

Profile Estimasi *Glomerular Filtration Rate* dengan Metode CKD-EPI pada Pasien DM Tipe 2: Menilai Risiko Komplikasi Ginjal

Profile of Glomerular Filtration Rate Estimation Using the CKD-EPI Method in Type 2 Diabetes Mellitus Patients: Assessing the Risk of Kidney Complications

Metana Puspitasari^{1*}, Eko Dewi Ratna Utami²

¹Departemen Patologi Sub-Klinis Biomedis, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta, Indonesia

²PKU Muhammadiyah Sampangan Hospital, Semanggi, Surakarta, Indonesia

Abstract

Diabetes mellitus is a metabolic disease that occurs due to the body's inability to produce and/or use insulin effectively, resulting in high blood sugar levels. Type 2 diabetes mellitus (DM) accounts for 90% of all diabetes cases globally, with significant contributing factors such as obesity, sedentary lifestyles, and poor dietary habits. In 2019, Indonesia ranked seventh in the world for the number of diabetes cases, with 10.7 million individuals affected. This research used a retrospective, observational, descriptive-analytic approach to assess kidney dysfunction in newly diagnosed type 2 diabetes mellitus patients, using the CKD-EPI equation to estimate eGFR. The eGFR analysis revealed that most patients had eGFR values below the normal threshold of $<90 \text{ mL/min/1.73 m}^2$, with an average of $77.5 \pm 28.51 \text{ mL/min/1.73 m}^2$, indicating kidney impairment at the early stage. The largest group (45%) showed normal kidney function, while 21% had mild dysfunction. Patients with kidney impairment ($\text{eGFR} < 90 \text{ mL/min/1.73m}^2$) had a higher average fasting blood glucose level ($240 \pm 82.9 \text{ mg/dL}$) compared to those without kidney impairment. These findings emphasized the importance of early detection and intervention for managing both blood glucose levels and kidney function effectively. Early detection of kidney impairment in type 2 diabetes mellitus patients is crucial in preventing further complications and preserving kidney health.

Keywords: CKD-EPI, eGFR, type 2 diabetes mellitus

Article history:

Submitted 02 Oktober 2023

Accepted 24 Mei 2026

Published 05 Agustus 2026

PUBLISHED BY :

Sarana Ilmu Indonesia (salnesia)

Address :

Jl. Dr. Ratulangi No. 75A, Baju Bodoa, Maros Baru,
Kabupaten Maros, Sulawesi Selatan.

Email :

info@salnesia.id, jika@salnesia.id

Phone :

+62 85255155883



Abstrak

Diabetes melitus merupakan penyakit metabolik yang terjadi akibat ketidakmampuan tubuh dalam memproduksi dan/atau menggunakan insulin secara efektif, sehingga mengakibatkan tingginya kadar gula darah. Diabetes tipe 2 menyumbang 90% dari seluruh kasus diabetes di dunia, dengan faktor penyumbang utama seperti obesitas, gaya hidup sedentari, dan pola makan yang tidak sehat. Pada tahun 2019, Indonesia menduduki peringkat ketujuh dunia dalam jumlah kasus diabetes, dengan 10,7 juta penderita. Penelitian ini menggunakan pendekatan retrospektif, observasional, deskriptif-analitik untuk menilai gangguan ginjal pada pasien DM tipe 2 yang baru didiagnosis, dengan menghitung eGFR berdasarkan rumus CKD-EPI. Hasil analisis eGFR menunjukkan bahwa sebagian besar pasien memiliki nilai eGFR di bawah ambang normal (<90 mL/menit/1,73 m²), dengan rata-rata $77,5 \pm 28,51$ mL/menit/1,73 m², yang menunjukkan adanya gangguan ginjal pada tahap awal. Kelompok terbesar (45%) menunjukkan fungsi ginjal normal, sedangkan 21% mengalami gangguan ringan. Pasien dengan gangguan ginjal (eGFR <90 mL/menit/1,73 m²) memiliki rata-rata kadar gula darah puasa lebih tinggi ($240 \pm 82,9$ mg/dL) dibandingkan dengan yang tidak mengalami gangguan ginjal. Temuan ini menegaskan pentingnya pemantauan dini untuk mengidentifikasi komplikasi ginjal pada pasien DM tipe 2. Deteksi dini dan intervensi yang tepat sangat penting untuk mengelola kadar gula darah dan fungsi ginjal guna mencegah kerusakan lebih lanjut.

Kata Kunci: CKD-EPI, eGFR, diabetes mellitus tipe 2

*Penulis Korespondensi:

Metana Puspitasari, email: mp844@ums.ac.id



This is an open access article under the CC-BY license

Highlight:

- Sebagian besar pasien yang baru didiagnosis diabetes melitus tipe 2 mengalami penurunan fungsi ginjal (eGFR) di bawah batas normal, yang menunjukkan adanya gangguan ginjal sejak tahap awal diagnosis.
- Terdapat perbedaan signifikan kadar glukosa darah puasa dan kreatinin serum antara pasien DM tipe 2 dengan gangguan fungsi ginjal dan pasien dengan fungsi ginjal normal.
- Temuan ini menegaskan pentingnya pemantauan fungsi ginjal secara dini menggunakan rumus CKD-EPI untuk mencegah progresivitas nefropati diabetik dan risiko penyakit ginjal tahap akhir.

PENDAHULUAN

Diabetes melitus merupakan penyakit metabolik akibat ketidakmampuan tubuh memproduksi dan/atau menggunakan insulin secara efektif sehingga menyebabkan peningkatan kadar gula darah serta gangguan metabolisme lemak, karbohidrat, dan protein (Kazi dan Blonde, 2019; Varghese dan Jialal, 2023). Diabetes melitus terdiri atas empat jenis utama, yaitu tipe 1, tipe 2, gestasional, dan jenis spesifik yang disebabkan oleh faktor lain. Prevalensi diabetes terus meningkat secara global sejak tahun 2000, terutama di negara berkembang, yang dipengaruhi oleh pertumbuhan penduduk, urbanisasi, pola makan tidak sehat, dan rendahnya aktivitas fisik. Kondisi ini menjadikan diabetes sebagai salah satu masalah kesehatan masyarakat utama dengan berbagai komplikasi, seperti penyakit kardiovaskular, neuropati, nefropati diabetik, dan retinopati diabetik, yang meningkatkan beban sistem kesehatan (Widhyasih et al., 2021;

Magliano et al., 2021).

Diperkirakan sekitar 285 juta orang di seluruh dunia hidup dengan diabetes melitus tipe 1 dan tipe 2 pada tahun 2009. Jumlah ini meningkat secara signifikan di tingkat global selama bertahun-tahun menjadi 366 juta orang pada tahun 2011, kemudian naik menjadi 382 juta pada tahun 2013, dan mencapai 425 juta penderita pada tahun 2017. Diabetes melitus tipe 2 kini menyumbang sekitar 90% dari seluruh kasus diabetes, yang utamanya didorong oleh dua faktor utama: penuaan populasi dan perubahan gaya hidup (Saeedi et al., 2019). Pada tahun 2019, Indonesia mencatat 10,7 juta individu dengan diabetes tipe 2, yang menempatkan negara ini di peringkat ketujuh secara global dalam hal jumlah kasus diabetes tertinggi. Sebagai negara di Asia Tenggara, Indonesia memainkan peran signifikan dalam menyumbang peningkatan kasus diabetes melitus di kawasan tersebut, khususnya tipe 2. Meningkatnya prevalensi diabetes tipe 2 di Indonesia dipengaruhi oleh berbagai faktor kompleks, termasuk pertumbuhan penduduk, urbanisasi, serta perubahan signifikan dalam pola makan dan gaya hidup (Mihardja et al., 2018).

Diabetes melitus tipe 2 merupakan salah satu penyebab utama penyakit ginjal selain hipertensi, karena kondisi ini memerlukan penanganan medis jangka panjang untuk mengontrol kadar glukosa darah dan mengurangi risiko komplikasi, termasuk gangguan fungsi ginjal. Gagal ginjal kronis akibat diabetes melitus adalah penyebab utama penyakit ginjal tahap akhir (*end-stage renal disease/ESRD*) pada individu dengan diabetes melitus tipe 2 di seluruh dunia. Fenomena ini menekankan pentingnya strategi pencegahan yang lebih holistik dan manajemen terintegrasi untuk mengurangi dampak jangka panjang dari diabetes, khususnya mengenai kerusakan ginjal progresif yang secara signifikan memengaruhi kualitas hidup pasien dan menambah beban bagi sistem pelayanan kesehatan global (KDIGO, 2023).

Menurut panduan KDIGO, penyakit ginjal kronis diidentifikasi ketika laju filtrasi glomerulus (*glomerular filtration rate/GFR*) menurun hingga kurang dari 60 mL/min/1,73 m² selama setidaknya tiga bulan, tanpa memandang penyebab dasarnya. GFR merupakan parameter krusial yang digunakan untuk mengevaluasi fungsi ginjal, karena parameter ini mencerminkan seberapa baik ginjal menyaring darah. Terdapat dua metode utama untuk mengukur GFR: menggunakan penanda endogen dan penanda eksogen. Penanda endogen, seperti kreatinin, secara alami terdapat di dalam tubuh, sedangkan penanda eksogen seperti inulin, iotalamat, dan *chromium 51 ethylenediamine tetraacetate* (⁵¹Cr-EDTA) perlu diberikan dari luar (KDIGO, 2023).

Baku emas (*gold standard*) untuk mengukur GFR melibatkan penggunaan penanda eksogen, khususnya klirens inulin, yang mengukur secara langsung seberapa baik ginjal menyaring zat yang difiltrasi secara bebas serta tidak direabsorpsi atau disekresi oleh ginjal. Namun, penggunaan inulin sebagai penanda tidak umum diterapkan dalam praktik klinis karena beberapa keterbatasan, termasuk tingginya biaya prosedur, waktu yang dibutuhkan untuk pengukuran, dan fakta bahwa zat tersebut tidak tersedia di banyak fasilitas kesehatan. Mengingat tantangan-tantangan ini, pengukuran GFR dengan penanda endogen, khususnya kreatinin, telah menjadi alternatif yang diterima secara luas dan praktis. Estimasi GFR menggunakan formula berbasis kreatinin merupakan metode standar yang diterapkan dalam praktik klinis, karena lebih terjangkau dan lebih mudah dilakukan. Formula ini menggunakan kadar kreatinin serum, bersama dengan faktor-faktor seperti usia, jenis kelamin, dan ras, untuk mengestimasi fungsi ginjal. Penggunaan formula estimasi GFR didukung oleh berbagai organisasi kesehatan, termasuk *UK National Renal Service Framework*, yang merekomendasikan penilaian GFR tahunan bagi semua pasien diabetes. Pemantauan

fungsi ginjal secara berkala pada pasien diabetes sangat penting, karena diabetes merupakan salah satu penyebab utama penyakit ginjal kronis (*chronic kidney disease/CKD*) dan dapat menyebabkan gagal ginjal jika tidak dikelola dengan benar (Nazzal et al., 2020).

Formula *Modification of Diet in Renal Disease* (MDRD) dan formula *Chronic Kidney Disease Epidemiology Collaboration* (CKD-EPI) merupakan dua metode yang paling umum digunakan untuk mengestimasi laju filtrasi glomerulus (*estimated glomerular filtration rate/eGFR*) dalam praktik klinis. Kedua formula ini telah divalidasi secara luas dan diterima secara umum untuk penggunaan klinis. Keduanya memberikan estimasi fungsi ginjal yang andal, sehingga memungkinkan penyedia layanan kesehatan untuk memantau dan mendeteksi tanda-tanda awal kerusakan ginjal, yang sangat penting bagi pasien diabetes yang memiliki risiko lebih tinggi terkena CKD. Deteksi dini yang disertai dengan intervensi yang tepat memainkan peran penting dalam mencegah atau memperlambat perkembangan penyakit ginjal, sehingga berkontribusi pada peningkatan hasil klinis dan kualitas hidup pasien diabetes melitus.

Singkatnya, meskipun baku emas untuk mengukur GFR didasarkan pada penanda eksogen seperti klirens inulin, keterbatasan praktis telah mengarah pada penggunaan luas formula estimasi berbasis kreatinin seperti persamaan MDRD dan CKD-EPI. Formula estimasi laju filtrasi glomerulus (eGFR) merupakan instrumen penting dalam praktik klinis, terutama dalam penanganan pasien diabetes melitus, karena memungkinkan deteksi dini dan pemantauan perkembangan penyakit ginjal kronis yang lebih efektif (Nazzal et al., 2020).

Persamaan CKD-EPI diakui secara luas memberikan estimasi laju filtrasi glomerulus (eGFR) yang lebih akurat dan andal daripada persamaan MDRD dan Cockcroft-Gault, khususnya untuk menilai fungsi ginjal di berbagai populasi yang beragam. Berkat akurasi yang telah ditingkatkan, persamaan CKD-EPI telah menjadi salah satu metode yang direkomendasikan untuk mengestimasi fungsi ginjal dalam praktik klinis.

Berdasarkan pemikiran tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi penggunaan persamaan CKD-EPI dalam mengestimasi eGFR sebagai indikator fungsi ginjal pada pasien yang baru terdiagnosis diabetes melitus tipe 2 di Poliklinik Rawat Jalan Penyakit Dalam RS PKU Muhammadiyah Sampangan, Semarang, Surakarta. Penelitian ini berupaya untuk mengevaluasi keterapan (*applicability*) persamaan CKD-EPI dalam menilai fungsi ginjal pada populasi pasien spesifik ini, sehingga berkontribusi pada pemahaman yang lebih baik mengenai kesehatan ginjal di antara individu yang baru terdiagnosis diabetes tipe 2. Temuan dari penelitian ini diharapkan dapat mendukung penanganan nefropati diabetik salah satu komplikasi utama diabetes melitus tipe 2 secara lebih akurat dan terindividualisasi.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif, analitik, observasional, dan retrospektif untuk mengevaluasi profil gangguan fungsi ginjal pada pasien yang baru didiagnosis diabetes melitus (DM) tipe 2, dengan estimasi laju filtrasi glomerulus (*estimated glomerular filtration rate/eGFR*) berdasarkan formula CKD-EPI. Data penelitian bersumber dari rekam medis pasien baru dengan DM tipe 2 yang mendapatkan pelayanan di Poliklinik Penyakit Dalam Rawat Jalan RS PKU Muhammadiyah Sampangan Semarang Surakarta selama satu tahun, yaitu periode 1 Januari sampai 31 Desember 2020. Pengambilan sampel dilakukan secara *total*

sampling, dengan melibatkan 56 pasien yang memenuhi kriteria inklusi dan eksklusi penelitian. Persetujuan etik diperoleh melalui surat keterangan kelayakan etik nomor 5086/C.2/KEPK-FKUMS/IX/2-23. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan gambaran komprehensif mengenai fungsi ginjal pada tahap awal DM tipe 2, serta memberikan informasi mengenai kemungkinan terjadinya komplikasi ginjal dan pentingnya pemantauan serta intervensi secara dini.

Partisipan dalam penelitian ini dipilih berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi yang telah ditetapkan untuk menjaga integritas dan relevansi hasil penelitian. Kriteria inklusi meliputi individu yang baru didiagnosis DM tipe 2, berusia ≥ 18 tahun, dan memiliki data pemeriksaan kreatinin yang tersedia dari Laboratorium RS PKU Muhammadiyah Sampangan Semanggi Surakarta. Kriteria tersebut memastikan bahwa data yang digunakan untuk menghitung eGFR tersedia dan secara langsung dapat digunakan untuk menggambarkan kondisi yang diteliti.

Kriteria eksklusi meliputi pasien yang telah didiagnosis mengalami gagal ginjal sebelum penelitian dimulai karena kondisi tersebut dapat menjadi faktor perancu dengan memasukkan faktor yang tidak berkaitan langsung dengan pengaruh DM tipe 2 terhadap fungsi ginjal. Pasien dengan penyakit ginjal yang telah ada sebelum diagnosis DM juga dapat memengaruhi hasil analisis eGFR sehingga menyulitkan penilaian terhadap pengaruh diabetes terhadap fungsi ginjal secara tersendiri.

Pada pasien yang memenuhi kriteria penelitian, eGFR dihitung menggunakan metode CKD-EPI (*Chronic Kidney Disease Epidemiology Collaboration*). Metode ini banyak digunakan dalam praktik klinis untuk memperkirakan fungsi ginjal dengan mempertimbangkan beberapa faktor, seperti kadar kreatinin serum, usia, jenis kelamin, dan ras. Formula CKD-EPI memberikan estimasi laju filtrasi glomerulus yang lebih akurat sehingga dapat digunakan untuk mengevaluasi fungsi ginjal. Formula yang digunakan untuk menghitung eGFR adalah sebagai berikut:

$$\text{GFR} = 141 \times \min(\text{S}_{\text{Cr}} / k, 1)^{\alpha} \times \max(\text{S}_{\text{Cr}} / k, 1)^{-1.209} \times 0.993^{\text{age}} \times 1.018 (\text{Female}) \times 1.159 (\text{Black skin})$$

Dengan menggunakan metode CKD-EPI untuk memperkirakan eGFR, penelitian ini bertujuan mengevaluasi fungsi ginjal pada pasien yang baru didiagnosis diabetes melitus (DM) tipe 2 serta mendeteksi tanda awal kerusakan ginjal. Hal ini penting untuk memahami perkembangan nefropati diabetik dan mengidentifikasi komplikasi ginjal yang dapat memengaruhi kualitas hidup pasien. Hasil penelitian diharapkan dapat mendukung penatalaksanaan dini dan mencegah kerusakan ginjal lebih lanjut.

Tabel 1. Stratifikasi laju filtrasi glomerulus (eGFR)

Kode Stratifikasi	Terminologi	eGFR (mL/min/1,73 m ²)
G1	Normal	≥ 90
G2	Ringan	60–89
G3a	Ringan–sedang	45–59
G3b	Sedang–berat	30–44
G4	Berat	15–29
G5	Terminal	< 15

Sumber: KDIGO, 2023

Hasil eGFR dikategorikan berdasarkan tingkat gangguan fungsi ginjal dan dihitung berdasarkan kadar kreatinin serum. Stratifikasi laju filtrasi glomerulus disajikan pada Tabel 1. Kadar kreatinin serum diukur pada tahun 2020 menggunakan

sampel penelitian yang disentrifugasi dan dianalisis dengan *chemistry analyzer* menggunakan metode Jaffe. Analisis data dilakukan menggunakan uji chi-square untuk menilai perbedaan proporsi hasil eGFR pada pasien yang baru didiagnosis DM tipe 2 serta mengidentifikasi hubungan antara fungsi ginjal dan komplikasi terkait diabetes.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini berfokus pada pasien diabetes melitus (DM) tipe 2 yang baru terdiagnosis, dengan menemukan rata-rata usia $63 \pm 7,58$ tahun. Penelitian ini juga mengungkapkan proporsi pasien perempuan yang lebih tinggi (64,3%) dibandingkan pasien laki-laki (35,7%) dalam sampel sebanyak 56 individu. Informasi demografis ini menekankan pentingnya berfokus pada kelompok lansia, terutama laki-laki, yang berisiko lebih tinggi terkena DM tipe 2 dan komplikasi terkait, serta menegaskan perlunya intervensi dan pemantauan yang terget pada kelompok berisiko tinggi tersebut.

Evaluasi fungsi ginjal dalam penelitian ini menunjukkan rata-rata eGFR sebesar $77,5 \pm 28,51$ mL/min/1,73 m² yang berada di bawah ambang batas normal. Hal ini mengindikasikan bahwa banyak pasien dalam kohort ini telah mengalami beberapa derajat disfungsi ginjal pada saat diagnosis diabetes mereka ditegakkan. Karena eGFR merupakan penanda vital untuk menilai fungsi ginjal, temuan ini menunjukkan onset dini dari nefropati diabetik atau komplikasi ginjal lainnya, yang umumnya dijumpai pada individu dengan DM tipe 2.

Mengingat bahwa kerusakan ginjal pada diabetes sering kali berkembang tanpa gejala yang nyata, penelitian ini menggarisbawahi pentingnya skrining dini disfungsi ginjal pada pasien DM tipe 2. Mendeteksi gangguan ginjal pada tahap awal dapat mencegah pemburukan lebih lanjut dan mengurangi risiko berkembangnya penyakit ginjal tahap akhir (*end-stage renal disease*), yang merupakan komplikasi diabetes yang berat dan umum terjadi. Intervensi dini, seperti kontrol glikemik yang lebih baik, pengelolaan tekanan darah, dan adopsi modifikasi gaya hidup, dapat menurunkan risiko gagal ginjal secara signifikan dan memperbaiki prognosis bagi pasien diabetes.

Tabel 2. Profil demografis subjek penelitian

Variabel	Rata-rata $\pm$ SD	Frekuensi N (%)
Usia (tahun)	$63 \pm 7,58$	-
Kreatinin (mg/dL)	$1,1 \pm 0,80$	-
eGFR (mL/min/1,73 m ²)	$77,5 \pm 28,51$	-
Glukosa Darah Puasa (mg/dL)	$212,3 \pm 88,5$	-
Jenis Kelamin		20 (35,7%) Male 36 (64,3%) Women

Catatan: mg = miligram; dL = desiliter; eGFR = estimated Glomerular Filtration Rate (Laju Filtrasi Glomerulus Estimasi)

Penelitian ini berfokus pada deteksi komplikasi diabetes melitus pada awal diagnosis, khususnya disfungsi ginjal, melalui penilaian eGFR menggunakan formula CKD-EPI yang diklasifikasikan ke dalam enam kategori berdasarkan panduan KDIGO 2013, dan mengungkapkan wawasan penting. Hasil yang disajikan pada Tabel 3 menunjukkan bahwa mayoritas responden (55%) mengalami gangguan ginjal dengan eGFR di bawah normal, sementara 45% mempertahankan fungsi ginjal yang normal. Temuan ini menyoroti tingginya prevalensi gangguan ginjal pada pasien diabetes, serta menekankan perlunya deteksi dini gangguan ginjal untuk mencegah komplikasi lebih

lanjut. Temuan ini juga menunjukkan bahwa pemantauan fungsi ginjal secara berkala sangat penting bagi pasien diabetes, terutama mengingat bahwa disfungsi ginjal dapat berkembang secara senyap (*silently*) dan progresif tanpa gejala yang jelas.

Tabel 3. Distribusi tahapan eGFR pada pasien DM tipe 2

Proporsi Klasifikasi eGFR	Gangguan Fungsi Ginjal	Frekuensi N (%)
Normal	Tidak	25 (45%)
Ringan	Ya	12 (21%)
Ringan-sedang	Ya	9 (16%)
Sedang-berat	Ya	5 (8%)
Berat	Ya	2 (3%)
Terminal	Ya	2 (3%)

Sumber: Data primer, 2020

Tabel 4 menunjukkan bahwa usia dan jenis kelamin tidak menunjukkan perbedaan signifikan antara pasien DM tipe 2 dengan dan tanpa gangguan ginjal. Namun, parameter kreatinin dan gula darah puasa pada pasien dengan gangguan fungsi ginjal ($\text{eGFR} < 90 \text{ ml/min/1,73 m}^2$) menunjukkan perbedaan yang signifikan dengan $p\text{-value} < 0,05$ jika dibandingkan dengan pasien tanpa gangguan ginjal, yaitu dengan rata-rata kadar kreatinin $1,4 \pm 0,9$ dan glukosa darah puasa $240,8 \pm 82,9 \text{ mg/dL}$.

Tabel 4. Variasi karakteristik berdasarkan fungsi ginjal pada pasien DM tipe 2

Karakteristik Parameter	Tanpa Gangguan Fungsi Ginjal (%)	Dengan Gangguan Fungsi Ginjal (%)	$p\text{-value}$
Usia (Tahun)	$61,8 \pm 7,3$	$64,0 \pm 7,7$	0,27
Jenis Kelamin			
Laki-laki	8 (40%)	12 (60%)	0,23
Perempuan	18 (50%)	18 (50%)	
Glukosa Darah Puasa (mg/dL)	$179,3 \pm 84,7$	$240,8 \pm 82,9$	0,00*
Kreatinin (mg/dL)	$0,63 \pm 0,13$	$1,4 \pm 0,9$	0,00*

Catatan: mg = miligram; dL = desiliter; uji *chi-square*, signifikan jika $p\text{-value} < 0,05$

Di antara individu dengan diabetes melitus, nefropati diabetik merupakan salah satu komplikasi yang paling sering terjadi, yang memengaruhi sekitar 40% pasien dan menjadi penyebab utama penyakit ginjal pada kelompok ini. Kondisi ini ditandai dengan adanya mikroalbuminuria (30 mg/hari), yang terjadi bahkan tanpa adanya kelainan ginjal yang jelas, disertai dengan penurunan GFR secara bertahap. Seiring waktu, jika tidak dikelola dengan baik, nefropati diabetik dapat memburuk hingga berkembang menjadi gagal ginjal tahap akhir. Deteksi dini dan penanganan yang efektif, termasuk kontrol gula darah yang ketat dan regulasi tekanan darah, sangat penting untuk mencegah atau memperlambat progresivitas gangguan ginjal serta mendukung kesejahteraan jangka panjang bagi pasien dengan kondisi ini (Gembillo et al., 2021). Karena nefropati diabetik sering kali berkembang secara senyap, deteksi dini perubahan fungsi ginjal sangat krusial untuk mencegah kerusakan lebih lanjut. Laju filtrasi glomerulus dianggap sebagai penanda fungsi ginjal yang paling andal, karena mencerminkan kemampuan ginjal untuk menyaring darah, memproses limbah, dan mengekskresikan hasilnya melalui urin. GFR dipengaruhi oleh beberapa faktor,

termasuk usia, jenis kelamin, dan kadar kreatinin serum. GFR normal biasanya berkisar antara 100-150 mL/min, dan penurunan laju ini mengindikasikan penurunan fungsi ginjal. Untuk menilai fungsi ginjal, dua metode yang paling umum digunakan adalah klirens kreatinin dan eGFR, yang keduanya memberikan wawasan berharga mengenai tingkat gangguan ginjal. Metode-metode ini telah menjadi instrumen esensial dalam praktik klinis, memungkinkan identifikasi dini nefropati diabetik dan intervensi tepat waktu, yang sangat penting dalam mengelola perkembangan penyakit ginjal pada pasien diabetes (Pottel et al., 2020; Noronha et al., 2022).

Laju filtrasi glomerulus dipengaruhi oleh berbagai faktor, baik fisiologis maupun patologis. Rumus CKD-EPI dianggap sebagai salah satu persamaan yang paling akurat dalam memperkirakan eGFR karena telah banyak dievaluasi pada populasi yang luas dan beragam sehingga dapat digunakan dalam praktik klinis. Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan rumus CKD-EPI untuk menghitung eGFR. Meskipun praktis dan banyak digunakan untuk menilai fungsi ginjal, rumus CKD-EPI memiliki keterbatasan, terutama pada populasi dan kondisi klinis tertentu. Untuk mengurangi potensi bias, diperlukan penyesuaian rumus atau penggunaan penanda tambahan seperti sistatin C serta pemeriksaan albuminuria. Interpretasi eGFR juga perlu mempertimbangkan kondisi klinis pasien secara keseluruhan agar penilaian fungsi ginjal lebih akurat.

Dalam penelitian ini, separuh dari pasien diabetes melitus (DM) tipe 2 yang baru terdiagnosis (*insiden*) menunjukkan berbagai tingkat disfungsi ginjal, mulai dari gangguan ringan hingga tahap gagal ginjal lanjut. Secara lebih spesifik, pasien dengan disfungsi ginjal tahap 3, yang didefinisikan dengan eGFR <60 mL/min/1.73 m², ditemukan menghadapi risiko kematian hingga 10 kali lebih tinggi dibandingkan dengan mereka yang berada pada tahap penyakit ginjal akhir (Nichols et al., 2020). Temuan-temuan ini menekankan pentingnya memantau fungsi ginjal secara ketat sejak diagnosis DM tipe 2 ditegakkan. Deteksi dini disfungsi ginjal dapat mencegah perkembangannya menjadi komplikasi lebih lanjut, yaitu nefropati diabetik, sebuah komplikasi serius dan berpotensi mengancam jiwa (Thomas, 2019).

Perkembangan penyakit ginjal diabetik merupakan proses kompleks dan multifaktorial yang dipengaruhi oleh faktor genetik dan lingkungan yang saling berinteraksi sehingga mempercepat kerusakan ginjal pada penderita diabetes. Faktor risiko yang tidak dapat diubah meliputi riwayat keluarga, faktor genetik, jenis kelamin, usia saat diagnosis diabetes, dan lamanya menderita diabetes. Sementara itu, faktor yang dapat diubah, seperti pengendalian gula darah, tekanan darah, berhenti merokok, mengurangi konsumsi alkohol, berolahraga secara teratur, dan menerapkan pola makan seimbang, berperan penting dalam memperlambat perkembangan penyakit. Hal ini menunjukkan pentingnya tidak hanya diagnosis dini, tetapi juga pengelolaan diabetes melitus tipe 2 secara berkelanjutan untuk mencegah atau menunda komplikasi ginjal. Intervensi yang efektif dapat menurunkan kejadian nefropati diabetik dan meningkatkan luaran pasien, sehingga diperlukan pemantauan dan pengelolaan yang proaktif pada penderita DM tipe 2 (Ismail et al., 2021; Roy et al., 2021). Faktor-faktor tersebut menegaskan pentingnya intervensi dini dan perubahan gaya hidup dalam mencegah atau menghambat perkembangan nefropati diabetik.

Disfungsi ginjal pada diabetes melitus (DM) utamanya disebabkan oleh hiperglikemia, yang menyebabkan hilangnya nefron dan hiperfiltrasi. Kondisi ini memicu serangkaian perubahan di mana stres oksidatif dan hipoksia memainkan peran penting, yaitu perubahan inflamasi, metabolik, hemodinamik, hormonal, dan epigenetik. Mekanisme utama yang mendasari cedera ginjal pada nefropati diabetik meliputi hipertrofi glomerulus, inflamasi pada area glomerulus dan tubulointerstisial, serta

apoptosis seluler dengan perubahan pada matriks ekstraseluler. Proses ini menyebabkan penebalan membran basalis glomerulus, deplesi podosit, ekspansi matriks mesangial, dan cedera tubular. Perubahan struktural ini mengakibatkan glomerulosklerosis, pemodelan ulang vaskular (*vascular remodeling*), disfungsi endotel, dan fibrosis tubulointerstisial, yang semuanya mengganggu fungsi ginjal. Seiring berkembangnya penyakit, kerusakan ini dapat menyebabkan penurunan kapasitas filtrasi ginjal dan komplikasi seperti proteinuria hingga gagal ginjal. Intervensi dini, termasuk kontrol glikemik yang ketat, manajemen tekanan darah, dan terapi renoprotektif, sangat krusial dalam memperlambat progresivitas nefropati diabetik dan meningkatkan luaran pasien (DeFronzo et al., 2021; Gembillo et al., 2021).

KESIMPULAN

Dalam penelitian ini, ditemukan bahwa sekitar separuh dari pasien yang baru terdiagnosis diabetes melitus (DM) tipe 2 mengalami berbagai tingkat disfungsi ginjal, mulai dari gangguan ringan hingga tahap gagal ginjal lanjut. Pasien dengan gangguan ginjal tahap 3, yang ditandai dengan nilai eGFR <60 mL/min/1.73 m², menghadapi risiko kematian yang signifikan lebih tinggi hingga 10 kali lebih besar dibandingkan mereka yang berkembang ke tahap gagal ginjal akhir. Hal ini menggarisbawahi pentingnya memantau komplikasi ginjal secara ketat sejak diagnosis awal guna mencegah berkembangnya nefropati diabetik, yang dapat menimbulkan komplikasi berat. *United States Renal Data System* (USRDS) juga menyoroti bahwa perkembangan penyakit nefropati diabetik tidak hanya mempercepat penurunan fungsi ginjal, tetapi juga meningkatkan risiko kematian pada pasien penyakit ginjal kronis (*chronic kidney disease/CKD*) dibandingkan dengan penyebab CKD lainnya. Perkembangan penyakit ginjal diabetik merupakan proses multifaktorial yang kompleks dan dipengaruhi oleh kombinasi kerentanan genetik serta faktor lingkungan. Faktor risiko yang tidak dapat dimodifikasi meliputi riwayat keluarga, genetik, jenis kelamin, usia saat terdiagnosis, dan durasi menderita diabetes. Sementara itu, faktor risiko yang dapat dimodifikasi mencakup penerapan gaya hidup sehat melalui pengendalian glukosa darah, tekanan darah, berhenti merokok, mengurangi konsumsi alkohol, melakukan aktivitas fisik, serta menjaga pola makan seimbang. Oleh karena itu, sangat penting untuk melakukan deteksi dini melalui pemantauan fungsi ginjal secara berkala pada pasien diabetes tipe 2 guna mencegah berkembangnya komplikasi seperti nefropati diabetik sejak tahap awal, serta untuk mengendalikan progresivitas penyakit.

DAFTAR PUSTAKA

- DeFronzo, R.A., Reeves, W.B., Awad, A.S., 2021. Pathophysiology of Diabetic Kidney Disease: Impact of SGLT2 Inhibitors. *Nature Reviews Nephrology* 17, 319-334. <https://doi.org/10.1038/s41581-021-00393-8>
- Gembillo, G., Ingrassiotta, Y., Crisafulli, S., Luxi, N., Siligato, R., Santoro, D., Trifiro, G., 2021. Kidney Disease in Diabetic Patients: from Pathophysiology to Pharmacological Aspects with a Focus on Therapeutic Inertia. *International Journal of Molecular Sciences* 22(9), 1-20. <https://doi.org/10.3390/ijms2209482>
- Ismail, L., Materwala, H., Kaabi, J.A., 2021. Association of Risk Factors with Type 2 Diabetes: A Systematic Review. *Computational and Structural Biotechnology Journal* 10(19), 1759-1785. <https://doi.org/10.1016/j.csbj.2021.03.003>
- Kazi, A.A., Blonde, L., 2019. Classification of Diabetes Mellitus. *Clinics in Laboratory*

- Medicine 21(1), 1-13.
https://www.researchgate.net/publication/12014079_Classification_of_diabetes_mellitus
- [KDIGO] Kidney Disease: Improving Global Outcomes., 2023. Clinical Practice Guideline for The Evaluation and Management of Chronic Kidney Disease. Kidney Disease: Improving Global Outcomes, Belgium.
- Magliano, D.J., Boyko, E.J., Chair, C., 2021. IDF Diabetes Atlas 10th Edition Scientific Committee. International Diabetes Federation, Brussels.
- Mihardja, L., Delima, D., Massie, R., Karnaya, M., Nugroho, P., Yunir, E., 2018. Prevalence of Kidney Dysfunction in Diabetes Mellitus and Associated Risk Factors Among Productive Age Indonesian. *Journal of Diabetes and Metabolic Disorders* 17(1), 53-61. <https://doi.org/10.1007/s40200-018-0338-6>
- Nazzal, Z., Hamdan, Z., Masri, D., Kaf, O.A., Hamad, M., 2020. Prevalence and Risk Factors of Chronic Kidney Disease Among Palestinian Type 2 Diabetic Patients: A Cross-Sectional Study. *BMC Nephrology* 21(484), 1-8. <https://doi.org/10.1186/s12882-020-02138-4>
- Nichols, G.A., Luyet, A.D., Brodovics, K.G., Kimes, T.M., Rosales, A.G., Hauske, S.J., 2020. Kidney Disease Progression and All Cause Mortality Across Estimated Glomerular Filtration Rate and Albuminuria Categories Among Patients with vs Without Type 2 Diabetes. *BMC Nephrology* 21(167), 1-10. <https://bmcnephrol.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12882-020-01792->
- Noronha, I.L. Catharina, G.P.S. Andrade, Coelho, V.A. Filho, W.J. Elias, R.M., 2022. Glomerular Filtration in the Aging Population. *Frontiers in Medicine* 15(9), 1-12. <https://doi.org/10.3389/fmed.2022.769329>
- Pottel, H., 2020. Development and Validation of a Modified Full Age Spectrum Creatinine-Based Equation to Estimate Glomerular Filtration Rate: A Cross-Sectional Analysis of Pooled Data. *Annals of Internal Medicine* 174(2), 1-9. <https://www.acpjournals.org/doi/10.7326/M20-4366>
- Roy, S., Khan, O.S., Jafry, B., Miller, R.M., Raju, R.S., O'Neill, L.M., Correia, C.R., Trivedi, A., Johnson, C., Pilot, C., Saddemi, J., Memon, A., Chen, A., McHugh, S.P., Patel, S., Daroshefski, N.M., Nguyen, T., Wisser, W., Sharma, E., Hunter, K., 2021. Risk Factors and Comorbidities Associated with Diabetic Kidney Disease. *Journal of Primary Care and Community Health* 12, 1-22. doi: 10.1177/21501327211048556
- Saeedi, P., Petersohn, I., Salpea, P., Bright, D., Williams, R., 2019. Global and Regional Diabetes Prevalence Estimates for 2019 and Projections for 2030 and 2045: Results from the International Diabetes Federation Diabetes Atlas, 9th edition. *Diabetes Research and Clinical Practice* 157, 1-19. <https://doi.org/10.1016/j.diabres.2019.107843>
- Thomas, B., 2019. The Global Burden of Diabetic Kidney Disease: Time Trends and Gender Gaps. *Current Diabetes Reports* 19(18), 1-9. <https://doi.org/10.1007/s11892-019-1133-6>
- Varghese, R.T., Jialal, I., 2023. Diabetic Nephropathy. StatPearls Publishing, Florida.
- Widhyasih, R.M., Sari, R.N.P., Mujianto, B., 2021. Korelasi antara Kadar HbA1c dengan Laju Filtrasi Glomerulus (LFG) pada Pasien Diabetes Melitus. *Journal of Indonesian Medical Laboratory and Science* 2(1), 83-95. <https://doi.org/10.53699/joimedlabs.v2i1.45>