

Efek Ekstrak Etanol Daun Kelor terhadap Mikroalbuminuria pada Tikus Model Nefropati Diabetik STZ-Nikotinamid

Franz June Navirius^{1*}, Yahya Febrianto¹

¹ Farmasi, Universitas Palangka Raya, Indonesia

*email: franzjunenavirius@mipa.upr.ac.id

Received: 25-9-2026

Revised: 20-10-2026

Accepted: 21-2026

Abstract

Diabetic nephropathy is a major microvascular complication of diabetes, and albuminuria is an early indicator of renal injury. This study evaluated the effect of ethanol extract of *Moringa oleifera* Lam. leaves on microalbuminuria in Wistar rats with a streptozotocin-nicotinamide (STZ-NA)-induced diabetic nephropathy model. Thirty-five male Wistar rats aged 42–56 days and weighing 180–220 g were allocated to seven groups (n=5): normal control, diabetic control, glibenclamide, pioglitazone, and M. oleifera extract at 100, 200, and 400 mg/kg body weight. Microalbuminuria was measured before induction, after STZ-NA induction, and after 7 and 14 days of treatment. The original study used Shapiro-Wilk, Levene, one-way ANOVA, and Tukey post-hoc analyses at each assessment point. At day 29, mean microalbuminuria was 150.77 ± 3.12 , 114.65 ± 2.62 , and 93.51 ± 2.08 in the 100, 200, and 400 mg/kg groups, respectively, compared with 298.46 ± 2.08 in the diabetic control. The extract groups differed significantly from the diabetic control ($p < 0.05$), although the extract responses remained less pronounced than glibenclamide and pioglitazone. The 400 mg/kg dose produced the largest reduction among the extract doses tested. Because the available dataset did not retain individual longitudinal observations, the present revision does not claim a repeated-measures effect estimate; interpretation is therefore limited to the observed between-group differences at each time point.

Keywords: diabetic nephropathy; *Moringa oleifera*; microalbuminuria; streptozotocin-nicotinamide; Wistar rats

Abstrak

Nefropati diabetik merupakan komplikasi mikrovaskular diabetes dan albuminuria merupakan salah satu indikator awal gangguan ginjal. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi efek ekstrak etanol daun *Moringa oleifera* Lam. terhadap mikroalbuminuria pada tikus Wistar dengan model nefropati diabetik yang diinduksi streptozotocin-nikotinamid (STZ-NA). Sebanyak 35 tikus Wistar jantan berusia 42–56 hari dengan berat 180–220 g dibagi menjadi tujuh kelompok (n=5), yaitu kontrol normal, kontrol diabetes, glibenklamid, pioglitazone, serta ekstrak M. oleifera dosis 100, 200, dan 400 mg/kgBB. Mikroalbuminuria diukur sebelum induksi, setelah induksi STZ-NA, serta setelah 7 dan 14 hari pemberian perlakuan. Analisis pada penelitian awal menggunakan Shapiro-Wilk, Levene, one-way ANOVA, dan uji lanjut Tukey pada masing-masing titik waktu. Pada hari ke-29, rerata mikroalbuminuria kelompok ekstrak 100, 200, dan 400 mg/kgBB masing-masing sebesar $150,77 \pm 3,12$; $114,65 \pm 2,62$; dan $93,51 \pm 2,08$, sedangkan kelompok diabetes sebesar $298,46 \pm 2,08$. Ketiga kelompok ekstrak berbeda bermakna dibandingkan kelompok diabetes ($p < 0,05$), tetapi penurunannya masih lebih kecil dibandingkan glibenklamid dan pioglitazone. Dosis 400 mg/kgBB menunjukkan penurunan terbesar di antara dosis ekstrak yang diuji. Karena data longitudinal individual tidak tersedia dalam arsip data yang dapat diaudit, revisi ini tidak mengklaim estimasi efek repeated measures dan membatasi interpretasi pada perbedaan antarkelompok pada setiap titik waktu.

Kata kunci: nefropati diabetik; *Moringa oleifera*; mikroalbuminuria; streptozotocin-nikotinamid; tikus Wistar

1. Pendahuluan

Diabetes melitus merupakan gangguan metabolik kronis yang ditandai hiperglikemia dan dapat menimbulkan komplikasi mikrovaskular, termasuk nefropati diabetik. Kerusakan

ginjal pada diabetes berkaitan dengan perubahan hemodinamik glomerulus, stres oksidatif, inflamasi, dan peningkatan permeabilitas terhadap albumin. Albuminuria karena itu menjadi salah satu parameter penting untuk mendeteksi keterlibatan ginjal lebih awal [1], [2].

Nefropati diabetik berkembang melalui proses yang kompleks dan tidak hanya ditentukan oleh kadar glukosa. Pada kondisi hiperglikemia persisten, pembentukan advanced glycation end products, aktivasi protein kinase C, stres oksidatif, dan perubahan struktur glomerulus dapat meningkatkan kebocoran albumin ke dalam urin [2], [3]. Dalam praktik klinis, pengukuran albuminuria saat ini lebih sering dinyatakan sebagai urinary albumin-to-creatinine ratio (ACR), sedangkan penelitian eksperimental dapat menggunakan pengukuran albumin urin dengan metode laboratorium tertentu [1]. Oleh karena itu, satuan dan metode pengukuran harus dijelaskan secara spesifik agar hasil dapat diinterpretasikan secara tepat.

Moringa oleifera Lam. merupakan tanaman yang kaya senyawa bioaktif, termasuk flavonoid, fenolik, alkaloid, tanin, dan saponin. Literatur terbaru menunjukkan potensi antioksidan, antiinflamasi, antidiabetik, dan renoprotektif *M. oleifera*, tetapi efek tersebut sangat bergantung pada bagian tanaman, jenis ekstrak, dosis, dan model penyakit yang digunakan [4]–[7]. Studi eksperimental pada model diabetes juga menunjukkan bahwa *M. oleifera* dapat memperbaiki beberapa parameter biokimia dan kerusakan ginjal, termasuk melalui jalur yang berkaitan dengan stres oksidatif dan inflamasi [8], [9].

Penelitian terdahulu tentang *M. oleifera* pada model diabetes lebih banyak menilai kadar glukosa, parameter antioksidan, atau kerusakan jaringan ginjal. Studi lain telah menunjukkan efek renoprotektif pada model diabetes, tetapi bukti mengenai perubahan mikroalbuminuria pada model nefropati diabetik yang diinduksi kombinasi STZ-nikotinamid masih terbatas [8]–[10]. Model STZ-nikotinamid dipakai untuk menghasilkan kondisi diabetes eksperimental dengan kerusakan sel beta pankreas yang tidak identik dengan model defisiensi insulin absolut [11], [12].

Research gap penelitian ini terletak pada belum jelasnya respons mikroalbuminuria terhadap beberapa dosis ekstrak etanol daun *M. oleifera* pada model nefropati diabetik STZ-nikotinamid dengan pembanding obat antidiabetik. Kontribusi penelitian ini adalah memberikan data komparatif perubahan mikroalbuminuria pada tiga dosis ekstrak, sekaligus membandingkannya dengan kelompok diabetes dan kelompok pembanding glibenklamid serta pioglitazone. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi efek ekstrak etanol daun *M. oleifera* terhadap mikroalbuminuria dan menentukan dosis ekstrak yang menunjukkan penurunan terbesar dalam rentang dosis yang diuji.

2. Metode

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental laboratorik dengan tujuh kelompok dan lima ekor tikus per kelompok ($n=5$; total 35 ekor). Hewan uji adalah tikus Wistar jantan berusia 42–56 hari dengan berat 180–220 g yang diperoleh dari Laboratorium Penelitian Antar Universitas (PAU), Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta. Kelompok terdiri atas kontrol normal, kontrol diabetes, kontrol glibenklamid, kontrol pioglitazone, serta kelompok ekstrak etanol daun *M. oleifera* dosis 100, 200, dan 400 mg/kgBB. Pengukuran mikroalbuminuria dilakukan berulang pada hewan yang sama pada T0, T1 (hari ke-5), T2 (hari ke-15), T3 (hari ke-22), dan T4 (hari ke-29). Pelaporan metode diselaraskan dengan prinsip ARRIVE 2.0 [13].

Daun *M. oleifera* digunakan sebagai bahan uji dan diambil dari Desa Sidorejo, Kabupaten Malang, Jawa Timur. Daun yang dipilih adalah daun segar dan tidak busuk. Untuk memenuhi kebutuhan reproduksibilitas, identitas botani, metode determinasi/herbarium, nomor voucher specimen, waktu panen, serta kondisi pengeringan perlu dicantumkan berdasarkan dokumen penelitian asli sebelum naskah dikirim kembali.

Alat ekstraksi meliputi timbangan digital, kabinet pengering, ayakan mesh 40, bejana maserasi, kertas saring, kain flanel, evaporator, botol penyimpanan, dan peralatan gelas. Peralatan hewan uji meliputi timbangan, spuit oral, dan kandang tikus. Kadar mikroalbuminuria diukur menggunakan spektrofotometer dengan reagen pirogalol, sedangkan kadar glukosa darah diukur menggunakan glukometer.

Ekstraksi dilakukan dengan metode maserasi menggunakan etanol 96%. Induksi diabetes dilakukan dengan streptozotocin (STZ) 45 mg/kgBB yang dilarutkan dalam buffer sitrat 0,1 M pH 4,5 dan nicotinamide 110 mg/kgBB. Nicotinamide diberikan 15 menit sebelum STZ. Kelompok pembanding menerima glibenklamid atau pioglitazone, sedangkan kelompok ekstrak menerima sediaan ekstrak secara oral. Data sumber tidak memuat secara lengkap rasio simplisia:pelarut, lama maserasi, frekuensi pengadukan, rendemen, kondisi penyimpanan, serta volume sediaan per hewan; informasi tersebut perlu dikonfirmasi dari catatan laboratorium agar metode dapat direplikasi.

Analisis statistik pada penelitian awal dilakukan dengan Shapiro-Wilk untuk normalitas dan Levene untuk homogenitas. Analisis antar-kelompok pada setiap titik waktu menggunakan one-way ANOVA ketika asumsi parametrik terpenuhi, kemudian dilanjutkan dengan Tukey untuk perbandingan pasangan kelompok. Data T0–T4 berasal dari hewan yang sama sehingga secara desain merupakan pengukuran longitudinal/repeated measures. Namun, dataset arsip yang tersedia untuk revisi tidak memuat observasi individual longitudinal dan kovarians dalam-subjek yang diperlukan untuk menghitung mixed model atau repeated-measures ANOVA secara sah. Oleh karena itu, naskah revisi tidak mengklaim hasil analisis repeated measures dan membatasi inferensi pada perbandingan antarkelompok pada masing-masing titik waktu. Nilai $p < 0,05$ dianggap bermakna.

Etik dan kesejahteraan hewan. Penelitian menggunakan 35 tikus Wistar jantan. Nomor ethical clearance, nama komite etik penerbit, rincian aklimatisasi, kondisi kandang, randomisasi, humane endpoint, anestesi/analgesia, dan metode euthanasia tidak tercantum dalam naskah sumber. Elemen tersebut harus diisi berdasarkan dokumen protokol penelitian asli dan tidak boleh direkonstruksi atau dibuat-buat. Prinsip replacement, reduction, dan refinement serta pelaporan sesuai ARRIVE 2.0 perlu dinyatakan secara eksplisit [13], [14].

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil

Pengukuran mikroalbuminuria dilakukan pada T0 sebelum induksi STZ-NA untuk memperoleh nilai awal. Pengukuran berikutnya dilakukan pada hari ke-5 (T1), hari ke-15 (T2), hari ke-22 (T3), dan hari ke-29 (T4). Dalam naskah sumber, hasil dilaporkan dalam mg/dL berdasarkan pemeriksaan spektrofotometri dengan reagen pirogalol. Karena istilah mikroalbuminuria dalam pedoman klinis modern lebih lazim dinilai menggunakan ACR atau ekskresi albumin 24 jam, hasil penelitian ini diperlakukan sebagai konsentrasi albumin urin yang diukur dengan metode laboratorium, bukan langsung disetarakan dengan kategori klinis

ACR [1]. Kurva kalibrasi, validasi metode, quality control, dan rincian pengumpulan urin perlu dikonfirmasi dari catatan laboratorium.

Pengukuran T1 pada hari ke-5 digunakan untuk memantau respons setelah induksi. Pada hari ke-15 (T2), hewan yang memenuhi kriteria model diabetes/nefropati dilanjutkan ke tahap pemberian perlakuan sampai hari ke-29. Model STZ-NA dipilih karena kombinasi nicotinamide dan STZ banyak digunakan untuk menghasilkan model diabetes eksperimental dengan kerusakan sel beta parsial [11], [12].

Hewan yang telah mencapai tahap model pada hari ke-15 kemudian menerima perlakuan selama 14 hari. Data T0–T2 disajikan pada Tabel 1, sedangkan data T2–T4 setelah pemberian sediaan uji disajikan pada Tabel 2.

Tabel 1. Kadar albumin urin sebelum dan setelah induksi STZ-NA

Kelompok	Kadar Mikroalbuminuria (Rata-rata $\pm$ SD)		
	Hari Ke-0 (T ₀)	Hari Ke-5 (T ₁)	Hari Ke-15 (T ₂)
Normal	33.93 $\pm$ 2.05	41.01 $\pm$ 2.00 ^{b,c,d}	
DM	25.02 $\pm$ 6.20	237.69 $\pm$ 4.25 ^{a,c,d}	
Glibenklamid	24.83 $\pm$ 5.17	226.570 $\pm$ 2.86 ^{a,b}	
Pioglitazone	23.32 $\pm$ 5.17	223.394 $\pm$ 2.48 ^{a,b}	274.54 $\pm$ 2.79 ^{a,b}
100mg/KgBB	22.56 $\pm$ 4.10	231.047 $\pm$ 4.48 ^a	
200 mg/KgBB	23.32 $\pm$ 1.97	232.202 $\pm$ 6.01 ^a	
400mg/KgBB	26.92 $\pm$ 2.89	232.780 $\pm$ 6.26 ^a	

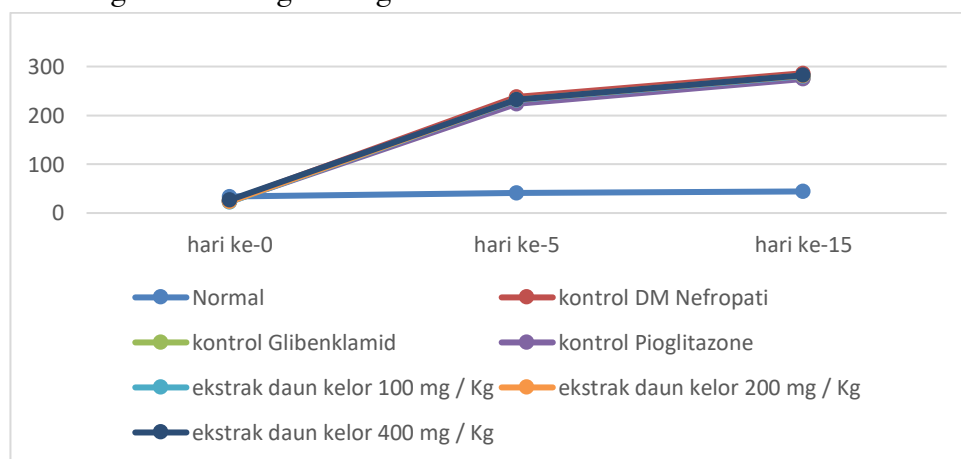
Keterangan :

a = berbeda signifikan dengan kontrol normal

b = berbeda signifikan dengan kontrol DM

c = berbeda signifikan dengan Glibenklamid

d = berbeda signifikan dengan Pioglitazone



Gambar 1. Grafik kadar albuminuria setelah diinduksi STZ-NA

Pada T0, seluruh kelompok menunjukkan kadar albumin urin yang relatif rendah. Setelah induksi STZ-NA, kadar pada kelompok diabetes dan seluruh kelompok yang akan menerima pembanding maupun ekstrak meningkat pada T1 dan T2. Pola ini mendukung keberhasilan terbentuknya kondisi eksperimental yang ditandai peningkatan albumin urin,

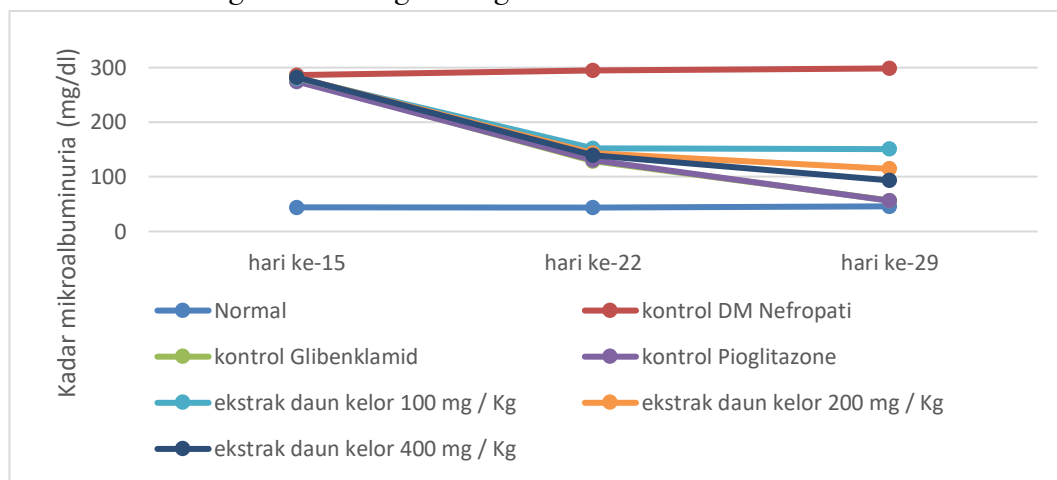
meskipun status nefropati sebaiknya dikonfirmasi bersama parameter lain dan tidak hanya berdasarkan satu biomarker.

Tabel 2. Kadar albumin urin selama pemberian sediaan uji

Kelompok	Kadar Mikroalbuminuria (Rata-rata $\pm$ SD)		
	Hari Ke-15 (T ₂)	Hari Ke-22 (T ₃)	Hari Ke-29 (T ₄)
Normal	44.19 $\pm$ 2.18	44.22 $\pm$ 2.09 ^{b,c,d}	46.02 $\pm$ 2.56 ^{b,c,d}
DM	286.35 $\pm$ 2.84	294.65 $\pm$ 2.22 ^{a,c,d}	298.46 $\pm$ 2.08 ^{a, a,c,d}
Glibenklamid	276.57 $\pm$ 2.68	128.45 $\pm$ 2.12 ^{a,b}	56.86 $\pm$ 1.95 ^{a,b}
Pioglitazone	274.54 $\pm$ 2.79	131.09 $\pm$ 2.01 ^{a,b}	56.32 $\pm$ 2.14 ^{a,b}
100mg/KgBB	280.51 $\pm$ 4.05	152.61 $\pm$ 4.36 ^{a,b,c,d}	150.77 $\pm$ 3.12 ^{a,b,c,d}
200 mg/KgBB	281.90 $\pm$ 5.73	143.50 $\pm$ 3.04 ^{a,b,c,d}	114.65 $\pm$ 2.62 ^{a,b,c,d}
400mg/KgBB	282.16 $\pm$ 4.93	139.67 $\pm$ 1.78 ^{a,b,c,d}	93.51 $\pm$ 2.08 ^{a,b,c,d}

Keterangan :

- a** = berbeda signifikan dengan kontrol normal
- b** = berbeda signifikan dengan kontrol DM
- c** = berbeda signifikan dengan Glibenklamid
- d** = berbeda signifikan dengan Pioglitazone



Gambar 2. Grafik hubungan antara kadar mikroalbuminuria dengan waktu perlakuan

Pada T₄, kelompok kontrol normal tetap menunjukkan nilai terendah. Kelompok diabetes mempertahankan kadar albumin urin tinggi (298,46 $\pm$ 2,08), sedangkan glibenklamid dan pioglitazone menunjukkan penurunan lebih besar dibandingkan kelompok ekstrak. Di antara kelompok ekstrak, rerata T₄ menurun dari 150,77 $\pm$ 3,12 pada dosis 100 mg/kgBB menjadi 114,65 $\pm$ 2,62 pada 200 mg/kgBB dan 93,51 $\pm$ 2,08 pada 400 mg/kgBB.

Kelompok pembanding glibenklamid dan pioglitazone menunjukkan penurunan albumin urin yang lebih besar dibandingkan kelompok ekstrak. Pada hari ke-29, nilai rerata masing-masing adalah 56,86 $\pm$ 1,95 dan 56,32 $\pm$ 2,14. Di antara dosis ekstrak, dosis 400 mg/kgBB memberikan nilai terendah. Temuan ini menunjukkan pola dosis-respons deskriptif, tetapi tidak dapat digunakan untuk menyatakan dosis optimum tanpa analisis statistik langsung antar dosis.

Analisis one-way ANOVA pada titik waktu yang dianalisis menunjukkan adanya perbedaan antarkelompok ($p < 0,05$), kemudian perbandingan pasangan dilakukan dengan Tukey. Pada hari ke-22 dan ke-29, kelompok glibenklamid, pioglitazone, dan ekstrak

menunjukkan perbedaan bermakna terhadap kelompok diabetes sesuai penanda statistik pada tabel. Karena data ringkasan yang tersedia tidak menyertakan seluruh output post-hoc, nilai pasangan dan confidence interval tidak direkonstruksi di luar data sumber.

Tabel 3. Persentase perubahan kadar albumin urin terhadap T2

Kelompok	Presentase penurunan kadar Mikroalbuminuria	
	Penurunan hari Ke 22	Penurunan hari ke 29
Normal	-45.34	-70.762712
DM	-26.80	-28.574787
Glibenklamid	48.64	84.1231288
Pioglitazone	46.13	63.5135
100mg/KgBB	37.62	38.504559
200 mg/KgBB	42.47	56.2767496
400mg/KgBB	45.23	67.6527737

Pada hari ke-22 dan ke-29 terjadi penurunan albumin urin pada kelompok glibenklamid, pioglitazone, serta kelompok ekstrak 100, 200, dan 400 mg/kgBB dibandingkan nilai T2. Persentase perubahan terbesar pada hari ke-29 terdapat pada glibenklamid, diikuti pioglitazone dan dosis 400 mg/kgBB. Nilai negatif pada kelompok normal dan diabetes menunjukkan bahwa kadar meningkat dibandingkan T2, bukan menunjukkan penurunan.

Pembahasan

Dosis ekstrak yang diuji adalah 100, 200, dan 400 mg/kgBB. Ketiga dosis menunjukkan penurunan albumin urin dibandingkan kelompok diabetes pada hari ke-22 dan ke-29. Secara deskriptif terdapat tren penurunan yang lebih besar dari 100 ke 200 dan 400 mg/kgBB. Namun, karena output statistik antar dosis tidak tersedia dalam dataset yang dapat diaudit, temuan ini lebih tepat disebut sebagai pola dosis-respons deskriptif, bukan bukti bahwa 400 mg/kgBB merupakan dosis optimum. Dosis 400 mg/kgBB hanya dapat dinyatakan sebagai dosis dengan penurunan terbesar di antara dosis ekstrak yang diuji.

STZ digunakan untuk merusak sel beta pankreas melalui mekanisme yang berkaitan dengan transportasi GLUT2, kerusakan DNA, aktivasi PARP, dan gangguan metabolisme sel. Nicotinamide diberikan untuk memberikan perlindungan parsial terhadap kerusakan sel beta sehingga model yang terbentuk lebih sesuai dengan model diabetes eksperimental tipe 2 dibandingkan STZ dosis tinggi tunggal [11], [12]. Karena penelitian ini tidak mengukur biomarker molekuler jalur tersebut, uraian mekanistik digunakan sebagai dasar model dan tidak dianggap sebagai mekanisme yang dibuktikan oleh penelitian ini.

Hiperglikemia kronis dapat meningkatkan pembentukan advanced glycation end products, stres oksidatif, aktivasi jalur protein kinase C, inflamasi, dan perubahan permeabilitas glomerulus yang pada akhirnya meningkatkan kebocoran albumin [2], [3]. Dalam konteks penelitian ini, penurunan albumin urin setelah pemberian ekstrak dapat konsisten dengan kemungkinan perbaikan lingkungan oksidatif dan metabolik, tetapi mekanisme tersebut tidak diukur secara langsung sehingga harus dipandang sebagai hipotesis biologis.

Albuminuria merupakan indikator penting keterlibatan ginjal pada diabetes. Pedoman KDIGO 2024 menekankan penggunaan pengukuran albumin urin dan, bila memungkinkan, ACR untuk evaluasi penyakit ginjal [1]. Karena penelitian ini menggunakan konsentrasi albumin urin dengan metode spektrofotometri dan bukan ACR, angka yang diperoleh tidak boleh langsung dipetakan ke kategori A1–A3 KDIGO tanpa data kreatinin urin atau

pengukuran ekskresi 24 jam. Koreksi ini penting agar interpretasi hasil tidak melampaui metode yang digunakan.

M. oleifera mengandung berbagai kelompok fitokimia, termasuk flavonoid dan senyawa fenolik yang telah dilaporkan memiliki aktivitas antioksidan dan antiinflamasi [4]–[7]. Studi pada model diabetes menunjukkan bahwa *M. oleifera* dapat memperbaiki parameter yang berkaitan dengan stres oksidatif dan kerusakan ginjal [8], sedangkan studi pada model nefropati diabetik menunjukkan efek renoprotektif melalui jalur yang melibatkan Nrf2/HO-1 dan GSK-3 β [9]. Temuan tersebut memberikan dasar biologis yang masuk akal untuk hasil penelitian ini, tetapi tidak membuktikan bahwa jalur tersebut bekerja pada penelitian sekarang karena biomarker molekuler tidak diukur.

Flavonoid dan polifenol *M. oleifera* berpotensi berkontribusi terhadap aktivitas antioksidan dan antiinflamasi. Beberapa penelitian eksperimental menunjukkan perbaikan biomarker oksidatif dan inflamasi pada jaringan ginjal setelah pemberian *M. oleifera* [8], [9]. Dengan demikian, penurunan albumin urin pada penelitian ini kemungkinan berkaitan dengan efek biologis tersebut, tetapi hubungan sebab-akibat pada tingkat molekuler belum dapat dipastikan.

Tanin juga dilaporkan memiliki aktivitas penangkap radikal bebas dan dapat berkontribusi pada kapasitas antioksidan tanaman. Sementara itu, saponin dan senyawa bioaktif lain pada *M. oleifera* dilaporkan memiliki aktivitas metabolik yang beragam [4], [7]. Namun, karena penelitian ini tidak melakukan kuantifikasi masing-masing senyawa, kontribusi spesifik flavonoid, tanin, atau saponin terhadap penurunan albumin urin tidak dapat dipisahkan.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa ekstrak daun *M. oleifera* memiliki potensi renoprotektif pada model eksperimental yang digunakan. Kekuatan penelitian terletak pada adanya beberapa dosis ekstrak dan dua pembanding obat. Keterbatasannya meliputi jumlah hewan yang kecil, tidak tersedianya data longitudinal individual untuk analisis repeated measures pada tahap revisi, serta belum lengkapnya dokumentasi etik, randomisasi, karakterisasi ekstrak, dan validasi pemeriksaan mikroalbuminuria. Penelitian selanjutnya perlu menggunakan desain longitudinal yang terencana, ukuran sampel yang memadai, analisis mixed-effects, karakterisasi fitokimia, ACR atau ekskresi albumin 24 jam, serta biomarker histologi dan molekuler.

4. Kesimpulan

Ekstrak etanol daun *Moringa oleifera* Lam. pada dosis 100, 200, dan 400 mg/kgBB menunjukkan penurunan kadar albumin urin pada tikus model diabetes/nefropati diabetik STZ-nikotinamid dibandingkan kelompok diabetes pada titik waktu setelah perlakuan. Dosis 400 mg/kgBB menunjukkan penurunan terbesar di antara dosis ekstrak yang diuji, tetapi efeknya masih lebih kecil dibandingkan glibenklamid dan pioglitazone. Temuan ini mendukung potensi renoprotektif ekstrak daun *M. oleifera* dalam model eksperimental, namun belum dapat disetarakan dengan efektivitas terapi klinis pada manusia. Konfirmasi melalui analisis longitudinal yang tepat, karakterisasi ekstrak, metode albuminuria yang tervalidasi, dan parameter histopatologi/molekuler diperlukan pada penelitian berikutnya.

Referensi

- [1] Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO) CKD Work Group, “KDIGO 2024 Clinical Practice Guideline for the Evaluation and Management of Chronic Kidney

- Disease,” *Kidney Int.*, vol. 105, no. 4S, pp. S117–S314, 2024, doi: 10.1016/j.kint.2023.10.018.
- [2] A. Thomas, R. A. Brown, and J. L. Cooper, “Diabetic kidney disease: mechanisms and therapeutic targets,” *Nat. Rev. Nephrol.*, 2024.
- [3] N. A. Purnamasari, N. Acang, and H. P. Wardani, “Pengaruh Diabetes Melitus Tipe 2 Tidak Terkontrol terhadap Komplikasi Nefropati Diabetik,” *Bandung Conf. Ser. Med. Sci.*, vol. 4, no. 1, pp. 495–501, 2024, doi: 10.29313/bcsms.v4i1.11035.
- [4] E. Camilleri and R. Blundell, “A comprehensive review of the phytochemicals, health benefits, pharmacological safety and medicinal prospects of *Moringa oleifera*,” *Heliyon*, vol. 10, no. 6, p. e27807, 2024, doi: 10.1016/j.heliyon.2024.e27807.
- [5] S. Divya et al., “Exploring the phytochemical, pharmacological and nutritional properties of *Moringa oleifera*: A comprehensive review,” *Nutrients*, vol. 16, no. 19, p. 3423, 2024, doi: 10.3390/nu16193423.
- [6] M. Klimek-Szczykutowicz et al., “*Moringa oleifera* (drumstick tree)—nutraceutical, cosmetological and medicinal importance: a review,” *Front. Pharmacol.*, vol. 15, p. 1288382, 2024, doi: 10.3389/fphar.2024.1288382.
- [7] A. Pareek, M. Pant, M. M. Gupta, P. Kashania, et al., “*Moringa oleifera*: An updated comprehensive review of its pharmacological activities, ethnomedicinal, phytopharmaceutical formulation, clinical, phytochemical, and toxicological aspects,” *Int. J. Mol. Sci.*, vol. 24, no. 3, p. 2098, 2023, doi: 10.3390/ijms24032098.
- [8] O. O. Akinyemi et al., “Assessment of the anti-hyperglycaemic, anti-inflammatory and antioxidant activities of the methanol extract of *Moringa oleifera* in diabetes-induced nephrotoxic male Wistar rats,” *J. Tradit. Complement. Med.*, 2018.
- [9] Y. Wen et al., “*Moringa oleifera* Lam. seed extract protects kidney function in rats with diabetic nephropathy by increasing GSK-3 β activity and activating the Nrf2/HO-1 pathway,” *Phytomedicine*, vol. 95, p. 153856, 2022, doi: 10.1016/j.phymed.2021.153856.
- [10] S. Ahmad et al., “*Moringa oleifera* impedes protein glycation and exerts reno-protective effects in streptozotocin-induced diabetic rats,” *J. Ethnopharmacol.*, vol. 305, p. 116117, 2023, doi: 10.1016/j.jep.2022.116117.
- [11] A. Ghasemi, S. Khalifi, and S. Jedi, “Streptozotocin-nicotinamide-induced rat model of type 2 diabetes,” *Acta Physiol. Hung.*, vol. 101, no. 4, pp. 408–420, 2014, doi: 10.1556/APhysiol.101.2014.4.2.
- [12] A. Ghasemi and S. Jeddi, “Streptozotocin as a tool for induction of rat models of diabetes: a practical guide,” *EXCLI J.*, vol. 22, pp. 274–294, 2023, doi: 10.17179/excli2022-5720.
- [13] N. Percie du Sert et al., “The ARRIVE guidelines 2.0: Updated guidelines for reporting animal research,” *PLoS Biol.*, vol. 18, no. 7, p. e3000410, 2020, doi: 10.1371/journal.pbio.3000410.
- [14] N. Percie du Sert et al., “Reporting animal research: Explanation and elaboration for the ARRIVE guidelines 2.0,” *PLoS Biol.*, vol. 18, no. 7, p. e3000411, 2020, doi: 10.1371/journal.pbio.3000411.
- [15] J. Hussein et al., “*Moringa oleifera* leaves extract loaded gold nanoparticles offers a promising approach in protecting against experimental nephrotoxicity,” *Prostaglandins Other Lipid Mediat.*, vol. 170, p. 106800, 2024, doi: 10.1016/j.prostaglandins.2023.106800.
- [16] D. K. Meles et al., “The effect of *Moringa oleifera* Lam leaf extract on the kidney and liver of rat exposed to lead acetate,” *J. Chem. Health Risks*, 2024.
- [17] U. F. Magaji et al., “Biochemical and histological effects of *Moringa oleifera* extract against valproate-induced kidney damage,” *J. Med. Food*, vol. 27, no. 6, pp. 533–544, 2024, doi: 10.1089/jmf.2023.0091.
- [18] S. E. Kamal et al., “Aktivitas antioksidan ekstrak etanol 70% daun kelor (*Moringa oleifera* Lam.) terhadap DPPH,” *Pro-Life*, vol. 8, no. 2, pp. 168–177, 2021.

- [19] F. N. Illahi et al., “Peran ekstrak etanolik daun kelor (*Moringa oleifera* Lam.) terhadap peningkatan ekspresi GLUT-2 pankreas tikus Wistar (*Rattus norvegicus*) jantan model sindrom metabolik terinduksi,” *Plexus Med. J.*, vol. 2, no. 5, pp. 217–224, 2023, doi: 10.20961/plexus.v2i5.877.
- [20] Z. Q. Aini, T. Wijayanti, and A. C. Puspitasari, “Analisis efektivitas kunyit hitam (*Curcuma caesia* Roxb.) dalam penurunan kadar mikroalbumin dan serum kreatinin pada tikus diabetes nefropati,” *J. Indones. Sehat*, vol. 3, no. 2, pp. 79–85, 2024, doi: 10.58353/jurinse.v3i2.214.
- [21] S. Djasang et al., “Faktor korelasi kejadian mikroalbuminuria pada penderita diabetes melitus tipe 2 di Klinik Pratama Kimia Farma Makassar,” *J. Media Analis Kesehatan*, vol. 14, no. 1, pp. 82–90, 2023, doi: 10.32382/mak.v14i1.3247.
- [22] A. U. Dewi and I. A. Wicaksono, “Review artikel: Tanaman herbal yang memiliki aktivitas penyembuhan luka,” *J. Farmaka*, vol. 18, no. 2, pp. 191–207, 2020, doi: 10.24198/farmaka.v18i2.27935.
- [23] D. Putu, “Aktivitas antioksidan ekstrak daun kelor (*Moringa oleifera* Lam.),” *J. Farm. Malahayati*, vol. 4, no. 1, pp. 31–43, 2021.
- [24] E. Elfiani, R. Halim, and M. H. Hakir, “Hubungan antara kadar TGF- β 1 dengan kadar albumin dalam urin pasien DM tipe-2 dengan nefropati diabetik,” *Jambi Med. J.*, vol. 7, no. 1, pp. 73–81, 2019, doi: 10.22437/jmj.v7i1.7070.
- [25] M. S. Mojani et al., “Evaluation of metabolic and immunological changes in streptozotocin-nicotinamide induced diabetic rats,” *Cell. Immunol.*, vol. 289, no. 1–2, pp. 145–149, 2014.