

## KAKI DIABETIK : PENDEKATAN DIAGNOSIS SEBAGAI KOMPLIKASI ANGIOPATI PADA DIABETES MELITUS

Fauziah Rahmah R<sup>1\*</sup>, Abdul Mubdi Ardiansar<sup>2</sup>, Anis Bamatrafi<sup>3</sup>

Mahasiswa Program Studi Dokter Fakultas Kedokteran Universitas Muslim Indonesia<sup>1</sup>, Departemen Ilmu Penyakit Dalam Fakultas Kedokteran Universitas Muslim Indonesia<sup>2</sup>, Departemen Ilmu Bedah

Fakultas Kedokteran Universitas Muslim Indonesia<sup>3</sup>

\*Corresponding Author : fauziahrahmah2104@gmail.com

### ABSTRAK

Diabetes merupakan penyebab utama berbagai komplikasi serius, termasuk kebutaan akibat retinopati diabetik, gagal ginjal yang memerlukan dialisis, serta amputasi lutut non-traumatis. Salah satu komplikasi yang umum terjadi pada diabetes melitus (DM) adalah angiopati, yang disebabkan oleh kerusakan endotel pembuluh darah dan dapat memengaruhi baik pembuluh darah besar (makroangiopati) maupun kecil (mikroangiopati). Literatur ini bertujuan untuk menganalisis kaki diabetik sebagai komplikasi angiopati pada diabetes melitus melalui pendekatan diagnosis. Metode yang digunakan adalah literature review, dengan mengumpulkan artikel atau jurnal ilmiah dari database PubMed, Portal Garuda, dan Google Scholar yang memenuhi standar SINTA IV dan V, dengan rentang waktu publikasi antara tahun 2020 hingga 2024. Kata kunci yang digunakan dalam pencarian meliputi “kaki diabetik,” “angiopati,” dan “diabetes mellitus.” Berdasarkan hasil penelusuran literatur, ditemukan 10 artikel penelitian yang melaporkan komplikasi angiopati pada penderita diabetes melitus. Kesimpulan dari tinjauan ini menunjukkan bahwa komplikasi makrovaskuler yang umum pada penderita DM meliputi trombosis otak (pembekuan darah pada sebagian otak), penyakit jantung koroner (PJK), gagal jantung kongestif, dan stroke. Sementara itu, komplikasi mikrovaskuler yang sering terjadi adalah nefropati, retinopati diabetik, neuropati, serta amputasi. Dengan demikian, angiopati sebagai komplikasi DM perlu mendapatkan perhatian dalam penegakan diagnosis kaki diabetik.

**Kata kunci** : angiopati, diabetes mellitus, kaki diabetik

### ABSTRACT

Diabetes is a major cause of serious complications, including blindness due to diabetic retinopathy, kidney failure requiring dialysis, and non-traumatic knee amputations. One of the common complications of diabetes mellitus (DM) is angiopathy, which occurs due to endothelial damage affecting both large blood vessels (macroangiopathy) and small blood vessels (microangiopathy). This literature aims to analyze diabetic foot as a complication of angiopathy in diabetes mellitus from a diagnostic approach. The method used is a literature review, collecting scientific articles and journals from databases such as PubMed, Portal Garuda, and Google Scholar, adhering to SINTA IV and V standards and published between 2020 and 2024. Keywords used in the article search include “diabetic foot,” “angiopathy,” and “diabetes mellitus.” The review identified 10 research articles reporting angiopathic complications in patients with diabetes mellitus. The conclusion of this review indicates that macrovascular complications commonly found in diabetic patients include cerebral thrombosis (blood clotting in parts of the brain), coronary heart disease (CHD), congestive heart failure, and stroke. Meanwhile, microvascular complications include nephropathy, diabetic retinopathy, neuropathy, and amputation. Therefore, angiopathy as a complication of diabetes mellitus requires significant attention in the diagnostic approach to diabetic foot.

**Keywords** : diabetic foot, angiopathy, diabetes mellitus

### PENDAHULUAN

Diabetes melitus tipe 2 (T2DM) merupakan masalah kesehatan masyarakat yang umum dan signifikan dalam lingkungan masyarakat yang semakin bertambah tua, terutama ketika penanganan penyakit tidak maksimal.<sup>15</sup> Diabetes adalah penyebab utama komplikasi termasuk

kebutaan akibat retinopati diabetik, gagal ginjal dan dialisis yang dihasilkan, amputasi lutut non-traumatis. Kerusakan saraf terjadi pada 60-70% populasi diabetes. Ulkus kaki diabetik adalah komplikasi diabetes melitus yang paling ditakuti. Kaki diabetik adalah komplikasi diabetes kronis parah yang terdiri dari lesi di jaringan dalam yang terkait dengan gangguan neurologis dan penyakit pembuluh darah perifer pada tungkai bawah. Insiden kaki diabetes telah meningkat karena prevalensi diabetes mellitus di seluruh dunia dan harapan hidup pasien diabetes yang berkepanjangan (Febrianto, et al., 2023). Berdasarkan organisasi kesehatan dunia kasus DM tipe 2 di Indonesia meningkat dari 8,4 juta pada tahun 2000 menjadi 21,3 juta pada tahun 2030 (Zamaun, et al., 2024). IDF memprediksi kasus diabetes pada umur 20-79 tahun diberbagai negara jumlah penderita tertinggi yaitu Indonesia, India, serta Amerika serikat yang menempati urutan teratas dengan jumlah 116,4 juta, 77 juta, dan 31 juta. Satu satunya wakil dari Asia Tenggara adalah indonesia (Kalsum, et al., 2024).

Penyebab dari ulkus kaki diabetik memiliki banyak faktor meliputi neuropati sensori perifer, trauma, deformitas, iskemia, pembentukan kalus, infeksi dan edema. Selain disebabkan oleh neuropati perifer (sensorik, motorik, otonomik) pada penyakit pembuluh darah perifer (makro dan mikro angiopati). Kelainan pada bentuk atau ukuran tulang kaki adalah faktor yang berkontribusi terhadap kejadian ulkus kaki. Faktor lain seperti yaitu jenis kelamin laki-laki, usia tua, pengobatan gula yang tidak terkontrol, hiperglikemia dalam waktu lama dan kurangnya pengobatan (Widodo, 2025). Prevalensi diabetes melitus (DM) secara global meningkat dengan cepat sebagai akibat dari peningkatan usia, modernisasi, dan perubahan gaya hidup (ismail, et al., 2021). Komplikasi diabetes tersebar luas, dengan lebih dari 50% individu dengan T2DM mengalami komplikasi mikrovaskular dan 25% menderita komplikasi makrovaskular.<sup>14</sup> Beberapa komplikasi makrovaskuler yaitu trombotik otak (penyumbatan otak), penyakit jantung koroner (PJK), gagal jantung kongestif & stroke, pada komplikasi mikrovaskuler yaitu nefropati, diabetik retinopati, neuropati & amputasi. Salah satu komplikasi DM yaitu angiopati, disebabkan adanya kerusakan endotel sehingga pembuluh darah, baik pembuluh darah besar makroangiopati) maupun pembuluh darah kecil (mikroangiopati) mengalami kerusakan (Zhang, et al., 2022) (Suprpti, et al., 2020).

Angiopati akibat penyempitan & penyumbatan pembuluh darah perifer terutama bagian distal sehingga terjadi nekrosis atau gangren. Penyumbatan akan berdampak pada aterosklerosis yang melibatkan hampir keseluruhan cabang arteri utama (Suprpti, et al., 2020). Berdasarkan penjelasan di atas, komplikasi angiopati pada diabetes mellitus masih tinggi. Oleh karena itu, perlu adanya studi literatur sehingga dapat menyimpulkan dari berbagai penelitian-penelitian tersebut. *Literature review* ini untuk menganalisis kaki diabetik : pendekatan diagnosis sebagai komplikasi angiopati pada diabetes mellitus.

## METODE

Penelitian ini menggunakan metode literature review. Literatur diperoleh dengan cara menelaah artikel atau jurnal ilmiah yang diunduh dari PubMed, Portal Garuda dan Google Scholar dengan standar SINTA IV dan V. Artikel diskriminasi berdasarkan ketentuan diantaranya merupakan artikel yang dipublikasikan pada tahun 2020- 2025, artikel yang diterbitkan dapat diunduh secara *full text* dan memiliki akses terbuka, artikel dengan desain kualitatif dan kuantitatif yang diteliti dengan judul kaki diabetik : pendekatan diagnosis sebagai komplikasi angiopati pada diabetes melitus. Kata kunci dalam pencarian artikel antara lain kaki diabetik, angiopati dan diabetes mellitus.

## HASIL

Tabel 1. *Literature Review*

| No | Penulis   | Tujuan Penelitian   | Lokasi   | Jumlah Sampel | Desain Penelitian      | Hasil   |
|----|---|---|--|---------------|------------------------|---|
| 1. | Eka<br>Suprapti,<br>Halbina<br>Famung<br>Halmar,<br>Megawati<br>(2020)  | Tujuan penelitian ini untuk mengetahui gambaran kejadian angiopati pada lansia dengan diabetes melitus tipe 2   | Puskesmas Jongaya<br>Makassar  | 35            | <i>Deskriptif</i>      | Hasil penelitian didapatkan distribusi yang mayoritas angiopati perempuan (34.3%), lanjut usia (20%), Ibu Rumah Tangga (25.7%), tidak merokok (37.1%), tekanan darah tahap 1 (17.1%), dan IMT normal (22.9%).   |
| 2. | Mason<br>Baty,<br>Ritesh<br>Chimoriya,<br>Sophie<br>James,<br>Leonard<br>Kritharides,<br>Samim<br>Behdasht,<br>Avinash<br>Suryawans<br>hi and<br>Sarah J.<br>Aitken<br>(2025) | Penelitian kami bertujuan untuk menggambarkan dan membandingkan karakteristik dan klinis dan demografis awal pasien dengan PAD dan T2DM, mengidentifikasi hubungan antara PAD dan T2DM, serta menganalisis pola pengobatan. | Klinik umum,<br>dokter bedah swasta,<br>dan Rumah Sakit Umum<br>Pemulang an<br>Concord,<br>Sydney. | 105           | <i>Cross-sectional</i> | Prevalensi diabetes adalah 52,83% (n = 56) dengan 29,5% (n = 31) peserta dengan T2DM memiliki hiperglikemia yang tidak terkontrol (HbA1c $\geq$ 7%), yang berkorelasi negatif lemah dengan usia ( $r = -0,372$ , $p = 0,039$ ). Peserta dengan T2DM dua kali lebih mungkin memiliki riwayat penyakit arteri koroner (POR 2,43; 95% dengan interval kepercayaan 95% (CI) antara 1,09-5,43, dan lebih dari tiga kali lebih mungkin mengalami kehilangan jaringan (POR 3,39; 95% CI 1,22-9,43). Peluang polifarmasi ( $\geq 5$ obat) 10 kali lebih besar pada peserta dengan T2DM (POR 10,8; 95% CI 2,31-50,4), yang mempengaruhi 96,4% dari |

|    |  |   |  |            |  |   |
|----|--|---|--|------------|--|---|
| 3. | D. Jiang, K. Kuchta, J. Amundson, I, A. Tafur, O. Morcos, B. Lind, A. Qamar, C.J. Lee (2023) | Penelitian ini bertujuan untuk menilai prevalensi penyakit arteri perifer terkait diabetes dan hasil yang terkait pada pasien yang dirawat di rumah sakit di Amerika Serikat. | Rumah sakit di Amerika Serikat.          | 10,303,673 | Deskriptif analisis                    | kelompok ini. Analisis ini mencakup 10.303.673 rawat inap pada pasien diabetes dengan PAD (DMPAD) selama periode penelitian. Prevalensi PAD di antara pasien diabetes meningkat dari waktu ke waktu ( $p<0,001$ ). Prevalensi ulkus kaki pada penderita diabetes juga meningkat dari waktu ke waktu ( $p<0,001$ ). Insiden amputasi pada pasien diabetes menunjukkan tren penurunan seiring dengan meningkatnya prevalensi revaskularisasi dari tahun 2003 hingga 2009. Namun, sejak tahun 2010, peningkatan angka amputasi, baik minor maupun mayor terlihat, terutama pada populasi yang lebih muda (usia 18-49 tahun). Biaya rumah sakit untuk amputasi telah meningkat (\$6,6 miliar pada tahun 2003 vs \$14,8 miliar pada tahun 2017) serta biaya untuk revaskularisasi (6,1 miliar pada tahun 2003 vs \$13 miliar pada tahun 2017) selama periode penelitian ( $p<0,001$ ). |
| 4. | Muhamad Taufik Ismail, Syahdi Nugraha  | Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui prevalensi dan faktor risiko  | Pusat Kesehatan Masyarakat di Yogyakarta | 256        | Observation al deskriptif dan analitik | Dua ratus lima puluh enam (256) pasien DM tipe 2 terdiri dari 188 pasien (73,4%) perempuan dan 68 pasien (26,6%) laki-laki. ABI abnormal ditemukan pada 41  |

|    |                 |                   |             |       |              |  |
|----|-----------------|-------------------|-------------|-------|--------------|--|
|    | Kadafi,         | PAD pada          |             |       |              | (16%) dari 256 pasien. Subjek dengan usia lebih dari 67 tahun berhubungan bermakna dengan kejadian PAD ( $P=0,001$ ) sedangkan faktor risiko lain seperti usia kurang dari 67 tahun, jenis kelamin, hipertensi, merokok, dan dislipidemia tidak berhubungan dengan kejadian PAD.   |
|    | Rara            | populasi diabetes |             |       |              |  |
|    | Ayuningtya      | melitus (DM)      |             |       |              |  |
|    | s               | tipe 2 di         |             |       |              |  |
|    | Ramadhan,       | Yogyakarta,       |             |       |              |  |
|    | Saiful          | Indonesia.        |             |       |              |  |
|    | Hidayat,        |                   |             |       |              |  |
|    | Hariadi         |                   |             |       |              |  |
|    | Hariawan (2021) |                   |             |       |              |  |
| 5. | Minna           | Penelitian ini    | Rumah       | 855   | Observasion  | Analisis regresi multivariat logistik  |
|    | Zhang,          | bertujuan untuk   | Sakit       |       | al potong    | menunjukkan bahwa usia, LDL-C,   |
|    | Junlan Yan,     | mengidentifikasi  | Afiliasi    |       | lintang      | denyut arteri dorsalis pedis (kaki kiri), dan ambang batas sensorik-saat ini (kaki kanan) merupakan faktor yang terkait dengan penyakit arteri perifer. Pasien yang lebih tua dan memiliki kadar LDL-C yang lebih tinggi, denyut nadi kaki dorsalis pedis yang abnormal, dan ambang batas sensorik-arus yang abnormal harus waspada, dan menerima skrining awal untuk diagnosis dan pengobatan PAD untuk menghindari hasil yang ganas. |
|    | Jiewei          | prevalensi dan    | Pertama     |       |              |  |
|    | Huang,          | faktor-faktor     | Universitas |       |              |  |
|    | Kaiming         | yang              | Jinan di    |       |              |  |
|    | Ye, Peiru       | berhubungan       | Guangzhou,  |       |              |  |
|    | Zhou and        | dengan PAD        | Cina        |       |              |  |
|    | Xueyan Liu      | pada pasien       |             |       |              |  |
|    | (2022).         | rawat inap        |             |       |              |  |
|    |                 | diabetes melitus. |             |       |              |  |
| 6. | Lianhua         | Penelitian ini    | Rumah       | 4,372 | Analisis     | RFE mengidentifikasi 12 prediktor yang optimal. Model XGBoost mengungguli lima model ML lainnya, dengan AUC 0,945, G-mean 0,843, akurasi 0,890, presisi 0,930, recall 0,927, dan F1-skor 0,928.  |
|    | Liu, Bo Bi,     | bertujuan untuk   | Sakit       |       | retrospektif |  |
|    | Li Cao,         | membangun dan     | Afiliasi    |       |              |  |
|    | Mei Gui         | memvalidasi       | Kedua       |       |              |  |
|    | and Feng        | model prediksi    | Universitas |       |              |  |
|    | Ju              | risiko PVD dan    | Kedokteran  |       |              |  |

|    |   |   |            |        |          |  |
|----|---|---|------------|--------|----------|--|
|    | (2024)  | melakukan analisis faktor risiko PVD pada pasien dengan T2DM menggunakan machine learning dan Shapley Additive Explanation (SHAP) berdasarkan rekam kesehatan elektronik.   | Hainan     |        |          | Pentingnya fitur dari model ML dan hasil SHAP menunjukkan bahwa Hemoglobin (Hb), usia, total asam empedu (TBA) dan lipoprotein (a) (LP-a) adalah empat faktor risiko penting untuk PVD pada T2DM.  |
| 7. | Tian Chen, Shengjue, Xiao, Zhengdong, Chen, Yiqing, Yang, Bingquan, Yang, Naifeng Liu | Penelitian kami bertujuan untuk menyelidiki prevalensi penyakit arteri perifer (PAD) dan neuropati perifer diabetik (DPN) serta faktor risiko yang terkait di antara pasien Cina dengan diabetes mellitus tipe 2. | RS Zhongda | 13.315 | Analisis | Populasi penelitian terdiri dari 13.315 pasien (usia rata-rata: 63,3 tahun). 4,9% pasien memiliki PAD dan 43,9% memiliki DPN. Analisis regresi multivariat menunjukkan usia lanjut, merokok, hipertensi, penyakit jantung koroner, dislipidemia, peningkatan HbA1c, dan kadar asam urat sebagai faktor risiko independen untuk PAD. Untuk DPN, faktor risiko independen termasuk usia lanjut, jenis kelamin perempuan, hipertensi, penyakit jantung koroner, peningkatan kolesterol total, trigliserida, lipoprotein (a), glukosa plasma puasa, HbA1c, alkali fosfatase, sistatin C, rasio albumin terhadap kreatinin, dan kadar homosistein yang tinggi, sedangkan apolipoprotein A merupakan faktor protektif. Pengelompokan |

|     |  |  |  |     | faktor risiko adalah lazim dan terkait dengan risiko penyakit yang lebih tinggi.   |
|-----|--|--|--|-----|--|
| 8.  | Aliyanet Isamara Porcayo Ascencio, Evangelina Morales Carmona, Jesús Morán Farías, Dulce Stephanie Guzmán Medina, Rebeca Galindo Salas and Leobardo Sauque Reyna (2024). | Penelitian ini bertujuan untuk menentukan prevalensi PAD dan faktor risiko yang terkait pada pasien diabetes yang berusia 40 tahun ke atas.                    | Institute of Diabetes, Obesitas, dan Nutrisi, yang berlokasi di Cuernavaca, Morelos, Meksiko | 734 | Studi deskriptif, komparatif, dan cross-sectional. Prevalensinya ditemukan sebesar 11,2%, dengan lingkar pinggang berisiko tinggi, trigliserida tinggi, dan cross-kuesioner Edinburg yang positif, dan denyut nadi yang lemah sebagai prediktor yang signifikan. Deteksi dan manajemen PAD pada pasien diabetes memerlukan pendekatan komprehensif, termasuk modifikasi gaya hidup dan pemeriksaan rutin. Strategi pencegahan harus berfokus pada pengendalian faktor risiko, termasuk obesitas, hipertensi, dan dislipidemia. |
| 9.  | Biju T P, Anoop M Appunni, Ronak Hameed, Sivaprasad B, Ajith Vettuparam bil (2024).  | Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi prevalensi PVD pada pasien Diabetes Melitus (DM) Tipe 2 yang mengalami ulkus kaki diabetik di Kerala Utara, India. | Departemen Bedah Umum, Government Medical College, Kannur, India                             | 200 | <i>Cross Sectional</i> Usia rata-rata populasi penelitian adalah 60,2 tahun, dengan mayoritas laki-laki. PVD didiagnosis pada 60 pasien (30%). NIU (Neuro-iskemik ulkus) lebih banyak ditemukan pada pasien laki-laki dan mereka yang memiliki durasi diabetes dan riwayat merokok yang lebih lama.  |
| 10. | Selpina  | Tujuan   | Puskesmas  | 50  | <i>Quasi-</i> Hasilnya adalah terdapat   |

|           |                        |              |                     |   |
|-----------|------------------------|--------------|---------------------|---|
| Embuai,   | penelitian ini         | air salobar. | <i>experimental</i> | pengaruh<br>edukasi skrining neuropati<br>dan   |
| Westy     | untuk                  |              |                     | angiopati perifer dengan<br>pendekatan          |
| Tahapary, | mengetahui             |              |                     | <i>family centered care</i> terhadap<br>resiko  |
| Yowan     | pengaruh               |              |                     | <i>foot ulcer</i> dengan penilaian<br>neuropati |
| Embuai    | edukasi skrining       |              |                     | menggunakan teknik Ipswich<br>test              |
| (2023).   | neuropati dan          |              |                     | dan garpu tala, penilaian<br>angiopati          |
|           | angiopati perifer      |              |                     | menggunakan pemeriksaan<br>HbA1c,               |
|           | dengan                 |              |                     | pengukuran ABI dan<br>perhitungan               |
|           | pendekatan             |              |                     | frekuensi arteri dorsalis pedis<br>dengan       |
|           | <i>family centered</i> |              |                     | nilai signifikansi masing-<br>masing            |
|           | <i>care</i> terhadap   |              |                     | 0,00 ( $\alpha<0,05$ ).                         |
|           | upaya                  |              |                     |   |
|           | pencegahan <i>foot</i> |              |                     |   |
|           | <i>ulcer</i> pasien    |              |                     |   |
|           | diabetes melitus.      |              |                     |   |

PEMBAHASAN

Angiopati pada Arteri Akibat Diabetes Mellitus

Penyakit arteri perifer adalah kondisi umum yang disebabkan oleh aterosklerosis yang mempengaruhi arteri tungkai bawah dan sering dikaitkan dengan diabetes melitus tipe 2 (T2DM).<sup>11</sup> Diabetes merupakan faktor risiko penting terjadinya angiopati perifer. Angiopati perifer diabetik terbagi menjadi dua tipe yaitu makroangiopati dan mikroangiopati dimana penyakit arteri perifer diabetik merupakan manifestasi makroangiopati perifer diabetik yang mempengaruhi pembuluh darah pada kaki. Prevalensi penyakit arteri perifer pada pasien diabetes mencapai sekitar 20,6%; hampir dua kali lipat dibandingkan prevalensi pasien non-diabetes yakni 12,5%. Penyakit arteri perifer memiliki prognosis yang lebih buruk pada pasien diabetes dibandingkan dengan pasien non-diabetes. Penyakit arteri perifer berhubungan dengan peningkatan morbiditas, perburukan kualitas hidup dan penurunan status fungsional yang signifikan. Konsekuensi paling buruk dari penyakit arteri perifer adalah amputasi yang dapat meningkatkan mortalitas pasien diabetes mencapai 39 -80% dalam 5 tahun pertama (Andrianto, 2021).

Angiopati akibat penyempitan dan penyumbatan pembuluh darah perifer terutama bagian distal yang yang dapat menjadi nekrosis atau gangren. Penyumbatan arteri ini diakibatkan karena adanya aterosklerosis yang dapat melibatkan hampir semua cabang arteri utama pada tubuh(Suprapti, et al., 2020). Masalah pada pembuluh darah besar (macroangiopathy) umumnya termanifestasikan sebagai penyakit klinis seperti penyakit jantung iskemik, stroke, dan ketidaknormalan pada pembuluh darah perifer. Di sisi lain, kerusakan pada pembuluh darah kecil (microangiopathy) menghasilkan gejala seperti retinopati, neuropati, dan nefropati (Pratiwi, et al., 2024).



## Ulkus Diabetik

Ulkus kaki diabetikum adalah lesi non traumatis pada kulit (sebagian atau seluruh lapisan) pada kaki penderita diabetes melitus. Ulkus kaki diabetikum biasanya disebabkan oleh tekanan berulang (geser dan tekanan) pada kaki dengan adanya komplikasi terkait diabetes melitus dari neuropati perifer atau penyakit arteri perifer, dan penyembuhannya sering dipersulit oleh perkembangan infeksi. World Health Organization (WHO) menunjukkan penyebab nomor satu angka kematian di dunia adalah penyakit tidak menular, mencapai angka 71%. Selain itu, WHO juga menyebutkan bahwa terjadi peningkatan penderita ulkus diabetikum pada populasi orang dewasa, yakni tercatat 122 juta orang menderita ulkus diabetikum di dunia. Terutama di negara-negara dengan status ekonomi menengah dan rendah. Diperkirakan di usia kurang dari 70 tahun terdapat angka 2,2 juta kematian yang diakibatkan oleh ulkus diabetikum. Bahkan akan terus terjadi peningkatan sebesar 600 juta jiwa pada tahun 2035 WHO (Trisnawati, et al., 2023).

Mekanisme patologis ulkus diabetikum dijelaskan dalam bentuk tiga serangkai. Ketiga kondisi ini meliputi neuropati, insufisiensi vaskular, dan infeksi akibat trauma kaki. Pertama, kurangnya sensasi pelindung pada kaki merupakan predisposisi pasien diabetes untuk mengalami trauma dan ulkus. Kerusakan sensorik ini timbul karena peningkatan regulasi aldose reduktase dan sorbitol dehidrogenase yang diinduksi oleh hiperglikemia, yang mengakibatkan peningkatan produksi fruktosa dan sorbitol. Hasil glukosa ini terakumulasi dan menyebabkan stres osmotik, yang mengurangi sintesis myo-inositol dan konduksi saraf dalam sel saraf. *Advanced Glycation Endproducts* (AGEs) juga harus dipertimbangkan dalam kondisi patologis. Produksi AGE meningkat pada diabetes dan dikaitkan dengan perkembangan komplikasi diabetes. Selain neuropati sensorik, diabetes dapat menyebabkan disfungsi otonom saraf yang mengakibatkan gangguan produksi keringat kaki rentan terhadap kekeringan, kulit pecah-pecah, dan pecah-pecah. Selanjutnya, disfungsi neuron motorik dapat menimbulkan pengecilan otot dan kelainan struktural kaki. Hal ini menyebabkan peningkatan fokus tekanan di berbagai zona kaki plantar dan meningkatkan risiko ulserasi (Zubir, et al., 2024).

Selain trias tersebut, gangguan penyembuhan luka telah ditetapkan sebagai sarana utama kemajuan ulkus diabetikum. Yang penting, perubahan molekuler di lokasi ulkus kaki diabetik mendahului jaringan yang terlihat secara kasar kelainan. Faktanya, jalur dari hiperglikemia ke ulkus kaki diabetik melibatkan molekuler yang kompleks disfungsi dalam penyembuhan luka. Biasanya, luka mengalami beberapa tahap penyembuhan yang melibatkan hemostasis, peradangan, proliferasi, dan remodeling. Pada fase awal luka penyembuhan, neutrofil biasanya melepaskan molekul granular untuk membunuh patogen asing dalam proses yang diketahui sebagai *Neutrophil extracellular Traps* (NETosis). Namun, dalam lingkungan mikro diabetes, NETosis menjadi tidak teratur, menyebabkan kaskade proinflamasi dan produksi sitokin yang berlebihan dan superoksida, yang menunda penyembuhan luka.

Selain itu, hiperglikemia menginduksi pembentukan AGEs yang menyebabkan perubahan struktural dan fungsional pada protein utama. Secara khusus, AGEs dapat mengikat reseptor AGE lanjutan (RAGE), yang biasanya diekspresikan secara minimal dalam kondisi normoglikemik. Secara keseluruhan, hiperglikemia menginduksi lingkungan proinflamasi yang sebagian besar disebabkan oleh disregulasi pelepasan sitokin, NETosis, dan produksi AGE34 (Zubir, et al., 2024). Terakhir, gangguan angiogenesis memainkan peran penting dalam terganggunya penyembuhan luka diabetes. Angiogenesis biasanya terjadi selama fase proliferasi penyembuhan luka, dan bertanggung jawab atas hal ini baik pembentukan jaringan granulasi maupun pengiriman nutrisi dan oksigen ke luka. Dalam kasus ulkus diabetikum, terjadi pengurangan faktor pertumbuhan angiogenik seperti pertumbuhan endotel vascular faktor (VEGF)34 (Zubir, et al., 2024).

## Pendekatan Diagnostik

*Lower Extremities Artery Disease* (LEAD), komplikasi diabetes tanpa gejala klinis yang

jelas pada tahap awal, merupakan masalah kesehatan masyarakat. *Digital Subtraction Angiography* (DSA) adalah standar emas untuk mendiagnosis LEAD secara klinis, tetapi karena bersifat invasif dan berpotensi menyebabkan cedera pembuluh darah dan komplikasi lainnya, metode pemeriksaan ini bisa jadi sulit diterima oleh banyak pasien. Sebagai perbandingan, *Computed Tomography Angiography* (CTA) dan *Doppler ultrasound* (DUS) merupakan metode pemeriksaan yang tidak invasif. CTA memiliki sensitivitas dan spesifisitas yang tinggi dalam mendiagnosis LEAD, dengan sensitivitas dan spesifisitas masing-masing 95% dan 96% untuk pembuluh darah dengan stenosis lebih besar dari 50% (Zhang, et al., 2024).

Namun, tingginya biaya dan nefrotoksisitas zat kontras yang digunakan pada CTA membatasi penggunaannya secara luas dalam praktik medis. Meskipun akurasi DUS dalam mendeteksi penyempitan pembuluh darah tidak setinggi CTA, DUS tetap menjadi metode pemeriksaan yang lebih disukai untuk LEAD diabetik karena biayanya yang murah, tidak meradiasi, dan tidak beracun, dalam penelitian ini, terdapat lebih banyak pasien pada kelompok *Fontaine III* dan *Fontaine IV*, dengan gejala yang lebih berat, beberapa klasifikasi lain menurut Meggitt Wagner terdiri dari 5 grade, yaitu; (grade 0) : hanya nyeri pada kaki, (grade 1) : ulkus dipermukaan kulit, (grade 2) : ulkus yang lebih dalam, (grade 3) : ulkus sudah melibatkan tulang, (grade 4) : gangren pada sebagian kaki, dan (grade 5) : gangren pada semua kaki sedangkan klasifikasi Rutenford yaitu derajat 4 = nyeri kaki saat istirahat, derajat 5 = kehilangan jaringan kecil, derajat 6= kehilangan jaringan besar. Hal ini konsisten dengan fenomena dalam praktik medis. Para pasien tidak memperhatikan gejala-gejala yang muncul saat masih ringan. Mereka tidak akan pergi ke rumah sakit sampai penyakitnya berlanjut ke tahap yang lebih berat, di mana prognosis penyakit ini sering kali buruk (Zhang, et al., 2024).

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil identifikasi dan telaah beberapa dalam review literatur ini, makadapat dibuat kesimpulan bahwa komplikasi makrovaskuler yang umum berkembang pada penderita DM adalah trombotik otak (pembekuan darah pada sebagian otak), mengalami penyakit jantung koroner (PJK), gagal jantung kongestif, dan stroke. Sedangkan pada komplikasi mikrovaskuler terjadi nefropati, diabetik retinopati, neuropati, dan amputasi. Salah satu komplikasi DM yaitu angiopati, terjadi karena kerusakan endotel yang mengenai pembuluh darah, baik pembuluh darah besar makroangiopati) maupun pembuluh darah kecil (mikroangiopati).

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih penulis sampaikan kepada Universitas Muslim Indonesia atas segala dukungan, fasilitas, serta bimbingan yang telah diberikan selama proses penyusunan artikel ini. Berkat lingkungan akademik yang kondusif dan penuh semangat ilmiah, penulis dapat menyelesaikan kajian literatur ini dengan baik. Universitas Muslim Indonesia telah memberikan peran penting dalam mendorong pengembangan keilmuan dan penelitian yang bermanfaat bagi masyarakat.

## DAFTAR PUSTAKA

- Andrianto. (2021). Buku Ajar Kardiodiabetologi Klinis. Airlangga University Press.
- Baty, S., Chimoriya, R., James, S. et al. (2025). *Diabetes in Peripheral Artery Disease: Prevalence, Complications, and Polypharmacy. Journal of Clinical Medicine.*
- Chen, T., Xiao, S., Chen, Z. et al. (2024). *Risk factors for peripheral artery disease and diabetic peripheral neuropathy among patients with type 2 diabetes. Diabetes Research and Clinical Practice.*

- Febrianto, B. Y., Putra, E. P. et al. (2023). Ulkus Kaki Diabetik: Sebuah Laporan Kasus. *Health and Medical Journal*.
- Ismail, M. T., Lutfie, F. F., Nugroho, D. B. et al. (2021). *Prevalence and Risk Factors of Peripheral Arterial Disease in Type 2 Diabetes Mellitus in Yogyakarta, Indonesia. Acta Cardiologia Indonesiana*.
- Kalsum, T. P., Kanang, I. L., Kuswardhana, H. et al. (2024). Hubungan Antara Profil Glukosa Darah dengan Derajat Ulkus Kaki Diabetik pada Pasien Kaki Diabetik. *Fakumi Medical Journal: Jurnal Mahasiswa Kedokteran*.
- Liu, L., Bi, B., Cao, L. et al. (2024). *Predictive model and risk analysis for peripheral vascular disease in type 2 diabetes mellitus patients using machine learning and Shapley additive explanation. Frontiers in Endocrinology*.
- Pratiwi, L., Anggraini, D. D. et al. (2024). Diabetes Mellitus dan Gestasional Diabetes Mellitus. CV Jejak.
- Suprpti, E., Halmar, H. F., Megawati. (2020). Kejadian Angiopati pada Lansia dengan Diabetes Melitus Tipe 2 di Puskesmas Jongaya Makassar. *Jurnal Ilmiah Kesehatan Diagnosis*.
- Trisnawati, Anggraini, R. B., Nurvinanda, R. (2023). Faktor-Faktor yang Berhubungan dengan Terjadinya Ulkus Diabetikum pada Penderita Diabetes Melitus. *Indonesian Journal of Nursing and Health Sciences*.
- Widodo, W. (2025). Perawatan Ulkus Kaki Diabetik Menggunakan Aplikasi Digital pada Pasien Diabetes Tipe II. Widina Media Utama.
- Zamaun, N., Kanang, I. L., Imran, M. et al. (2024). Karakteristik Penderita Ulkus Kaki Diabetik. *Fakumi Medical Journal: Jurnal Mahasiswa Kedokteran*.
- Zhang, M., Yan, J., Huang, J. et al. (2022). *Prevalence and related factors of peripheral arterial disease in diabetes mellitus inpatients: A cross-sectional study in China. Endocrine Journal*.
- Zhang, S., Wu, Y., Guo, Y. et al. (2024). *Application opportunity of Doppler ultrasound combined with CT angiography in diabetic lower extremity arterial disease and the analysis of the risk factors. Frontiers in Endocrinology*.
- Zubir, A. F., Alimurdianis, Brisma, S. et al. (2024). Gambaran Penderita Ulkus Diabetikum yang Menjalani Tindakan Operasi. *Scientific Journal*.