuk pertumbuhannya. Sebagian besar jamur berkembang dengan baik pada suhu antara 20°C hingga 30°C. Namun, ada jamur yang dapat tumbuh pada suhu ekstrem, seperti *Thermomyces lanuginosus*, yang mampu bertahan pada suhu tinggi. Suhu mengatur pertumbuhan jamur dengan mempengaruhi aktivitas enzimatik, dengan setiap spesies jamur menunjukkan kisaran suhu tertentu yang mengoptimalkan proses metabolisme dan reproduksinya (Yang *et al.*, 2025).

2. Kelembapan

Kelembapan adalah faktor yang sangat penting bagi jamur karena jamur membutuhkan air untuk metabolisme dan pembentukan spora. Kelembapan yang tinggi memberikan kondisi ideal bagi pertumbuhan jamur, karena air diperlukan untuk proses metabolik dan penghantaran nutrisi ke sel. Kelembapan adalah faktor lingkungan yang sangat penting untuk pertumbuhan jamur karena membantu hidrasi sel, aktivitas enzimatik, dan penyerapan nutrisi, yang memungkinkan jamur untuk mengurai bahan organik yang kompleks. Kekurangan kelembapan dapat menyebabkan dehidrasi pada sel jamur dan menghambat pertumbuhannya (Cheng *et al.*, 2024).

3. pH

pH substrat atau media tumbuh mempengaruhi kemampuan jamur untuk tumbuh. Sebagian besar jamur berkembang baik pada pH sedikit asam atau netral,

dengan kisaran pH antara 5,5 hingga 6,5. Namun, ada juga jamur yang dapat tumbuh pada pH yang lebih ekstrem, seperti *Aspergillus niger* yang dapat berkembang pada pH lebih rendah (4,0–5,0). Spesies jamur memiliki preferensi pH yang berbeda, beberapa dapat tumbuh dengan baik dalam kondisi sedikit asam, sementara yang lain lebih menyukai lingkungan basa (Ost *et al.*, 2025).

4. Ketersediaan Nutrisi

Nutrisi yang tersedia di lingkungan sekitar jamur mempengaruhi kecepatan pertumbuhannya. Jamur memperoleh nutrisi dari bahan organik yang membusuk, termasuk karbohidrat, protein, dan senyawa nitrogen serta fosfor. Ketersediaan unsur mikro seperti seng, mangan, dan tembaga juga penting dalam mendukung aktivitas enzimatis dan metabolisme jamur. Jamur memiliki fleksibilitas metabolik dan dapat menggunakan berbagai substrat organik dan anorganik, tergantung pada ketersediaan nutrisi yang ada di lingkungan mereka. Ketersediaan nutrisi yang melimpah akan mendukung pertumbuhan yang lebih cepat dan efisien (Kappel *et al.*, 2024).

5. Cahaya

Cahaya juga mempengaruhi pertumbuhan jamur, meskipun sebagian besar jamur tidak membutuhkan cahaya untuk pertumbuhannya. Beberapa jenis jamur, terutama yang membentuk tubuh buah seperti jamur payung (Basidiomycota), memerlukan cahaya untuk memicu proses pembentukan tubuh buah dan spora. Cahaya memainkan peran penting dalam sporulasi jamur dan pembentukan tubuh buah, terutama pada spesies Basidiomycota dan Ascomycota yang memerlukan paparan cahaya untuk reproduksi seksual. Cahaya tidak selalu diperlukan untuk

pertumbuhan jamur, namun dapat mempengaruhi pembentukan struktur seksual dan penyebaran spora (Yang *et al.*, 2025).

6. Oksigen dan Gas

Jamur membutuhkan oksigen untuk proses respirasi aerobik. Sebagian besar jamur berperan sebagai organisme aerob, yang berarti mereka memerlukan oksigen untuk menghasilkan energi melalui proses respirasi. Namun, beberapa jamur, seperti ragi *Saccharomyces cerevisiae*, dapat tumbuh dalam kondisi anaerob (tanpa oksigen) dengan cara menghasilkan etanol melalui fermentasi. Jamur dapat menunjukkan metabolisme anaerob fakultatif, yang memungkinkan mereka bertahan di lingkungan dengan kadar oksigen yang rendah. Dengan demikian, meskipun sebagian besar jamur membutuhkan oksigen, beberapa jenis jamur dapat beradaptasi dengan kondisi anaerob (Ost *et al.*, 2025).

7. Interaksi dengan Mikroorganisme Lain

Jamur juga dipengaruhi oleh interaksi dengan mikroorganisme lain di lingkungannya, baik melalui hubungan simbiosis, kompetisi, atau parasitisme. Jamur mikoriza, misalnya, membentuk hubungan simbiotik dengan akar tanaman, yang memungkinkan pertukaran nutrisi yang saling menguntungkan. Sebaliknya, beberapa jamur patogen dapat menyebabkan kerusakan pada tanaman dan hewan. Jamur berinteraksi dengan berbagai mikroorganisme di sekitarnya, baik dalam hubungan simbiotik, kompetitif, maupun parasitik, yang mempengaruhi pertumbuhan dan reproduksinya. Beberapa jamur bahkan menghasilkan senyawa antibakteri atau antijamur untuk melawan kompetisi dari mikroorganisme lain (Kappel *et al.*, 2024).

8. Faktor Genetik

Faktor internal yang mempengaruhi pertumbuhan jamur adalah genetik. Setiap spesies jamur memiliki kapasitas adaptasi tertentu terhadap perubahan lingkungan yang ditentukan oleh informasi genetik mereka. Mutasi atau perubahan genetik dalam populasi jamur dapat meningkatkan toleransi terhadap kondisi ekstrem, seperti suhu tinggi, pH ekstrim, atau tekanan oksigen rendah. Oleh karena itu, penelitian genetik sangat penting untuk memahami bagaimana jamur dapat beradaptasi dengan perubahan lingkungan dan mengembangkan sifat-sifat tertentu, seperti ketahanan terhadap patogen atau kemampuan untuk menguraikan bahan organik yang sulit terdegradasi.

2.3.1 Media Pertumbuhan Jamur

Formulasi media selektif Sabouraud Dextrose Agar (SDA) diaplikasikan secara luas untuk isolasi dan kultivasi jamur patogen secara *in vitro*. Media ini mengintegrasikan konsentrasi dekstrosa yang tinggi dengan tingkat pH asam guna menciptakan kondisi lingkungan yang membatasi multiplikasi mikroba non-target, sekaligus menyeleksi pertumbuhan spesies fungi tertentu. Untuk memaksimalkan supresi kontaminan bakteri dan mengisolasi jamur dermatofita sebagai kultur primer, formulasi SDA dapat disuplementasi dengan agen antimikroba seperti sikloheksimida, streptomisin, dan penisilin. Komposisi standar SDA per liter mengombinasikan 40 gram dekstrosa selaku sumber karbon dan energi primer, 15 gram agar sebagai substansi pematat fasa cair, serta masing-masing 5 gram digesti enzimatis kasein dan jaringan hewan sebagai penyedia fraksi nitrogen organik serta vitamin penunjang metabolisme seluler.

Spesies mikologis seperti *Aspergillus niger*, *Microsporum canis*, *Candida albicans*, *Penicillium roqueforti*, dan *Trichophyton mentagrophytes* mampu tumbuh optimal pada medium ini dalam rentang suhu inkubasi 25°C hingga 30°C dengan durasi kinetika pertumbuhan selama 2 sampai 7 hari (Kadrianto, 2008). Secara makroskopis, kelompok khamir (yeast) bermanifestasi dalam bentuk koloni padat berwarna putih, sedangkan kelompok kapang (molds) memperlihatkan morfologi koloni berfilamen dengan pigmentasi warna yang bervariasi. Estimasi kuantitatif populasi fungi per gram atau per mililiter sampel dihitung berdasarkan akumulasi total koloni yang terbentuk, dengan mengalikan jumlah koloni spesifik terhadap faktor pengenceran yang diaplikasikan pada preparasi spesimen awal (Kadrianto, 2008).

Jamur dapat tumbuh dengan baik pada berbagai jenis media, baik itu media padat maupun cair. Pemilihan media yang tepat sangat penting untuk mendukung pertumbuhannya, serta untuk memfasilitasi penelitian tentang morfologi, patogenesis, dan respon terhadap pengobatan antijamur. Media yang digunakan untuk mengkultur jamur biasanya kaya akan karbohidrat dan nitrogen, yang menyediakan nutrisi yang diperlukan untuk pertumbuhannya jamur tumbuh optimal pada media kaya nutrisi seperti *Sabouraud Dextrose Agar* (SDA) dan *Potato Dextrose Agar* (PDA), yang menyediakan sumber karbohidrat yang melimpah untuk metabolisme jamur. Menurut (Lino *et al.*, 2024) Media pertumbuhan jamur sebagai berikut :

1. Media *Sabouraud Dextrose Agar* (SDA)

Media yang paling sering digunakan untuk mengkultur *T. asahii* adalah *Sabouraud Dextrose Agar* (SDA). SDA mengandung *dextrose* (glukosa) sebagai

sumber utama karbohidrat yang diperlukan untuk pertumbuhan jamur. Media ini memiliki pH sedikit asam, yang sangat sesuai untuk pertumbuhan banyak spesies jamur, SDA memungkinkan jamur untuk tumbuh dengan baik, membentuk koloni yang tampak krem atau kekuningan. SDA juga sering digunakan untuk mendiagnosis infeksi jamur karena kemampuannya untuk mendukung pertumbuhan jamur patogen. *Sabouraud Dextrose Agar* (SDA) adalah media yang paling sering digunakan untuk kultur spesies *Trichosporon*, memberikan lingkungan asam dengan konsentrasi glukosa tinggi yang mendukung pertumbuhan jamur.

2. Media *Potato Dextrose Agar* (PDA)

Media *Potato Dextrose Agar* (PDA) juga sering digunakan untuk mengkultur. PDA mengandung ekstrak kentang dan dekstrosa yang berfungsi sebagai sumber utama karbohidrat, yang memfasilitasi pertumbuhan jamur. Media ini memiliki pH yang sedikit lebih tinggi dari pada SDA, tetapi tetap berada dalam kisaran yang ideal untuk pertumbuhan jamur. Koloni yang terbentuk pada PDA cenderung lebih besar dan lebih jelas dengan warna krem atau kekuningan yang khas. PDA sering digunakan dalam eksperimen yang bertujuan untuk mengamati pembentukan struktur mikroskopis seperti hifa dan konidia.

3. *Potato Dextrose Broth* (PDB)

Selain media padat, jamur juga dapat tumbuh dalam media cair, seperti *broth Sabouraud Dextrose* atau *broth Potato Dextrose*. Media cair ini sering digunakan untuk penelitian *biofilm* dan dimorfisme karena memungkinkan jamur untuk tumbuh dalam bentuk ragi atau *pseudohyphae*, yang lebih mudah diamati. Media cair juga sangat berguna untuk pengujian sensitivitas terhadap agen anti jamur.

2.3 Metode Diagnosis Jamur

2.6.1 Metode Kultur pada Media SDA (*Sabouraud Dextrose Agar*)

A. Kultur Makroskopis

Kultur makroskopis adalah metode pertama yang digunakan untuk memverifikasi keberadaan jamur *T.asahii* pada media agar, seperti *Sabouraud Dekstrosa Agar* (SDA) atau *Potato Dekstrosa Agar* (PDA). Proses ini bertujuan untuk mengamati morfologi koloni jamur yang tumbuh, yang akan memberikan petunjuk awal untuk identifikasi. Pada tahap ini, dilakukan dengan mengamati koloni pada media agar untuk mendapatkan gambaran umum tentang bentuk dan warna koloni jamur (Deng *et al.*, 2023).

B. Kultur Mikroskopis

Untuk memverifikasi identifikasi lebih lanjut, kultur mikroskopis dilakukan dengan mengamati morfologi seluler jamur menggunakan mikroskop. Pengamatan mikroskopis ini dilakukan pada preparat slide yang disiapkan dengan metode lakukan pewarnaan *Lactophenol CottonBlue* untuk memberikan gambaran jelas tentang struktur morfologi jamur. Tahap kedua melibatkan pemeriksaan mikroskopis, yang lebih detail dan memungkinkan identifikasi morfologi hifa dan spora secara akurat. Proses ini memberikan hasil yang lebih spesifik dan membantu dalam membedakan dari jamur lainnya yang mungkin memiliki kemiripan morfologis (Macdonald *et al.*, 2021).

2.6.2 Metode Pemeriksaan *Polymerase Chain Reaction* (PCR)

A. Proses Tahapan PCR

PCR adalah teknik amplifikasi DNA sensitif dan spesifik yang umumnya digunakan dalam diagnostik molekuler. Berikut tahapan PCR (Husnia, Putri dan Wahyuni, 2024):

1. Isolasi DNA dari sampel klinis, diikuti oleh persiapan master mix campuran yang mencakup DNA template, primer spesifik, dNTPs, *buffer* PCR, enzim Taq DNA *polymerase*, $MgCl_2$, dan air bebas *nuklease*.
2. Tahap amplifikasi yaitu proses selanjutnya dijalankan dalam *thermocycler* melalui tiga tahap utama yang diulang selama 30–40 siklus.
3. Tahap denaturasi, sampel dipanaskan pada 94–95 °C selama 30–60 detik untuk memisahkan untai ganda DNA.
4. Tahap *annealing*, selanjutnya suhu diturunkan ke kisaran 50–65 °C selama 30–60 detik, memungkinkan primer menempel secara spesifik pada sekuens target.
5. Tahap *elongasi* yaitu di mana enzim *Taq* beroperasi optimal pada suhu 72 °C untuk memperpanjang rantai DNA baru selama 1–2 menit. Siklus ini diulang sehingga terjadi peningkatan jumlah salinan DNA secara eksponensial .

B. Analisis Elektroforesis Gel Agarosa

Gel agarosa (biasanya 0,7–2%) dibuat dan dituangkan ke dalam cetakan berisi sumur sampel. Gel tersebut dijalankan dalam *buffer* seperti TAE atau TBE dengan tegangan 80–120 V selama 30–60 menit. DNA yang bermuatan negatif bergerak menuju anoda, dan fragmen kecil bermigrasi lebih cepat daripada fragmen besar. Setelah pemisahan, gel diwarnai menggunakan interkaler seperti *ethidium bromide* atau *GelRed*, yang memungkinkan DNA terlihat saat diterangi sinar UV. Pita DNA kemudian dibandingkan dengan DNA *ladder* untuk

menentukan ukuran fragmen target, serta untuk menilai apakah amplifikasi berhasil (Husnia, Putri dan Wahyuni, 2024).

2.6.3 Metode Pemeriksaan Sekuensing DNA (IGS1/ITS Region)

Setelah PCR, sekuensing wilayah IGS1 atau ITS dilakukan untuk mengkonfirmasi spesies secara pasti melalui analisis BLAST terhadap data GenBank. Hasil ini sangat penting terutama untuk identifikasi klinis dan studi epidemiologi. Sekuensing DNA memberikan validasi molekuler terhadap hasil PCR, dan mengidentifikasi strain *T. asahii* berdasarkan kesamaan genetik >99% (Chagas-Neto *et al.*, 2009).

2.6.4 Analisis Filogenetik

Data sekuensing selanjutnya dianalisis menggunakan perangkat lunak seperti MEGA X untuk membuat pohon filogenetik. Teknik ini digunakan untuk membandingkan hubungan evolusioner antar strain dan menentukan klade patogenik dari isolat klinis. Analisis filogenetik penting dalam menelusuri asal usul dan hubungan genetik antar isolat dari berbagai pasien atau wilayah (Pumeesat dan Wongsuk, 2023).

2.7 Deteksi Jamur metode Kultur

2.7.1 Kultur Jamur

Metode kultivasi mikologis dilakukan sebagai konfirmasi lanjutan atas pemeriksaan mikroskopis langsung demi menegaskan identifikasi taksonomi fungi secara spesifik hingga tingkat spesies. Tahapan prosedur ini diawali dengan inokulasi isolat klinis ke dalam medium artifisial. Spesimen yang telah ditampung dalam cawan petri diambil secara aseptik menggunakan jarum inokulum (*sengkelit*) yang sebelumnya telah melewati

proses sterilisasi termal di atas nyala api bunsen hingga pijar. Material klinis yang berupa fragmen kuku tersebut kemudian ditanamkan pada permukaan media *Sabouraud Dextrose Agar* (SDA). Langkah berikutnya adalah menginkubasi kultur pada suhu kamar dengan ambang 25°C sampai 30°C, disertai pemantauan serta evaluasi makroskopis secara berkala selama satu minggu untuk mendeteksi progresi pertumbuhan dan karakteristik morfologi koloni jamur (Deng et al., 2023).

2.7.2 Prinsip Pemeriksaan Kultur

Koloni mirip ragi diisolasi pada agar *sabouraud dektrosa*. Koloni berwarna krem, namun dapat berubah menjadi abu-abu kekuningan. Koloni sangat keriput; bagian tengah koloni menjadi bertumpuk dan tampak terlipat. Koloni dapat menempel dan merusak agar. Pada agar *cornmeal-tween* 80, hifa sejati atau *pseudohifa* dengan blastokonidia dan artrokonidia, baik tunggal maupun dalam rantai pendek, ditunjukkan. Semua spesies *Trichosporon* menghidrolisis urea sehingga membedakannya dari *Geotrichum*, yang juga menghasilkan *artrokonidia*.

2.7.3 Tahapan Proses Kultur

1. Tahap Pra Analitik (Pengambilan dan Penanganan Sampel)

Jenis sampel digunakan adalah *T.asahi* yang dapat menginfeksi berbagai lokasi. Sampel umum meliputi darah (untuk infeksi sistemik/fungemia), urin, kerokan kulit, rambut, atau spesimen biopsi. Pengambilan sampel dilakukan secara aseptis guna menghindari kontaminasi. Transport sampel menggunakan wadah steril segera dilakukan pengiriman menjaga viabilitas jamur dan mencegah pertumbuhan berlebih bakteri kontaminan.

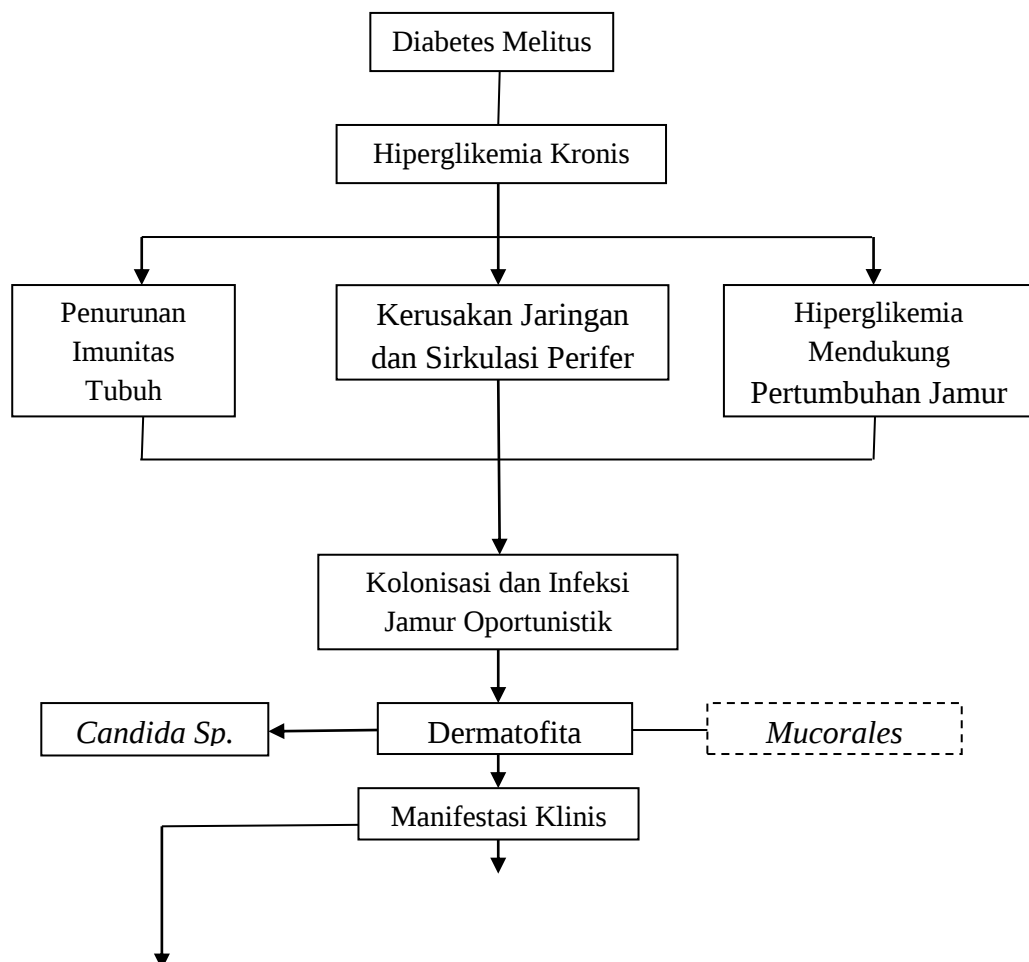
2. Tahap Analitik (Kultur dan Identifikasi)

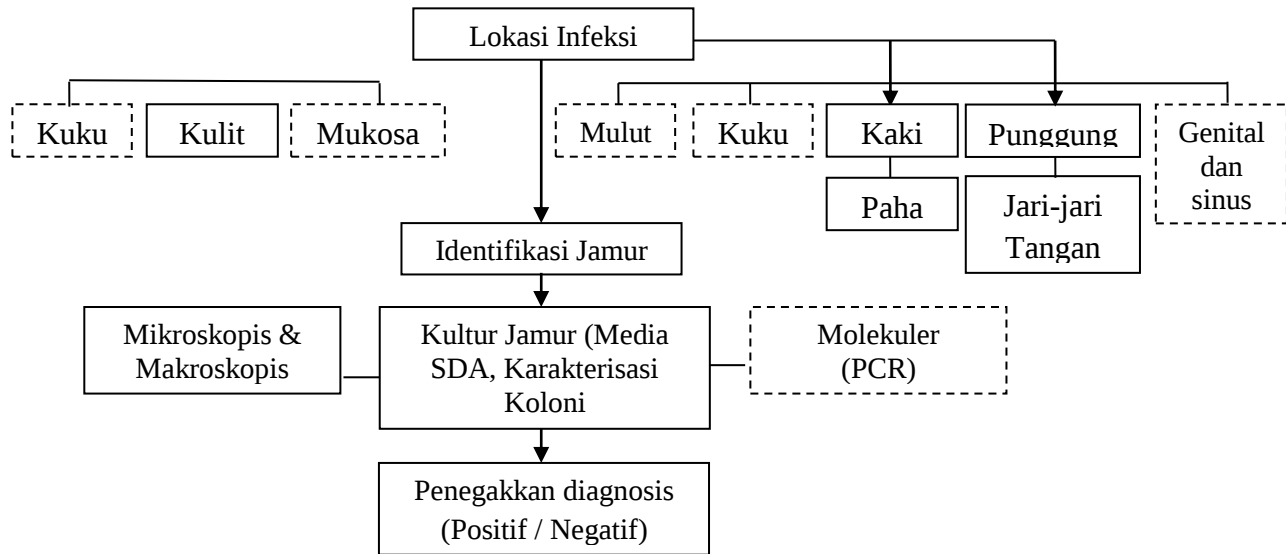
Inokulasi media, sampel diinokulasi pada media pertumbuhan jamur standar *Sabarroud Dextrosa Agar* (SDA) media ini mungkin mengandung agen antibakteri (misalnya, kloramfenikol) untuk menghambat pertumbuhan bakteri, tetapi tidak boleh mengandung *sikloheksimid* karena *Trichosporon* sensitif terhadapnya. Media diinkubasi pada suhu 25°C hingga 37°C selama beberapa hari hingga minggu. *T. asahii* biasanya tumbuh dengan cepat, menghasilkan koloni dalam 2-5 hari. Koloni diamati untuk karakteristik seperti warna (biasanya putih atau krem), tekstur (halus, berlendir, kemudian mungkin berkerut seiring bertambahnya usia), dan laju pertumbuhan. Sediaan dari koloni (misalnya, preparat KOH atau pewarnaan Gram) diperiksa di bawah mikroskop. Ciri khas *T. asahii* adalah adanya hifa bersepta hialin (benang jamur transparan), blastokonidia (tunas), pseudohifa, dan yang paling khas, artrokonidia (segmen hifa berbentuk oval atau persegi panjang) yang terbentuk saat hifa terfragmentasi.

3. Tahap Pasca Analitik

Hasil pemeriksaan mikroskopis awal dapat dilaporkan segera, diikuti dengan hasil kultur dan identifikasi lengkap. Jika *T. asahii* diisolasi dari pasien dengan infeksi invasif, uji sensitivitas anti jamur (menggunakan metode standar seperti CLSI M27) sangat penting untuk memandu pengobatan klinis. *T. asahii* diketahui resisten terhadap beberapa obat antijamur umum, seperti ekonokandin.

2.8 Kerangka Teori





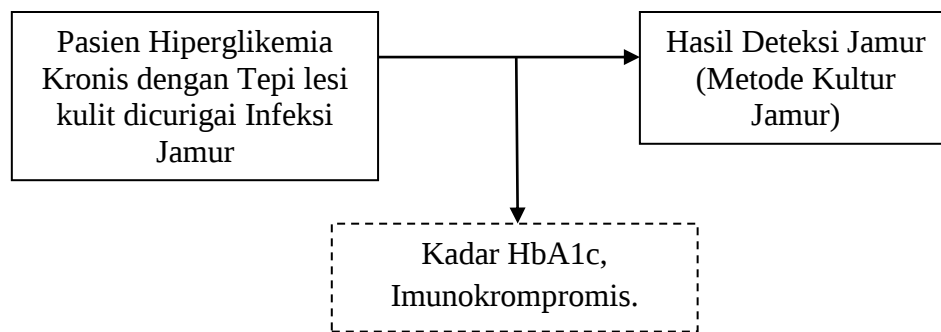
Keterangan :

Diteliti :

Tidak diteliti :

Gambar 2.3 Kerangka Teori

2.9 Kerangka Konsep



Keterangan :

Diteliti :

Tidak diteliti :

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Jenis dan Desain Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan adalah *deskriptif* dengan desain *Observasional study* untuk isolasi dan identifikasi jamur dari Kerokan Kulit Pasien Diabetes Melitus (DM) Menggunakan Metode Kultur di RSUD Prof Dr H. Aloei Saboe.

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini akan dilaksanakan pada bulan September 2025 - Februari 2026. Tempat penelitian antara lain 1) Pengambilan sampel kerokan kulit pasien Diabetes melitus (DM) dilakukan di Rumah Sakit Umum Daerah Prof. DR H.Aloei Saboe Gorontalo. 3) Isolasi dan Identifikasi Metode Kultur dilakukan di Laboratorium Rumah Sakit Umum Daerah Prof. DR H.Aloei Saboe Gorontalo.

3.3 Populasi dan Sampel Penelitian

3.3.1 Populasi Penelitian

Populasi dalam penelitian ini adalah pasien Diabetes melitus (DM) datang ke Poli Klinik Rumah Sakit Umum Daerah Prof. DR H.Aloei Saboe Gorontalo.

3.3.2 Sampel Penelitian

Sampel pada penelitian ini adalah kerokan kulit tepi lesi dari 7 orang pasien Diabetes melitus (DM) sesuai dengan kriteria inklusi dan eksklusi. Sampel dipilih berdasarkan kriteria. Namun, ada pasien yang tidak bersedia dijadikan responden penelitian dan Pasien DM yang memenuhi syarat dengan tipe lesi kulit (*Interdigital*; kulit memutih. Lembek, memiliki retakan/fissure. *Mocassin Type*;

kulit menebal, bersisik pada telapak kaki, rasa terbakar dan gatal ringan. *Vaskular type*; lepuhan kecil ditelapak atau sisi kaki, lepuhan pecah; sisik dan kulit kering adalah 7 orang pasien.

3.3.3 Kriteria Sampel

A. Kriteria Inklusi

1. Pasien bersedia menjadi responden penelitian
2. Pasien diabetes melitus yang terdiagnosis hiperglikemia kronis memiliki lesi kulit dicurigai infeksi jamur (warna, ukuran, gatal/tidak, bersisik/tidak).
3. Pasien DM dengan tipe lesi kulit (*Interdigital*; kulit memutih. Lembek, memiliki retakan/fissure. *Mocassin Type*; kulit menebal, bersisik pada telapak kaki, rasa terbakar dan gatal ringan. *Vaskular type*; lepuhan kecil ditelapak atau sisi kaki, lepuhan pecah; sisik dan kulit kering.

B. Kriteria Ekslusi

1. Sudah dilakukan amputasi atau tidak dapat berkomunikasi
2. Luka dengan nekrosis total yang tidak bisa diambil sampel

3.4 Teknik Pengambilan Sampel

Teknik pengambilan sampel dilakukan dengan *Purposive sampling* yaitu berdasarkan kriteria inklusi dan ekslusi yang diharapkan peneliti. Pengambilan sampel kerokan kulit tepi lesi dimana jumlah seluruh populasi yaitu 5 orang pasien Diabetes Melitus (DM). Untuk pengambilan sampel dengan menyiapkan alat dan bahan steril dahulu, bersihkan area sekitar lesi dengan alkohol 70% dan biarkan kering, gunakan pisau bedah steril atau scalpel ambil bagian kerokan kulit

dari tepi aktif lesi (kondisi jamur paling banyak) dan kumpulkan sisik kulit dengan pinset atau scalpel memindahkannya ke kaca objek steril untuk pemeriksaan mikologis.

3.5 Variabel Penelitian

3.5.1 Variable Independen (Variabel Bebas)

Variabel independen dalam penelitian ini adalah karakteristik usia, jenis kelamin dan pasien hiperglikemia kronis dengan tepi lesi kulit dicurigai infeksi jamur.

3.5.2 Variabel Dependen (Variabel Terikat)

Variabel dependen dalam penelitian ini adalah hasil diagnosis jamur metode Kultur.

3.6 Defenisi Operasional

Tabel 1.Defenisi Operasional

Variabel	Cara Ukur	Alat Ukur	Hasil Ukur	Skala Ukur
Diabetes Melitus (DM) adalah penyakit metabolik kronis ditandai dengan tingginya kadar glukosa dalam darah akibat kekurangan insulin.	Hiperglikemia Kronis Dengan Lesi Kulit	Riwayat Medis	1.Hiperglikemia Kronis 2.Hiperglikemia Akut	Nominal
Hiperglikemia kronis dengan tepi lesi dicurigai infeksi jamur adalah luka terbuka pada pasien DM umumnya di kaki, akibat komplikasi jangka panjang dengan kadar glukosa darah yang tidak terkontrol. Kerusakan saraf (Neuropati perifer) dan pembuluh darah (penyakit arteri perifer) sehingga menyebabkan luka rentan infeksi terutama infeksi jamur.	Kadar GDS dan Nilai HbA1c	Kimia Analyzer	(mg/dL) dan (%)	Rasio
jamur patogen adalah yang	Kultur Jamur	Mikroks	1. Positif	Nominal

diidentifikasi dari spesimen jaringan kaki pasien diabetes melitus melalui kultur pada media SDA.

kop

2. Negatif

3.7 Prosedur Persiapan Penelitian

3.7.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari oven, *autoclave* (hirayama), *cup sample*, neraca analitik, spatula, kaca arloji, erlenmeyer (*pyrexwaki*), *hotplate* (thermoscientific), *magneticstirrer*, cawan petri (normax), lampu spritus, *incubator* (memmert), *colonycounter*, *laminar air flow* (LAF), ose, mikroskop (olympus), *coolbox*, pipet tetes, tabung reaksi (pyrex), vortex, *sentrifuge* (effendrof), *microtube*, mesin *PolymeraseChainReaction* (PCR) (cleverscientific), dan mikropipet (effendrof), *geldoc*, *nano drop*, *kit phytopure*, *waterbath*, *freezer*, *microsentrifuge*, *bottle shoot*, *gel tray set*, *microwave*, sel elektroforesis, *gel documentationsystem* (biometra, jerman), kaca objek dan *coverglass*, Scalpel untuk kerokan kulit tepi lesi dan menggunakan swab pada lesi terbuka (ulserasi).

3.7.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *quadeast*, cotton swab, NaCl, alkohol, 90%, alkohol 70%, Medium *Brain Heart Infusion* (BHI), Medium *SabouraudDextrose Agar* (SDA), Medium *Potato Dextrose Broth* (PDB), aluminium foil, kapas, kain kasa, label, plastik packing, tissue, kloramfenikol, spritus, kaca objek, *coverglass*, *lactophenolcottonblue*, serum, *immersionoil*, *blueandyellowtip*.

3.7.3 Pembuatan Media *Brain Heart Infusion* (BHI)

Sebanyak 37 g serbuk BHI dilarutkan dalam 1000 mL *aquadest* dalam Erlenmeyer dan dipanaskan di atas *hoteplate* menggunakan *magnetic stirrer* hingga homogen dan larut. Media disterilisasi dengan *autoclave* selama 15 menit pada suhu 121°C.

3.7.4 Pembuatan Media *Sabouraud Dextrose Agar* (SDA)

Ditimbang SDA dengan komposisi sebanyak 65g ke dalam erlenmeyer, kemudian dilarutkan 1000 mL *aquadest* lalu dipanaskan menggunakan *hotplate* sambil diaduk hingga homogen sampai mendidih. Antibiotik kloramfenikol ditambahkan sebanyak 250 mg untuk mencegah terjadinya kontaminasi bakteri di dalam media. Media disterilisasikan menggunakan *autoclave* pada suhu 121°C selama 15 menit.

3.7.5 Pembuatan Medium *Potato Dextrose Broth* (PDB)

Sebanyak 39 g serbuk PDB dilarutkan dalam 1000 mL *aquadest* dalam Erlenmeyer dan dipanaskan di atas *hoteplate* menggunakan *magnetic stirrer* hingga homogen dan larut. Media disterilisasi dengan *autoclave* selama 15 menit pada suhu 121°C.

3.8 Prosedur Penelitian

3.8.1 Sterilisasi Alat dan Bahan

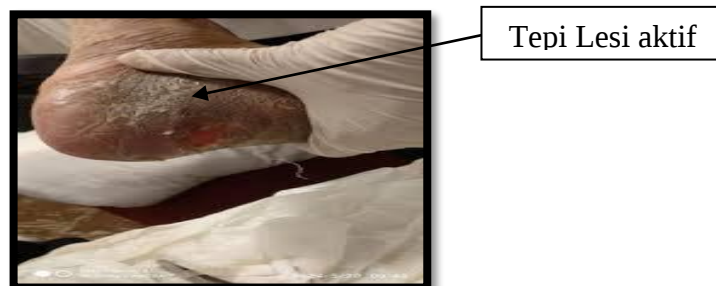
Alat-alat yang digunakan dicuci bersih terlebih dahulu dan dikeringkan sebelum digunakan. Gelas ukur, tabung reaksi, dan Erlenmeyer ditutup dengan kapas berlapis kain kasa dan dibungkus dengan kertas aluminium foil. Bahan dan alat tahan panas digunakan dalam penelitian ini disterilisasikan dengan

menggunakan *autoclave* pada suhu 121° tekanan 1 atm selama menit. Pinset dan jarum ose disterilkan dengan cara pemijaran pada lampu spritus. Peralatan yang tidak tahan panas disterilisasi dengan menggunakan alkohol 90%. *Laminar air flow* (LAF) disterilkan dengan lampu UV selama 5 menit.

3.8.2 Pengambilan Sampel Kerokan Kulit

Sistematika pengambilan sampel dengan lesi kulit pasien diabetes melitus (DM) dicurigai infeksi jamur di rumah sakit, dimulai dari izin dari pihak rumah sakit dan *informed consent* dari pasien. Untuk pengambilan sampel dengan menyiapkan alat dan bahan steril dahulu, bersihkan area sekitar lesi dengan alkohol 70% dan biarkan kering, gunakan pisau bedah steril atau scalpel ambil bagian kerokan kulit dari tepi aktif lesi (kondisi jamur paling banyak) dan kumpulkan sisik kulit dengan pinset atau scalpel memindahkannya ke kaca objek steril, setelah diambil dibungkus ke laboratorium Fakultas MIPA Universitas Negeri Gorontalo untuk dilakukan pemeriksaan mikologis.

Pengambilan sampel ulkus dengan nekrotik / lembab dilakukan dengan membersihkan permukaan dengan NaCl fisiologis steril, gunakan pinset atau scalpel steril untuk mengambil jaringan dasar ulkus atau kerokan dari tepi ulkus. Bila ada cairan, ambil dengan swab steril dan masukkan ke tabung steril. Hindari mengambil jaringan yang telah terkontaminasi kotoran atau pus superficial.



Gambar 1. Pengambilan Sampel Lesi Kulit jaringan dasar ulkus atau kerokan dari tepi ulkus

3.8.3 Isolasi

Setelah proses pengambilan, sampel ditanam dengan menggoreskan swab diatas permukaan media *Sabouraud Dextrose Agar* (SDA). Selanjutnya inkubasi pada suhu 37°C selama 24-48 jam untuk pertumbuhan koloni jamur.

3.8.4 Identifikasi Metode Kultur

Identifikasi jamur dilakukan melalui pengamatan terhadap morfologi pada koloni jamur Metode Kultur.

3.9 Analisis Data

Data dianalisis berdasarkan uji variabel GDS, HbA1C dan hasil kultur jamur menggunakan uji *chi square test*.

1. Analisis Univariat

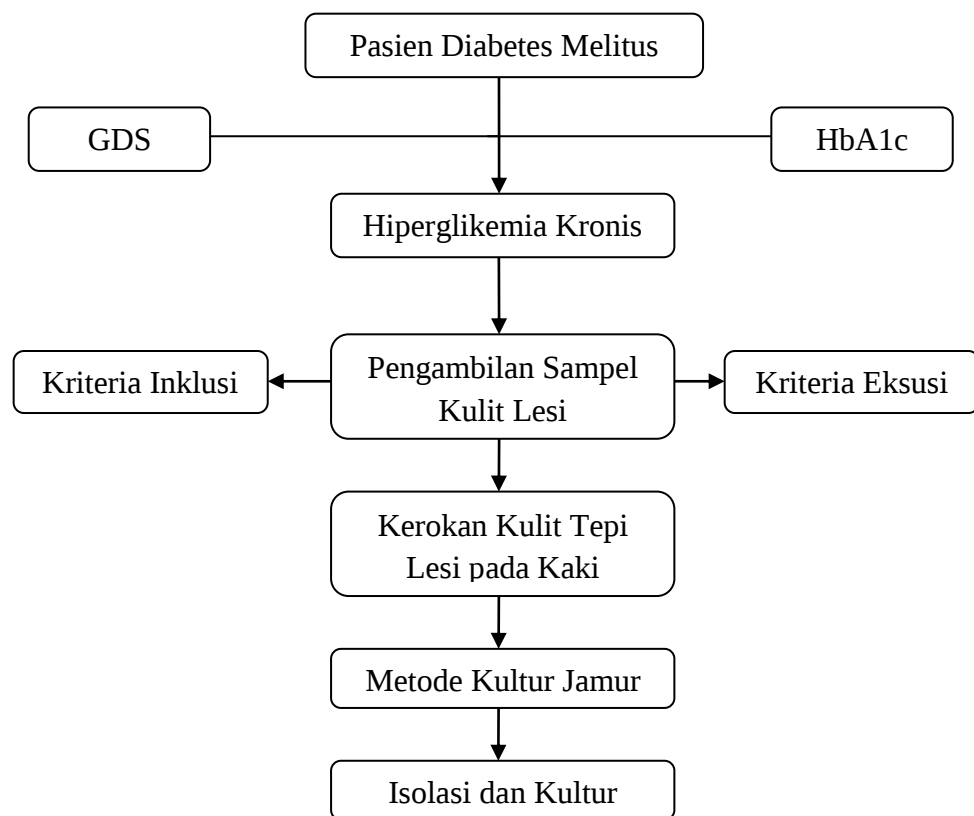
Analisis univariat dilakukan untuk menggambarkan karakteristik setiap variabel yang diteliti secara terpisah, tanpa menghubungkannya dengan variabel lain. Analisis data penelitian ini adalah deskriptif yang disajikan dalam bentuk teks, tabel, dan gambar dengan interpretasi hasil positif (terdeteksi) atau negatif (tidak terdeteksi) jamur.

2. Analisis Bivariat

Analisis bivariat dilakukan untuk mengevaluasi adanya hubungan antara dua variabel, yaitu kadar Glukosa Darah Sewaktu dan Nilai HbA1c dengan hasil deteksi jamur melalui kultur. Uji statistik yang digunakan adalah uji *Chi-Square*

test. Hasil analisis ini akan menunjukkan apakah terdapat hubungan antara kondisi hiperglikemia kronis pada pasien Diabetes Melitus (DM) dengan hasil kolonisasi atau infeksi jamur.

3.10 Kerangka Operasional Penelitian



Gambar 2. Kerangka Operasional Penelitian

BAB IV

HASIL PENELITIAN

4.1 Karakteristik

Karakteristik penderita Diabetes Melitus (DM) Tipe II di RSUD. Prof. Dr. H. Aloe Saboe Gorontalo, periode Desember 2025 - Januari 2026. *Variabel independen* yang diteliti dalam penelitian ini adalah jenis kelamin, usia, jenis pekerjaan, dan gambaran klinis responden. Data yang diambil menggunakan rekam medik pasien yang berkunjung pada bulan Desember 2025 - Januari 2026. Berdasarkan data sekunder yang diperoleh sebanyak 7 rekam medis. Adapun hasil penelitian disajikan dalam tabel yang disertai dengan penjelasannya sebagai berikut :

Tabel 4.1 Distribusi Frekuensi Berdasarkan Karakteristik Jenis Kelamin

Karakteristik	Kategori	Frekuensi (n)	Persentase (%)
Jenis Kelamin	Laki - Laki	1	14.3
	Perempuan	6	85.7
Total		7	100

Sumber: Data Primer (2026)

Berdasarkan Tabel 4.1 mayoritas responden dalam penelitian ini adalah perempuan sebanyak 6 orang (80%).

Tabel 4.2 Distribusi Frekuensi Berdasarkan Usia Responden

Karakteristik	Kategori (Tahun)	Frekuensi (n)	Persentase (%)
Usia	Dewasa (19-59)	3	42,9
	Lansia (≥ 60)	4	57,1

Total	7	100
-------	---	-----

Sumber: Data Primer (2026)

Berdasarkan Tabel 4.2 mayoritas uisa responden dalam penelitian ini adalah memiliki rentang usia lansia (≥ 60) sebanyak 4 orang (57,1%).

Tabel 4.3 Distribusi Frekuensi Berdasarkan Karakteristik Jenis Pekerjaan

Karakteristik	Kategori	Frekuensi (n)	Persentase (%)
Jenis Pekerjaan	IRT	6	85.7
	Petani	1	14.3
Total		7	100

Sumber: Data Primer (2026)

Berdasarkan Tabel 4.3 mayoritas jenis pekerjaan responden dalam penelitian ini adalah sebagai IRT sebanyak 6 orang (85.7 %).

4.2 Gambaran Klinis

Tabel 4.4 Distribusi Frekuensi Diagnosis Klinis Responden

Karakteristik	Kategori	Frekuensi (n)	Persentase (%)
Lama Menggunakan Insulin	Ya	7	100
	Tidak	0	0
	Total	7	100
Lama Penderita Diabetes Melitus	1-5 Tahun	1	14.3
	> 5 Tahun	6	85.7
	Total	7	100
Kadar Glukosa Darah	Normal	0	0
	Abnormal	7	100
	Total	7	100
Infeksi Kulit (Gatal)	Ya	7	100
	Tidak	0	0
	Total	7	100
Ulkus Diabetikum	Ya	6	85.7
	Tidak	1	14.3
	Total	7	100
Poliuria	Ya	6	85.7
	Tidak	1	14.3
	Total	7	100
Polidipsia	Ya	6	85.7
	Tidak	1	14.3
	Total	7	100

<i>Polifagia</i>	Ya	6	85.7
	Tidak	1	14.3
Total		7	100

Sumber: Data Primer (2026)

Berdasarkan Tabel 4.4 menggambarkan bahwa, mayoritas responden lama menggunakan insulin yaitu sebanyak 7 orang (100 %). Berdasarkan lama menderita Diabetes Melitus yaitu 1-5 tahun sebanyak 1 orang (14.3%) dan >5 tahun mayoritas responden sebanyak 6 orang (85.7%). Hasil pengukuran kadar glukosa darah semua responden memiliki kadar glukosa darah yang tinggi atau abnormal sebanyak 7 orang (100%), Infeksi kulit juga cukup umum terjadi, dialami oleh semua responden (100%). Selanjutnya, pasien dengan ulkus diabetikum dialami oleh 6 orang (85.7%), Sementara itu, *Poliuria*, *polifagi*, dan *polidipsi* masing-masing terjadi pada mayoritas responden sebanyak 6 orang (85.7%) dan dilaporkan hanya 1 orang (14.3%) tidak mengalami kondisi tersebut.

4.3 Hasil Penelitian

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan pada Januari 2026 dengan tujuan untuk mengetahui isolasi dan identifikasi jamur dari kerokan kulit pasien diabetes melitus (DM) menggunakan metode kultur di RSUD. Prof Dr. H. Aloei Saboe, sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebanyak 7 sampel dengan lokasi pengambilan sampel pada ulkus dengan nekrotik / lembab.

Hasil isolasi dan identifikasi jamur dari kerokan kulit pasien diabetes melitus (DM) menggunakan metode kultur di RSUD. Prof Dr. H. Aloei Saboe, diperoleh hasil dalam tabel 4.5 sebagai berikut :

Kultur pada Media SDA	Hasil Pemeriksaan Jamur		Spesies Jamur
	Mikroskopis	Makroskopis	
Isolat 1	(+)	Positif	<i>Mucor Sp.</i>
Isolat 2	(+)	Positif	<i>Mucor Sp.</i>
Isolat 3	(+)	Positif	<i>Candida Albicans</i>
Isolat 4	(+)	Positif	<i>Candida non albicans</i>
Isolat 5	(+)	Positif	<i>Candida non albicans</i>
Isolat 6	(+)	Positif	<i>Candida Albicans</i>
Isolat 7	(+)	Positif	<i>Candida Albicans</i>

Sumber: Data Primer (2026)

1. Karakteristik Morfologi Koloni Jamur

Berdasarkan hasil pengamatan makroskopis karakteristik morfologi koloni jamur dari kerokan kulit pasien diabetes melitus (DM) menggunakan metode kultur di RSUD. Prof Dr. H. Aloei Saboe menunjukkan bahwa dari 5 (lima) sampel diperoleh hasil seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.6 berikut :

Tabel 4.6 Hasil Pengamatan Morfologi Koloni jamur dari kerokan kulit pasien diabetes melitus (DM) di RSUD. Prof Dr. H. Aloei Saboe.

Kode Sampel	Pengamatan Makroskopis			Hasil
	Bentuk	Permukaan	Warna	
A.M	a. Kapang	a. Mengkilap	Koloni	
	b. Kapas	b. Rata	Putih	
	Berbulu	c. Timbul		
	tebal			



N.H

- a.Kapang
b.Kapas
Berbulu
tebal

- Kusam
- Terangkat
- Cembung

*Koloni
Putih,
abu-abu,
kecoklatan*



Y.P

- a. Bulat*

- Tekstur Halus
- Tepi Rata
- Licin
- Tampak Basah
- Menonjol

Putih krem
kekuningan



A.R

- a. Bulat*

- Tekstur Halus
- Mengkilap

*Koloni
Putih*



H.P

- a. Bulat*

- Tekstur Halus
- Mengkilap

*Koloni
Putih*



I.M	<i>a. Bulat</i>	<i>a. Tekstur Halus</i>	<i>Koloni Putih</i>	
	<i>b. Tepi Rata</i> <i>c. Licin</i> <i>d. Tampak Basah</i>			
N.I	<i>a. Bulat</i>	<i>a. Tekstur Halus</i>	<i>Koloni Putih</i>	
	<i>b. Tepi Rata</i> <i>c. Licin</i> <i>d. Tampak Basah</i>			

(Sumber: Data Primer Penelitian, 2025).

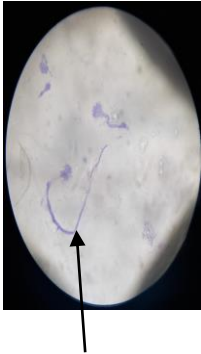
Berdasarkan tabel 4.6 Hasil Pengamatan Makroskopis pada kerokan kulit pasien Diabetes Melitus (DM) di RSUD. Prof. Dr. H. Aloei Saboe Gorontalo, menunjukkan beragam dari 7 isolat yang dilakukan diantaranya adalah ; Isolat kode sampel (A.M dan N.H) dilakukan identifikasi melalui pengamatan pada media *Sabaroud Dextrose Agar* (SDA) dimana koloni tumbuh seperti kapas berwarna putih dan abu-abu kecoklatan. Sementara pada Isolat kode sampel (Y.P, I.M, N.I) dilakukan identifikasi koloni tumbuh berwarna putih, bentuknya bulat menonjol pada permukaan, memiliki tekstur halus, licin, dan tampak basah. Pada isolat kode sampel (A.R dan H.P) dilakukan identifikasi koloni tumbuh berwarna putih kusam dan krem. Tekstur ditemukan datar sedikit buram, dan lunak ketika diambil dengan jarum ose.

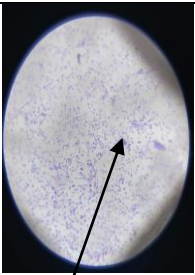
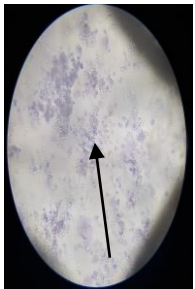
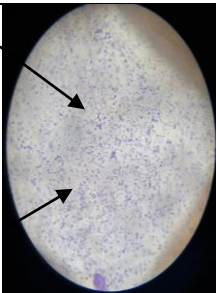
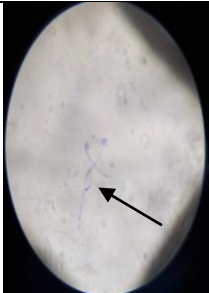
Setelah itu dilakukan pemeriksaan secara mikroskopis dengan melakukan pewarnaan *Lactophenol Cotton Blue* dan dilihat dibawah

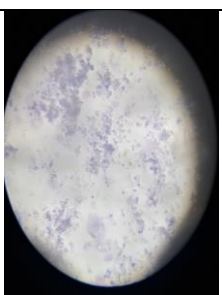
mikroskop pada pembesaran objektif 100x. Pada pemeriksaan ini ditemukan positif spesies jamur, seperti pada tabel dibawah ini.

2. Hasil Isolasi Jamur pada Kerokan Kulit Pasien Diabetes Melitus (DM) di RSUD. Prof Dr. H. Aloi Saboe Tahun 2026.

Tabel 4.3 Pengamatan Secara Mikroskopis

KS	Hasil	Bentuk Spora	Hifa
A.M		a. Bulat b. Lebar c. Spora aseksual d. Mempunyai tangkai sporangia	tidak bersekat
N.H		a. Bulat b. Lebar c. Spora aseksual d. Mempunyai tangkai sporangia	tidak bersekat
Y.P		a. Bulat	Bersekat

		<i>b. Oval</i>
A.R		<i>a. Bentuk Oval Pendek</i> <i>Oval</i> <i>Pseudohifa</i>
H.P		<i>a. Bentuk Oval Pendek</i> <i>Oval</i> <i>Pseudohifa</i>
LM		<i>a. Bulat</i> <i>b. Oval</i> <i>Bersekut</i>

N.I		a. Bulat b. Oval	Bersekat
-----	---	---------------------	----------

(Sumber: Data Primer Penelitian, 2026).

Pemeriksaan mikroskopis menggunakan pewarnaan *Lactophenol Cotton Blue* untuk isolat kode sampel (Yp, IM, NI) menunjukkan struktur khas berupa hifa bersekat mempunyai struktur filamen panjang dengan dinding sel sejajar, tanpa penyempitan di bagian sekatnya yang menunjukkan ciri hifa dari Spesies jamur *Candida albicans*. Sementara pada isolat kode sampel (AR dan HP) menunjukkan struktur *pseudohifa* yang sangat bercabang, panjang, dan bergelombang yang dicurigai spesies jamur *Candida kefyr*. Pada isolat kode sampel (AM dan NH) adalah spesies jamur *Mucor Sp*, dengan kelompok kapang struktur menyerupai jarum pentul dengan hifa yang lebar. Hifa lebar berdinding tipis, dan bersifat aseptat.

BAB V

PEMBAHASAN

5.1 Karakteristik Responden

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan mengisolasi spesies jamur dari spesimen kerokan kulit pasien Diabetes Melitus (DM) di RSUD Prof. Dr. H. Aloei Saboe Kota Gorontalo. Pelaksanaan penelitian ini berlangsung pada kurun waktu 29 Desember 2025 hingga 17 Januari 2026, bertempat di Laboratorium Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA), Universitas Negeri Gorontalo. Kuantitas sampel yang dianalisis berjumlah 7 spesimen kerokan kulit yang diperoleh melalui teknik *purposive sampling* berdasarkan pemenuhan kriteria inklusi dan eksklusi yang telah ditetapkan.

Prosedur pengambilan sampel dilaksanakan secara aseptik di ruang perawatan pasien dan unit laboratorium RSUD Prof. Dr. H. Aloei Saboe Gorontalo. Seluruh responden yang terlibat telah menyatakan kesediaannya melalui penandatanganan lembar persetujuan tindakan (*informed consent*) serta telah dinyatakan memenuhi standar etik melalui kelulusan uji kelayakan etika penelitian. Berdasarkan hasil analisis karakteristik demografis responden yang dipaparkan pada Tabel 4.1, mayoritas subjek penelitian berjenis kelamin perempuan dengan jumlah 6 orang (85,7%), sedangkan responden dengan jenis kelamin laki-laki tercatat sebanyak 1 orang (14,3%).

Diabetes melitus mempunyai beberapa kekhasan gender dimana perempuan rata-rata menderita penyakit lebih lama dibandingkan laki-laki

dan memiliki indeks massa tubuh (IMT) yang lebih tinggi. Faktor risiko terpenting, yaitu obesitas lebih sering terjadi pada wanita. Faktor biologis dan psikososial memiliki tanggung jawab atas perbedaan jenis kelamin dan gender dalam risiko dan hasil diabetes. Secara keseluruhan, stress psikososial memiliki dampak yang lebih besar pada perempuan dibandingkan laki-laki (Ciarambino, 2022).

Hal diatas sesuai dengan penelitian yang telah dipublikasikan melalui Diabetologi tahun 2023 menyatakan bahwa prevalensi perempuan berisiko lebih tinggi mengalami Diabetes Melitus. Studi ini telah menunjukkan bukti bahwa wanita masa premonopause memiliki otot rangka yang lebih tinggi dan sensitivitas insulin hepatic dan insulin terstimulasi yang lebih tinggi sekresi, dengan demikian menurunkan glukosa puasa dan HbA1c dari pada laki-laki. Hormon steroid seks berkontribusi besar pada kerentanan diabetes dimorfik seks. Pada wanita premonopause, estrogen melindungi tubuh dari Diabetes Melitus Tipe 2 dengan meningkatkan sensitivitas insulin dan insulin yang distimulasi oleh glukosa sekresi, dan mengurangi apoptosis sel beta (Nasution, dkk.,2021).

Berdasarkan teori yang ada maka asumsi peneliti mengenai jenis kelamin yang lebih rentan dan cenderung lebih berisiko mengidap DM disebabkan dari beberapa faktor antara lain adalah perempuan cenderung lebih berisiko mengidap Diabetes Melitus karena secara fisik perempuan memiliki peluang peningkatan indeks massa tubuh yang lebih besar dan stress berlebih yang mudah menyerang pada perempuan. Kemudian tidak

terlepas juga dari gaya hidup pasien Diabetes Melitus yang menunjukkan gaya hidup sehat atau tidak.

Berdasarkan Tabel 4.2, mayoritas usia responden dalam penelitian ini memiliki rentang usia lansia (≥ 60) sebanyak 4 orang (57,1%). Dari hasil tersebut ditemukan bahwa jumlah pasien dengan rentang usia lansia (≥ 60) merupakan kasus terbanyak yaitu sebanyak 4 orang (60%). Hasil ini sejalan dengan hasil penelitian (Chaidir, A.F. dkk., 2024), hasil penelitian telah didapatkan bahwa jumlah pasien dengan kelompok usia lansia (≥ 60) merupakan kasus terbanyak yaitu terdapat 30 pasien (54,5%), setelah itu diikuti oleh kelompok usia dewasa (< 60 tahun) yaitu terdapat 25 pasien (45,50%). Kemudian hasil serupa juga ditemukan pada penelitian *Shuguang Hospital Affiliated Shanghai University* disebutkan ketika kehidupan social meningkat pesat diiringi dengan penuaan populasi dan menjadi masalah nyata dan memengaruhi kesehatan masyarakat. Kebanyakan penderita diabetes dan pradiabetes berusia di atas 40 tahun. Berdasarkan hasil survei, prevalensi diabetes dan pradiabetes pada kohort usia 40–49 tahun masing-masing tercatat sebesar 11,1% dan 40,3%, sedangkan pada kelompok usia 60–69 tahun terjadi eskalasi prevalensi hingga mencapai 23,9% untuk diabetes dan 47,6% untuk pradiabetes. Sejalan dengan studi yang dipublikasikan oleh *Institute of Cardiovascular and Medical Sciences, University of Glasgow, United Kingdom* (Lailatul, L. 2017), eksistensi riwayat diabetes dalam silsilah keluarga linier dengan peningkatan risiko manifestasi diabetes melitus pada keturunannya. Fase usia 40-an tahun diidentifikasi sebagai periode yang rentan terhadap

kejadian obesitas, yang dipicu oleh penurunan intensitas aktivitas fisik harian. Reduksi pengeluaran energi melalui aktivitas fisik—yang mencakup segala bentuk pergerakan kinetik tubuh pengonsumsi kalori seperti menaiki tangga, menyapu, berkebun, berolahraga, maupun menyetrika—menjadi salah satu faktor determinan dalam patogenesis diabetes melitus.

Faktor kronologis pertambahan usia terbukti memengaruhi tingkat risiko dan onset diabetes melitus secara signifikan. Kenaikan kadar glukosa darah berkorelasi positif dengan pertambahan umur, sehingga memicu peningkatan prevalensi gangguan toleransi glukosa secara progresif. Kelompok lanjut usia (> 60 tahun) memiliki kerentanan tertinggi terhadap diabetes melitus dan intoleransi glukosa akibat adanya proses degeneratif, yang ditandai dengan penurunan fungsi fisiologis tubuh dalam meregulasi homeostasis metabolisme glukosa.

Manifestasi data pada Tabel 4.3 mengonfirmasi bahwa mayoritas subjek penelitian tidak bekerja di sektor formal dan berstatus sebagai Ibu Rumah Tangga (IRT), yaitu sebanyak 6 responden (85,7%). Merujuk pada pemikiran Ariani dan Gayatri (2021), karakteristik okupasi erat kaitannya dengan proses aktualisasi diri, motivasi, serta komitmen individu dalam mengadopsi regulasi terapeutik. Di samping itu, variabel eksternal berupa pola hidup yang maladaptif menjadi faktor pemicu utama rendahnya kepatuhan penderita diabetes melitus terhadap kerangka perawatan mandiri (*self-care behavior*). Keterbatasan finansial pada strata sosioekonomi rendah cenderung melemahkan dorongan internal pasien untuk mengakses

fasilitas pelayanan kesehatan terdekat, sehingga menghambat kesinambungan manajemen pencegahan komplikasi dalam rutinitas harian.

Kondisi tersebut sinkron dengan temuan Bhatt dkk. (2016) yang menyatakan bahwa tingkat pendapatan linear dengan status sosioekonomi individu, di mana kapasitas finansial yang memadai mendukung kemampuan penderita diabetes melitus dalam melakukan monitoring glukosa darah secara mandiri minimal dua kali seminggu untuk keperluan kontrol metabolik.

Oleh karena itu, peneliti berasumsi bahwa penyusunan program edukasi kesehatan harus difokuskan secara berkala pada kelompok masyarakat, termasuk segmen pekerja dengan tekanan psikologis tinggi, demi mengonstruksi kesadaran preventif yang kokoh. Promosi dan edukasi kesehatan memegang peranan vital dalam tata laksana penyakit, terutama sebagai pilar pencegahan primer bagi populasi dengan faktor risiko tinggi. Fenomena pergeseran gaya hidup kontemporer akibat beban kerja yang tinggi sering kali berimplikasi pada ketidakseimbangan nutrisi serta penurunan indeks aktivitas fisik, yang dapat mengakibatkan eksaserbasi kondisi klinis pasien. Upaya pemulihan dan pemeliharaan homeostasis tubuh menuntut penerapan pola hidup sehat yang integratif, mencakup kontrol diet yang presisi, latihan fisik terukur, serta manajemen istirahat yang berkualitas.

4.2 Gambaran Klinis Responden

Berdasarkan Tabel 4.4 menggambarkan bahwa, mayoritas

responden menggunakan insulin yaitu sebanyak 7 orang (100 %). Berdasarkan lama menderita Diabetes Melitus yaitu 1-5 tahun sebanyak 1 orang (14.3%) dan >5 tahun mayoritas responden sebanyak 6 orang (85.7%). Hasil pengukuran kadar glukosa darah semua responden memiliki kadar glukosa darah yang tinggi atau abnormal sebanyak 7 orang (100%), Infeksi kulit juga cukup umum terjadi, dialami oleh semua responden (100%). Selanjutnya, pasien dengan ulkus diabetikum dialami oleh 6 orang (85.7%), Sementara itu, *Poliuria*, *polifagi*, dan *polidipsi* masing-masing terjadi pada mayoritas responden sebanyak 6 orang (85.7%) dan dilaporkan hanya 1 orang (14.3%) tidak mengalami kondisi tersebut.

Intervensi terapi insulin pada tata laksana Diabetes Melitus (DM) Tipe 2 direkomendasikan apabila regimen obat antihiperqlikemik oral tidak lagi adekuat, kontrol glikemik berada pada kategori buruk (kadar HbA1c > 7,5%), atau ditemukan konsentrasi glukosa darah puasa (GDP) melebihi 250 mg/dL}. Berbagai jenis dan analog insulin tersedia serta dapat disesuaikan untuk mengoptimalkan manajemen klinis penderita.

Pada patofisiologi diabetes melitus, defisiensi produksi insulin endogen yang disertai dengan penurunan sensitivitas jaringan perifer terhadap insulin memicu akumulasi glukosa ekstraseluler, sehingga menimbulkan kondisi hiperglikemia ekstrem dengan kadar glukosa darah yang dapat melonjak hingga mencapai rentang 300-1200 mg/dL. Gangguan klinis pada diabetes melitus utamanya diakibatkan oleh dua faktor simultan, yakni konsentrasi glukosa serum yang tinggi dan penurunan kuantitas insulin efektif pada

tingkat seluler. Fenomena resistensi insulin ini bertindak sebagai mekanisme dasar yang mengonstruksi kelompok kelainan dalam sindrom metabolik. Kendati demikian, skrining melalui pemeriksaan glukosa plasma puasa dinilai kurang ideal, mengingat manifestasi gangguan toleransi glukosa puasa secara statistik hanya terdeteksi pada sekitar 10% dari total kasus sindrom metabolik (Khafifah, A.A., 2023).

Kondisi hiperglikemia kronis pada penderita Diabetes Melitus (DM) memiliki korelasi kuat terhadap risiko kerusakan jangka panjang serta disfungsi multisistem organ, khususnya pada organ mata, ginjal, jantung, dan sistem vaskular (Decroli E, 2019). Di samping sistem organ tersebut, integumen atau kulit menjadi salah satu target organ yang paling rentan mengalami dampak patologis akibat DM. Manifestasi klinis pada kulit yang bermanifestasi sebagai infeksi sekunder merupakan salah satu bentuk komplikasi kronis yang jamak dijumpai pada populasi penderita DM. Peningkatan konsentrasi glukosa pada jaringan kulit menciptakan lingkungan mikro yang su somef untuk kolonisasi patogen, sehingga memicu tingginya insidensi gangguan kulit seperti dermatitis, infeksi bakterial, serta mikosis superfisial.

Berdasarkan studi epidemiologi yang dilakukan oleh Wambier dkk. (2014) terhadap 500 subjek dengan DM, infeksi jamur pada kulit menempati prevalensi tertinggi sebagai penyakit kulit yang paling mendominasi, yakni mencapai 82%, disusul oleh infeksi bakteri sebesar 13%, dan infeksi virus sebanyak 5%. Dari total 457 kasus mikosis kulit superfisial yang

teridentifikasi dalam penelitian tersebut, analisis distribusi etiologi menunjukkan bahwa mayoritas pasien, yaitu sebanyak 307 individu (67%), mengalami dermatofitosis. Selanjutnya, infeksi kandidiasis terdokumentasi pada 131 pasien (29%), sementara manifestasi *Pityriasis versicolor* (PVC) ditemukan pada proporsi terkecil, yaitu sebanyak 19 pasien (4%).

Mayoritas patogen penyebab infeksi pada lesi ulkus diabetik didominasi oleh komunitas bakteri aerob dan anaerob. Meski demikian, sejumlah laporan ilmiah kontemporer menegaskan keterlibatan serta peran krusial berbagai takson fungi sebagai agen pemicu infeksi sekunder pada penderita ulkus diabetik (Haryati, D.L. dkk., 2020). Secara biologis, jamur diklasifikasikan sebagai organisme eukariotik yang dicirikan oleh kepemilikan inti sel sejati, dinding sel yang rigid, serta sifat heterotrofik akibat ketiadaan klorofil dalam aparatus selulernya. Mekanisme reproduksi mikologis diselenggarakan melalui jalur seksual via pembentukan spora maupun jalur aseksual melalui elongasi miselium. Struktur anatomis multiseluler pada kelompok fungi dicirikan oleh keberadaan filamen memanjang yang diidentifikasi sebagai hifa.

Diagnosis dini memegang peranan krusial dalam tata laksana diabetes melitus guna memfasilitasi intervensi awal yang efektif dalam mencegah progresi komplikasi sistemik. Manifestasi klinis patognomonik yang menandai fase krisis penderita Diabetes Melitus (DM) Tipe 2 diidentifikasi melalui eksistensi "Trias Diabetes", yang meliputi poliuria (peningkatan

volume ekskresi urin), polidipsia (sensasi haus yang berlebihan), dan polifagia (peningkatan nafsu makan) (Lembang F.T.D. dkk., 2025).

Konstelasi gejala klasik ini timbul sebagai implikasi sekunder dari kondisi hiperglikemia yang tidak terkontrol, di mana kegagalan utilisasi glukosa oleh jaringan perifer memicu disregulasi metabolisme secara sistemik. Mekanisme poliuria diinduksi oleh akumulasi glukosa serum yang melebihi ambang batas ginjal, sehingga memicu proses diuresis osmotik yang memaksa ginjal mengeliminasi kelebihan glukosa melalui urin. Dampak dari kehilangan cairan yang masif tersebut menstimulasi timbulnya polidipsia sebagai kompensasi fisiologis untuk memulihkan volume cairan tubuh. Sementara itu, polifagia bermanifestasi akibat kondisi kelaparan seluler (cellular starvation), di mana tubuh mengalami defisit energi secara intraseluler meskipun berada dalam situasi hiperglikemia, yang disebabkan oleh ketidakmampuan sel dalam mengonversi glukosa menjadi energi akibat gangguan metabolisme tersebut (Lembang F.T.D. dkk., 2025).

4.4 Isolasi dan Identifikasi Jamur pada Kerokan Kulit Pasien DM

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan terhadap 7 sampel kerokan kulit pasien Diabetes (DM) di RSUD. Prof. Dr. H. Aloei Saboe Gorontalo dengan pemeriksaan secara makroskopis pada media *Sabaroud Dextrose Agar* (SDA) setelah dilakukan dalam waktu 3-7 hari diperoleh 7 sampel positif terdapat spesies jamur berbeda yaitu *Mucor* sp., *Candida albicans*, dan *Candida kefyr* dengan ciri koloni Isolat kode sampel (A.M dan N.H) dilakukan identifikasi melalui pengamatan pada media *Sabaroud Dextrose*

Agar (SDA) dimana koloni tumbuh seperti kapas berwarna putih dan abu-abu kecoklatan. Sementara pada Isolat kode sampel (Y.P, I.M, N.I) dilakukan identifikasi koloni tumbuh berwarna putih, bentuknya bulat menonjol pada permukaan, memiliki tekstur halus, licin, dan tampak basah. Pada isolat kode sampel (A.R dan H.P) dilakukan identifikasi koloni tumbuh berwarna putih kusam dan krem. Tekstur ditemukan datar sedikit buram, dan lunak ketika diambil dengan jarum ose.

Berdasarkan hasil pemeriksaan makroskopis, analisis dilanjutkan dengan identifikasi secara mikroskopis melalui metode pewarnaan. Hasil pengamatan mikroskopis mengonfirmasi temuan positif adanya kontaminasi atau kolonisasi fungi *Mucor* sp. pada 2 spesimen sampel yang diuji, *Candida albicans* sebanyak 3 sampel, dan *candida kefir* sebanyak 2 sampel. Dengan ciri-ciri isolat kode sampel (YP, IM, NI) menunjukkan struktur khas berupa hifa bersekat mempunyai struktur filamen panjang dengan dinding sel sejajar, tanpa penyempitan di bagian sekatnya yang menunjukkan ciri hifa dari Spesies jamur *Candida albicans*. Sementara pada isolat kode sampel (AR dan HP) menunjukkan struktur pseudohifa yang sangat bercabang, panjang, dan bergelombang yang dicurigai spesies jamur *Candida kefir*. Pada isolat kode sampel (AM dan NH) adalah spesies jamur *Mucor* sp., dengan kelompok kapang struktur menyerupai jarum pentul dengan hifa yang lebar. Hifa lebar berdinding tipis, dan bersifat aseptat.

Situasi hiperglikemia kronis pada penderita Diabetes Melitus (DM) secara signifikan meningkatkan kerentanan jaringan integumen terhadap

berbagai kelainan patologis, termasuk dermatitis, pioderma, serta mikosis superfisial. Tingginya konsentrasi glukosa dalam darah dan jaringan bertindak sebagai substrat nutrisi optimal yang memicu proliferasi agen fungal, sekaligus mendisregulasi homeostasis kulit melalui beberapa mekanisme molekuler. Akumulasi glukosa tersebut menghambat proses proliferasi dan migrasi sel keratinosit, menurunkan sintesis *nitric oxide* (NO), serta menginduksi apoptosis pada sel endotel. Lebih lanjut, kondisi metabolik ini juga memicu disfungsi sistem imun lokal dengan cara mengganggu efektivitas kemotaksis dan aktivitas fagositosis sel-sel leukosit di area lesi. Sehingga hal ini menyebabkan penderita DM lebih rentan terkena infeksi kulit atau gatal. Temuan ini di buktikan pada penelitian yang menunjukkan bahwa kemungkinan untuk pasien DM untuk terpapar dermatofitosis atau infeksi jamur pada kulit lebih tinggi dibandingkan dengan orang tanpa Diabetes Melitus (Maulida, dkk., 2025).

Eskalasi patogenesis Diabetes Melitus (DM) terbukti memicu spektrum komplikasi sistemik yang luas, baik dalam bentuk akut maupun kronis. Perubahan patologis ini diinisiasi oleh kerusakan makrovaskular dan mikrovaskular yang progresif, yang kemudian menginduksi kerusakan organ target seperti nefropati, neuropati, penyakit kardiovaskular, hingga dermatopati. Prevalensi manifestasi kulit akibat DM menunjukkan variabilitas yang tinggi, di mana mayoritas penderita DM Tipe 2 terkonfirmasi mengalami sekurang-kurangnya satu jenis lesi kulit. Kelainan pada sistem integumen ini dapat bermanifestasi sebagai indikator klinis awal (*early*

marker) maupun berkembang secara persisten seiring dengan perjalanan klinis penyakit DM (WHO, 2015).

Candida sp. merupakan takson fungi patogen oportunistik yang diklasifikasikan ke dalam divisi *Deuteromycota*. Dalam kondisi fisiologis normal, *Candida* sp., khususnya *Candida albicans*, bersifat saprofit dan mengonstruksi bagian dari flora normal pada jaringan integumen, membran mukosa oral, saluran pencernaan, saluran pernapasan, traktus vaginalis, serta aparatus kuku. Namun, perubahan mikrolingkungan inang dapat memicu transisi sifat menjadi patogen yang menginduksi infeksi primer maupun sekunder (kandidiasis).

Di sisi lain, *Mucor* sp. merupakan kelompok kapang (*molds*) yang secara makroskopis dicirikan oleh pertumbuhan koloni bertekstur menyerupai kapas dengan degradasi warna dari putih hingga keabu-abuan. Secara mikroskopis, struktur anatomi *Mucor* sp. tersusun atas hifa hialin (*transparan*) yang karakteristik sekatnya (*septum*) dapat ditemukan secara rapat maupun jarang (*pauci-septate*). Dinding hifa tebal dengan spora berwarna kuning sampai coklat. Infeksi *mucor* sp. pada kulit manusia biasa dikenal dengan *mikormikosis kutaneus* adalah kondisi serius namun jarang dijumpai ketika spora jamur masuk melalui luka atau cedera kulit lainnya seperti luka pada pasien DM. Faktor risiko infeksi lebih sering terjadi pada orang dengan sistem kekebalan tubuh lemah, penderita diabetes, dan trauma kulit berat. Patofisiologi *Candida kefyr* pada pasien DM melibatkan interaksi antara kondisi hiperglikemia inang dan peningkatan faktor virulensi jamur

bersifat oportunistik. Hiperglikemia menyebabkan peningkatan kadar glukosa dalam keringat dan cairan intertisial kulit. Glukosa merupakan sumber energi utama bagi jamur terutama *candida kefyr*, kerusakan mekanis pada pasien DM sering mengalami neuropati (mati rasa) meningkatkan risiko luka kecil atau lecet yang menjadi pertumbuhan jamur. Kondisi yang mendukung yaitu lembab cenderung mengkolonisasi area lipatan kulit yang lembab dimana akumulasi glukosa dalam keringat lebih tinggi.

BAB VI

PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian isolasi dan identifikasi jamur pada kerokan kulit pasien Diabetes Melitus (DM) metode kultur di RSUD. Prof Dr. H. Aloei Saboe Gorontalo, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Keberadaan Jamur pada kerokan kulit pasien Diabetes Melitus (DM) sebanyak 7 sampel atau (100%) positif jamur, yang menunjukkan kesesuaian klinis pada pasien DM yang dicurigai adanya infeksi jamur. Identifikasi spesies jamur pada kerokan kulit pasien Diabetes Melitus (DM) diketahui bahwa varian spesies yang tumbuh pada 7 sampel antara lain : *Mucor* sp., dan *candida albicans*.
2. Mayoritas responden dalam penelitian ini adalah perempuan sebanyak 6 orang (85.7%). Sementara responden jenis kelamin laki-laki sebanyak 1 orang (14.3%). Sementara mayoritas usia responden dalam penelitian ini memiliki rentang usia lansia (≥ 60) sebanyak 4 orang (57,1%).

6.2 Saran

1. Bagi Peneliti Selanjutnya

Melakukan identifikasi spesies jamur secara spesifik pada kerokan kulit khususnya pada ulkus diabetikum dan melakukan pemeriksaan menggunakan metode *Polymerase Chain Reaction* (PCR).

2. Bagi Masyarakat

Penelitian ini memberikan wawasan yang berharga bagi masyarakat mengenai pertumbuhan jamur di kulit khususnya pada penderita diabetes melitus (DM) yang rentan adanya komplikasi akibat gangguan kekebalan tubuh, sehingga membantu dalam upaya pencegahan infeksi yang lebih aktif.

3. Bagi Instansi Terkait

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi data yang dapat dipertimbangkan dalam pembuatan kebijakan dan program kesehatan oleh berbagai instansi terkait, sehingga dapat mengurangi risiko infeksi yang disebabkan oleh jamur pada kulit khususnya spesies (*Mucor* Sp., dan *Candida albicans*).

DAFTAR PUSTAKA

- Aspilayuli, Suhartatik dan Mato, R. (2023). Literature Review : Faktor Yang Mempengaruhi Diabetes Mellitus Gestasional. *Jurnal Ilimah Maasiswa Dan Penelitian Keperawatan*. 3:111–120.
- Adi, S. (2019). Pengelolaan Dan Pencegahan Diabetes Melitus Tipe 2 Dewasa di Indonesia.
- Ayu, N.M.D., Supono dan Rahmawati, I. (2022). Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Terjadinya Ulkus. *Jurnal Keperawatan Dan Kesehatan Masyarakat*. 3:117–125.
- Baptistella, A. *Et Al.* (2023). Case Report: Diagnostic And Therapeutic Challenges Of Fungal Endocarditis By Trichosporon Asahii In AChild With Congenital Heart Defects.*Jurnal Frontiers In Pediatrics*. 11:120-215.
- Bayuaji, T. *Et Al.* (2022). Hubungan Lama Menderita Penyakit an Kadar Glukosa Darah Terhadap Kejadian Kandidiasis Oral Pada Penderita Diabetes Melitus Tipe 2 Di Rumah Sakit Harapan dan Doa (RSHS) Kota Bengkulu. *Jurnal Kesehatan*. 8(2):66–75.
- Bhatt, H., Saklani, S., & Upadhayay, K. (2016). Anti-oxidant and anti-diabetic activities of ethanolic of Primula Denticulata Flowers. *Indonesian Journal of Pharmacy*, 27(2), 74-79.
- Camarena-Bernard, C. dan Pozzobon, V. (2024). Evolving Perspectives On Lutein Production From Microalgae - A Focus On Productivity And Heterotrophic Culture.*JurnalBiotechnology*. 7:108-375.
- Care, D. (2024). Diagnosis And Classification Of Diabetes : Standards Of Care In Diabetes — 2024. *Diabetescarejournls*. 47:20–42.
- Citrashanty, I and Suyoso,S. (2011) ‘Mikosis Superfisialis di Divisi Mikologi Unit Rawan Jalan Kulit dan Kelamin RSUD Dr.Soetomo Surabaya periode tahun 2008-2010’. Berkala ilmu Kesehatan Kulit dan Kelamin, 23: 200-6.
- Chaidir, A.F., Achmad, H.M., Armanto, M., Mochammad, E.R dan Darariani, I. (2024). Karakteristik Penyandang Diabetes Melitus Tipe 2. *Fakumi Medical Journal*. Vol.04, No.08.
- Cheng, Q. *Et Al.* (2024). Molecular Architecture Of Chitin And Chitosan-Dominated Cell Walls In Zygomycetous Fungal Pathogens By Solid-State Nmr. *Jurnal Nature Communications*. 15(1):8295.
- Colombo, A.L., Padovan, A.C.B. Dan Chaves, G.M. (2011). Current Knowledge Of Trichosporon Spp. And Trichosporonosis. *Jurnal Clinical Microbiology*. 24(4):682–700.
- Decroli, E. (2019) *Diabetes Mellitus Tipe 2*.Buku Diabetes Melitus. 2:209-2013.
- Deng, H. *Et Al.*(2023). Mechanisms Of Diabetic Foot Ulceration: A Review. *Journal Of Diabetes*. 15(4):299–312.

- Dinkes Provinsi Gorontalo. (2024). *Profil Kesehatan Provinsi Gorontalo Tahun 2024*.
- Eickhoff, M.J. Dan Dumm, R.E. (2024). The Brief Case: Tricky Trichosporon Asahii In The Urinary Tract. *Journal Of Clinical Microbiology*. 62(9):E0055724.
- Ena.K.S and karna, N, R.V. (2021) 'Profil Dermatofitosis di Poliklinik Kulit dan Kelamin RSUP Sanglah Denpasar periode 2017-2018'. *Jurnal Medika Udayana*, Vol 10 No. 4.
- Ghannoum M, Mukharjee P, Isham N, Markinson B, Rosso JD, Leal L, Examining the impotance of Laboratory and diagnostic testing when treating and diagnosing *onychomycosis*. The International Society of Dermatology. 2017.
- Goldsmith, L. (2012) 'Fitzpatrick's Dermatology in General Medicine'. 8th edn. Vol 1. P. 2288. Goyal A, Raina S, Kaushal SS, Mahajan V, Sharma NL. Pattern of cutaneous manifestations in diabetes mellitus. *Indian J Dermatol*. 2010;55(1):39-41.
- Gupta, A.K, Chaudhry, M and Elewski, B. (2013). Evaluation of the incidences of dermatophilic infection in Rajasthan: case studies from Rajasthan: India. *International Journal Of Medicine and Medical Sciences*, 5(5). International Diabetes Federation (2015) *IDF Diabetes Atlas*. 7th ed. Brussels: International Diabetes Federation.
- Global, I.D.F., Practice, C. Dan Type, M. (2025). *IDF Global Clinical Practice Recommendations For Managing Type 2 Diabetes 2025*.
- Haryati D.L, Rafika S, dan Pratiwi A. (2020). Isolasi dan Identifikasi Jamur *Penicillium* sp, yang Berasal dari Swab Pasien Ulkus Diabetikum.
- Husnia, A., Putri, D.H. Dan Wahyuni, I. (2024). Optimasi Redsafe Nucleic Acid Staining Solution Dengan Menggunakan Metode Elektroforesis. 1052–1058.
- Ichikawa, T. *Et Al*. (2016). Switching Of Colony Morphology And Adhesion Activity Of Trichosporon Asahii Clinical Isolates. *Jurnal Medical Mycology*. 54(2):189–196.
- Ichikawa, T. *Et Al*. (2017). Cell Surface Hydrophobicity And Colony Morphology Of Trichosporon Asahii Clinical Isolates. *Jurnal Yeast (Chichester, England)*. 34(3):129–137.
- Indriati, G. Dan Riau, U. (2023). Gambaran Komplikasi Diabetes Melitus. 11.
- Ismail, Eko Wirananta Dan Ang, S. (2024). Manfaat Lidah Buaya Untuk Pengobatan Diabetes Mellitus Tipe 2. *Jurnal Cakrawala Ilmiah*. 4(1):3863–3872.
- Iturrieta-González, I.A. *Et Al*. (2014). Multiple Species Of Trichosporon Produce

- Biofilms Highly Resistant To Triazoles And Amphotericin B. *Jurnal Plos One*. 9(10):E109553.
- J., E.M. Dan E., D.R. (2024). The Brief Case: Tricky Trichosporon Asahii In The Urinary Tract. *Journal Of Clinical Microbiology*. 62(9):E00557-24.
- Kappel, L. *Et Al*. (2024). A Comparative Cell Wall Analysis Of Trichoderma Spp. Confirms A Conserved Polysaccharide Scaffold And Suggests An Important Role For Chitosan In Mycoparasitism. *Jurnal Microbiology Spectrum*, 12(8): E03495-23.
- Kemenkes, R. (2024). Pedoman Nasional Pelayanan Klinis Tata Laksana Diabetes Melitus Pada Anak. *Kemkes*. 1–119.
- Khafifah A.A. (2023). Gambaran Kadar Glukosa Darah Pasien Diabetes Melitus dengan Pemberian Obat Hipoglikemik Oral di RS Citra Husada Jember. Skripsi. Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas AS dr. Soebandi Jember.
- Karyadini, H.W., Rahayu and Masfiah. (2016) 'Profil Mikroorganisme Penyebab Dermatofitosis Di Rumah Sakit Islam Sultan Agung Semarang'. *Media Farmasi Indonesia*, Vol 13 No.2.
- Kemenkes RI. Infodatin 2020 Diabetes Melitus Pusat Data dan Informasi Kementerian Kesehatan RI. Jakarta: Kementerian Kesehatan Republik Indonesia; 2020.
- Lailatul, L. (2017). Hubungan durasi penyakit dan kadar gula darah dengan keluhan subyektif penderita diabetes melitus. *Jurnal Berkala Epidemiologi*, 5(2), 231-239.
- Lathifah, N.L (2017). The Relationship Between Duration Disease and Glucose Blood Related to Subjective Compliance in Diabetes Melitus. *Jurnal Berkala Epidemiologi*, 5(2), 2018.
- Lakshmipathy, T.D and Kannabiran, K. (2013)' Review on Dermatormycosis Pathogenesis and Treatment'. *Natural Science*. Marie, H.P and Rosalie, S. (2015) 'Dermatophytosis, Trend in Epidemiology and Diagnostic Approach. *Curr Fungal infect Rep*'. 9, 164-179. Masharani, U. (2016) 'Diabetes Meliitus & Hypoglicemia', in *Current Medical Diagnosis and Treatment*. 55th edn.
- Lembang, F.TD., Ning, R., Anida, Muryani, dan Sugiman. Trias Diabet sebagai Indikator Awal : Kajian Klinis pada Pasien Diabetes Melitus Tipe II di RSUD. Sleman. *Majalah Ilmu Keperawatan dan Kesehatan Indonesia*. Vol.14, No.2. hal 218-235.
- Lestari, Zulkarnaini Dan Sijid, A. (2021). Prosiding Biologi Aceing Te Sustainable Deelopment Goals Wit Biodiercity In Conronting Climate Cange. 237–241.
- Li, H. *Et Al*. (2020). Epidemiological Study Of Trichosporon Asahii Infections

- Over The Past 23 Years. *Epidemiology And Infection*. 148: E169.
- Lino, R. *Et Al.* (2024). Emerging Fungal Infections Of The Central Nervous System In The Past Decade. *Infectious Disease Reports*. 16(5):952–976.
- Liu, Z. *Et Al.* (2025). Identification Of The Adh Gene Family In *Trichosporon Asahii* And The Role Of Taadh_Like In Pathogenicity And Fluconazole Resistance. *Bmc Genomics*. 26(1).
- Luthfiani, D., Sari, R. Dan Apridamayanti, P. (2019). Identifikasi Makroskopik Jamur Yang Terdapat Pada Ulkus Diabetikum Derajat IIIdan IV Wagner. *Mahasiswa Farmasi Fakultas Kedokteran Untan*. 4:1.
- Ningsih NMT, Winiati NW, Widiawati S. (2022). Hubungan Dermatofitosis dengan Diabetes.
- Maulida, M, Arie H, Sulamsih, S.B dan Nur, F. Hubungan Dermatofitosis dan Non Dermatofitosis dengan Diabetes Melitus Tipe 2 di Rumah Sakit Umum Dr. Zainoel Abidin Banda Aceh. *Journal of Medical Science*. Vol.6, No.1 hal. 12-20.
- Melitus Tipe 2 di RSUD Sanjiwani Gianyar. *Aesculapius Medical Journal*. 2(2), 91-96. Ningsih, N.M.T, Winiati, N.W and Widiawati, S. (2022) Hubungan Dermatofitosis dengan Diabetes Melitus Tipe 2 di RSUD Sanjiwani Gianyar'. *e-Journal AMJ (Aesculapius Medical Journal)*, Vol 2 No.2 h. 91-96.
- Macdonald, K.E. *Et Al.*(2021). The Microbiology Of Diabetic Foot Infections: A Meta-Analysis.*Bmc Infectious Diseases*. 21(1):770.
- Mehta, V. *Et Al.* (2021). A Comprehensive Review Of *Trichosporon* Spp.: An Invasive And Emerging Fungus. *Jurnal Cureus*. 13(8):E17345.
- Nasution F, Andilala, Siregar A.A. Faktor Risiko Kejadian Diabetes Melitus. *J Ilmu Kesehatan*. 2021; 9(2).
- Nurwulan, D., Hidayatullah, T. A., Nuzula, A. F., & Puspita, R. (2019). Profil Dermatofitosis Superfisialis Periode Januari –Desember 2017 Di Rumah Sakit Islam Aisiyah Malang. *Saintika Medika*, 15(1), 25.
- Ost, K.J. *Et Al.* (2025).Cell Walls Of Filamentous Fungi – Challenges And Opportunities For Biotechnology.*Applied Microbiology And Biotechnology*. 1–22.
- Pratiwi, E.A. Dan Purwanti, O.S. (2024). The Relationship Of Diabetes Mellitus Management Compliance With Diabetic Neuropathy In Diabetes Mellitus Patients. *Indonesian Journal Of Global Health Research*. 6(2):671.
- Pumeesat, P. Dan Wongsuk, T. (2023). Genetic Analysis Of Emerging Fungal Pathogens: *Trichosporon Asahii*.. *Diagnostic Microbiology And Infectious Disease*. 107(3):116057.

- Putri, Asyifa Adinda *Et Al.* (2024). Patofisiologi dan Terapi Farmakologi Diabetes Mellitus Tipe 2 Pada Pasien Geriatri. *Sains Medisina*. 2(5):142–147.
- Putri, A. I and Astari, L. (2017) ‘Profil dan Evaluasi Pasien Dermatofitosis’, Berkala ilmu Kesehatan Kulit dan Kelamin, Vol 29 N0. 2. Schieke S, and Garg A. (2012) Superficial fungal infection. In: Goldsmith L, Katz S, Barbara A, Paller A, Leffell D, Wolff K, ed. by. Fitzpatrick's Dermatology In General Medicine. 8th ed. New York: McGraw-Hill Education; p. 2277-97.
- PB Perkeni, 133. Behzadi, P, Behzadi E and Ranjbar R. (2014) ‘Dermatophyte fungi: infections, diagnosis and treatment’. *SMU Medical Journal*. 1(2):50-62.
- Rabbani, M.A. *Et Al.* (2024). Etiology, Pathophysiology, And Diagnosis Of Other Type Diabetes Mellitus. *Biologi Tropis*. 24(1b):181–189.
- Rizkina, R.D. *Et Al.* (2023). Type 1 Diabetes Mellitus In Children : Diagnosis And Management. *Biologis Tropis*. 23(24b):104–111.
- Rumah Sakit Umum Daerah Prof. Dr. H. Aloei Saboe Gorontalo. Profil RSUD. Prof. Dr. H. Aloei Saboe Gorontalo. *Data Rekam Medis*. Jumlah Pasien DM Tipe 2. Gorontalo.
- Rümenapf, G. *Et Al.* (2024). Peripheral Arterial Disease And The Diabetic Foot Syndrome: Neuropathy Makes The Difference A Narrative Review. *Journal Of Clinical Medicine*. 13(7).
- Sinoputro, D. *Et Al.* (2023) “Tinjauan Pustaka Penggunaan Insulin Untuk Pasien Diabetes Melitus Dari Generasi Ke Generasi.”
- Sophia, A., Suraini Dan Ariesta, S. (2024) “Jurnal Kesehatan Perintis (Perintis’s,” *Health Journal*, 11(2), Hal. 110–119.
- Subramanian, A. Dan Abraham, G. (2022). Medical Mycology Case Reports Trichosporon Asahii Infection Associated With Glomerulonephritis In A Diabetic Patient. *Medical Mycology Case Reports*. 35:15–17.
- Suryo, H.; E. (2024). Hubungan Tingkat Pendidikan, Lama Menderita Sakit Dengan Tingkat Pengetahuan 5 Pilar Penatalaksanaan Diabetes Mellitus Di Wilayah Kerja Puskesmas Sungai Durian Kabupaten Kbu Raya Kalimantan Barat. 9(1):2018–2022.
- Sondakh, C. E.E. J, Pandeleke.T.A., and Mawu, F.O. (2016) ‘Profil Dermatofitosis di Poliklinik Kulit dan Kelamin RSUP Prof. DR. R.D. Kandou Manado Periode Januari-Desember 2013’. *Jurnal e-Clinic (eCI)*, vol 4 No. 1.
- Verma, S. and Hefferman, MP. (2012) Superficial Fungal Infection: *Dermatophytosis, Onychomycosis, Tinea Nigra, Piedra*. In: Wolff K, Goldsmith L, Katz S, Gilchrist B, Paller. Fitzpatrick's

Dermatology In General Medicine. 7th edn. New York: McGraw-Hill Education, p.1807-21.

- Widaty, S and Budimulja, U. (2017) 'Dermatofitosis', dalam Ilmu Penyakit Kulit dan Kelamin. Ed 7. Jakarta: Balai Penerbit FKUI, h. 109-116
- World Health Organization (2016.). Global Report on Diabetes. 1st ed. Geneva: World Health Organization.
- Weber, J.K. *Et Al.* (2021). Detection Of Invasive *Trichosporon Asahii* In Patient Blood By A Fungal Pcr Array. *Access Microbiology*. 3(12):285.
- Yang, F. *Et Al.* (2021). Disseminated *Trichosporon Asahii* Infection Presenting As Eosinophilia In An Immunocompetent Patient: A Case Report. *Indian Journal Of Medical Microbiology*. 39(4):552–555.
- Yang, Y. *Et Al.* (2025). Molecular Tactics Of Biocontrol Fungi To Hack Plant Immunity For Successful Host Colonization—A Focus On *Trichoderma* Fungi. *Microorganisms*. 13(6):1251.
- Yugueros, S.I. *Et Al.* (2024). Study Of Fungal Cell Wall Evolution Through Its Monosaccharide Composition: An Insight Into Fungal Species Interacting With Plants. *The*