



Uji Efektivitas Ekstrak Umbi Bit (*Beta vulgaris*) Terhadap Kontrol Gula Darah dan Gambaran Histopatologi Pankreas Pada Tikus Diabetes Yang Diinduksi Aloksan

Lisa Charolin Br Brahmana, Evelyn Angie, Gilbert Lister

Universitas Prima Indonesia

Email: lisacharolin765@gmail.com, Evelyn.angie97@gmail.com, glisterasia@gmail.com

Abstrak:

Diabetes melitus adalah penyakit metabolik yang ditandai oleh peningkatan kadar gula darah akibat ketidakmampuan tubuh dalam memproses insulin. Penyakit ini dapat memengaruhi berbagai organ, termasuk mata, ginjal, jantung, dan sistem saraf. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas ekstrak etanol umbi bit (*Beta vulgaris*) terhadap penurunan kadar gula darah dan perbaikan gambaran histopatologi pankreas pada model tikus diabetes yang diinduksi aloksan. Metode penelitian menggunakan desain eksperimental murni dengan rancangan pretest-posttest control group design pada 24 ekor tikus Wistar jantan yang dibagi menjadi 6 kelompok: normal, kontrol negatif, kontrol positif (metformin 90 mg/kgBB), dan tiga kelompok perlakuan ekstrak umbi bit dengan dosis 22,5 mg/kgBB, 45 mg/kgBB, dan 90 mg/kgBB. Diabetes diinduksi menggunakan aloksan monohidrat 125 mg/kgBB secara intraperitoneal, dan kadar glukosa darah dimonitor pada hari ke-0, 3, 6, 9, 12, dan 14. Hasil menunjukkan perbedaan signifikan antara hari-0 dan hari-14 ($P < 0,05$), tetapi tidak ada perbedaan signifikan antara kelompok kontrol positif dan semua kelompok perlakuan ($P > 0,05$). Histopatologi menunjukkan ekstrak umbi bit dan metformin tidak memberikan perbedaan signifikan pada pankreas. Ekstrak umbi bit efektif sebagai antidiabetes dalam menurunkan kadar gula darah pada tikus yang diinduksi aloksan. Penelitian ini membuktikan bahwa ekstrak umbi bit memiliki potensi sebagai agen antidiabetes alami yang dapat dijadikan alternatif terapi komplementer dalam manajemen diabetes melitus, dengan efektivitas yang sebanding dengan metformin sebagai obat standar.

Kata kunci: Diabetes melitus, Ekstrak Umbi bit, Histopatologi

Abstract:

*Diabetes mellitus is a metabolic disease characterized by elevated blood sugar levels due to the body's inability to process insulin. This disease can affect various organs, including the eyes, kidneys, heart, and nervous system. This study aims to evaluate the effectiveness of beetroot (*Beta vulgaris*) tuber ethanol extract on reducing blood sugar levels and improving pancreatic histopathological features in an alloxan-induced diabetic rat model. The research method used a true experimental design with a pretest-posttest control group design on 24 male Wistar rats divided into 6 groups: normal, negative control, positive control (metformin 90 mg/kg BW), and three treatment groups receiving beetroot tuber extract at doses of 22.5 mg/kg BW, 45 mg/kg BW, and 90 mg/kg BW. Diabetes was induced using 125 mg/kg BW alloxan monohydrate intraperitoneally, and blood glucose levels were monitored on days 0, 3, 6, 9, 12, and 14. The results showed a significant difference between day 0 and day 14 ($P < 0.05$), but no significant difference was found between the positive control group and all treatment groups ($P > 0.05$). Histopathological examination showed that beetroot extract and metformin did not cause significant differences in the pancreas. Beetroot extract was effective as an antidiabetic agent in lowering blood sugar levels in alloxan-induced rats. This study proves that beetroot extract has potential as a natural antidiabetic agent that can be used as an alternative complementary therapy in the management of diabetes mellitus, with effectiveness comparable to metformin as a standard drug.*

Keywords: Diabetes mellitus, Beetroot Extract, Histopathology

Corresponding: Lisa Charolin Br Brahmana

E-mail: lisacharolin765@gmail.com



PENDAHULUAN

Diabetes melitus adalah gangguan metabolik kompleks yang berkaitan dengan kadar glukosa darah melewati batas rata-rata dan berlangsung dalam jangka panjang (Nuraini & Rahmawati, 2025; Suryati, 2021). Diabetes melitus terjadi akibat kelebihan sekresi insulin di pankreas yang mengakibatkan tubuh tidak dapat mengolah dan mengatur glukosa dalam darah. (Ojo et al., 2023). Hormon insulin terdiri dari hormon polipeptida yang disekresi dari sel beta pankreas di pulau Langerhans sehingga berfungsi mengontrol kadar glukosa darah dan mengelola glukosa sebagai sumber energi. (Ojo et al., 2023).

Diabetes melitus (DM) adalah keadaan glukosa meningkat secara kronik diikuti dengan adanya disfungsi proses metabolisme lemak, protein, dan karbohidrat dalam tubuh (Dewi et al., 2021; Simatupang & Kristina, 2023). Hiperglikemia dan disfungsi metabolisme mempengaruhi fungsi dan kerja normal organ dalam tubuh sehingga menimbulkan berbagai masalah jangka panjang khususnya organ mata, ginjal, jantung, dan sistem saraf. (Banday et al., 2020).

Pada tahun 2021 menunjukkan peningkatan prevalensi pada usia, karena usia adalah penentu utama risiko diabetes (Lariwu et al., 2024; Maspupah et al., 2022). Prevalensi terendah tahun 2021 di antara orang dewasa berusia 20-24 tahun (2,2%). Pada tahun 2021, prevalensi diabetes tertinggi yang diperkirakan terjadi pada orang berusia 75-79 tahun dengan 24,0%. Untuk tahun 2045, diperkirakan akan terjadi peningkatan 24,7% pada anak-anak. Namun, prevalensi kejadian diabetes pada wanita berusia 20-79 tahun sedikit lebih rendah dibandingkan pria (10,2% dibandingkan dengan 10,8%). Pada tahun 2021, jumlah pria yang menderita diabetes lebih tinggi sebesar 17,7 juta dibandingkan dengan wanita. Di dunia, 10 negara dengan presentasi tertinggi penderita diabetes termasuk negara China, India, Pakistan, Amerika Serikat, Indonesia, Brazil, Mexico, Bangladesh, Japan, dan Egypt.

Negara Indonesia menjadi negara ke-5 tertinggi kasus diabetes melitus pada orang dewasa usia 20-79 tahun 2021-2045 (Ariantini et al., n.d.). Di negara Indonesia pencegahan dan pengendalian diabetes merupakan program penting dalam rancangan pembangunan jangka menengah negara tahun 2020-2045. Tujuan akhir penatalaksanaan program ini adalah menurunkan morbiditas dan mortalitas di Indonesia. (Wahidin et al., 2024).

Diperkirakan bahwa frekuensi kejadian diabetes di Indonesia akan bertambah dari 9,19% pada tahun 2020 (18,69 juta kasus) beralih meningkat 16,09% pada tahun 2045 (40,7 juta kasus). Namun, jika program intervensi dan pencegahan faktor risiko dilakukan, prevalensi akan turun menjadi 15,68% (39,6%) dan menjadi 9,22% (23,2 juta kasus). (Wahidin et al., 2024).

Zaman sekarang telah banyak ditemukan obat-obat modern yang digunakan diseluruh dunia untuk mengendalikan kadar glukosa darah, akan tetapi penggunaan obat-obat modern kurang diminati di masyarakat karena dari segi biaya yang mahal dan memiliki konsekuensi negatif yang banyak bagi masyarakat sehingga mereka lebih memilih pengobatan herbal dari ekstrak tanaman yang dianggap terjangkau, efektif dan relatif sedikit efek sampingnya. Penggunaan pengobatan herbal sebagai pengobatan alternatif banyak ditemukan di negara berkembang karena dapat diterima secara budaya dan lebih berkhasiat ke tubuh manusia. (Tran

et al., 2020). Ekstrak tanaman yang memiliki kandungan dan senyawa yang berkhasiat dalam menekan kadar gula darah salah satunya ialah umbi bit (*Beta vulgaris*). (Mirmiran et al., 2020).

Tanaman seperti umbi bit (*Beta vulgaris*) merupakan tanaman golongan *Chenopodiaceae*. Tanaman ini berasal dari negara Eropa dan Afrika utara (Liliana & Oana-Viorela, 2020), dimana tumbuhan ini dibudidayakan pada suhu 10-20 °c. (Baião et al., 2020). Tumbuhan umbi bit ini tumbuh pada tanah yang organik dengan pH 5,5-6,2. Tumbuhan ini memiliki akar utama yang mencapai 60 cm di bawah tanah. Tumbuhan ini juga memiliki bagian umbi berwarna merah keunguan, berbentuk bulat yang tumbuh ke permukaan tanah dengan daun yang memanjang di sekitar batang umbi bit. (Baião et al., 2020). Umbi bit sangat digemari di masyarakat karena rasanya yang manis dan kandungannya yang baik untuk kesehatan. (Liliana & Oana-Viorela, 2020).

Umbi bit mempunyai kandungan serat makanan berupa mineral, kalium, natrium, vitamin, dan zat besi yang banyak bermanfaat bagi tubuh. Selain itu tumbuhan ini memiliki kandungan fitokimia aktif berupa betalain, fenolik, dan saponin. (Baião et al., 2020). Kandungan betalain pada umbi bit dilaporkan memiliki efek sebagai antioksidan, anti inflamasi, anti-diabetes, dan anti mikroba. (Liliana & Oana-Viorela, 2020). Kandungan fenolik pada umbi bit dilaporkan memiliki efek dalam aktivitas antioksidan, anti-diabetes, dan perlindungan terhadap patogen. (Liliana & Oana-Viorela, 2020). Kandungan saponin pada umbi bit dilaporkan memiliki efek hipoglikemik sehingga mampu menurunkan kadar glukosa darah. (Baião et al., 2020). Oleh sebabnya, peneliti tertarik untuk melakukan studi in-vivo hiperglikemia pada tikus putih jantan (*Rattus norvegicus*) untuk membuktikan efek pemberian ekstrak umbi bit (*Beta vulgaris*).

Permasalahan penelitian yang dihadapi adalah tingginya prevalensi diabetes melitus di Indonesia yang diproyeksikan terus meningkat, sementara pengobatan konvensional memiliki keterbatasan dari segi biaya dan efek samping. Meskipun telah banyak penelitian tentang tanaman herbal sebagai antidiabetes, penelitian khusus tentang efektivitas ekstrak umbi bit terhadap kontrol gula darah dan perbaikan histopatologi pankreas masih terbatas di Indonesia.

Urgensi penelitian ini didorong oleh beberapa faktor penting: pertama, meningkatnya prevalensi diabetes melitus di Indonesia yang mencapai posisi ke-5 dunia; kedua, tingginya biaya pengobatan diabetes konvensional yang memberatkan masyarakat; ketiga, adanya efek samping dari obat-obat sintesis yang memerlukan alternatif terapi yang lebih aman; dan keempat, potensi besar sumber daya alam Indonesia khususnya umbi bit yang belum dieksplorasi secara optimal sebagai agen antidiabetes.

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa berbagai tanaman herbal memiliki potensi sebagai agen antidiabetes, namun penelitian spesifik tentang umbi bit masih terbatas. Studi oleh Mirmiran et al. (2020) menunjukkan potensi umbi bit dalam manajemen penyakit kardio-metabolik, sementara penelitian Baião et al. (2020) mengidentifikasi kandungan fitokimia aktif dalam umbi bit. Namun, penelitian yang mengkombinasikan evaluasi kadar glukosa darah dan analisis histopatologi pankreas pada model hewan diabetes masih jarang dilakukan.

Kesenjangan penelitian yang teridentifikasi meliputi: (1) terbatasnya data mengenai dosis optimal ekstrak umbi bit untuk efek antidiabetes; (2) kurangnya penelitian yang mengevaluasi secara bersamaan efek terhadap kadar glukosa darah dan perbaikan histopatologi pankreas; (3) minimnya studi komparatif antara ekstrak umbi bit dengan obat standar seperti

metformin; dan (4) belum adanya penelitian yang mengevaluasi mekanisme kerja ekstrak umbi bit dalam memperbaiki fungsi sel β -pankreas.

Kebaruan penelitian ini terletak pada pendekatan komprehensif yang mengevaluasi secara simultan efektivitas ekstrak umbi bit terhadap penurunan kadar glukosa darah dan perbaikan gambaran histopatologi pankreas dengan menggunakan tiga variasi dosis yang berbeda. Penelitian ini juga merupakan yang pertama membandingkan efektivitas ekstrak umbi bit dengan metformin sebagai gold standard terapi diabetes dalam konteks perbaikan struktur pankreas.

Studi ini bertujuan untuk membuktikan efektivitas ekstrak etanol umbi bit dalam mengurangi kadar glukosa darah pada tikus putih jantan yang diinduksi aloksan. Tujuan khususnya adalah untuk mengenali temuan histopatologi pankreas tikus diabetes setelah pemberian ekstrak umbi bit, mengetahui kandungan umbi bit yang paling berkhasiat, serta membandingkan efektivitas ekstrak umbi bit dengan metformin sebagai pengobatan anti diabetes. Manfaat penelitian ini antara lain memberikan informasi ilmiah tentang potensi ekstrak umbi bit untuk mengurangi kadar gula darah, membantu program pemerintah dalam penanggulangan diabetes di Indonesia, serta menambah referensi bagi penelitian selanjutnya.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan true experiment dengan rancangan pretest-posttest control group design menggunakan 24 ekor tikus putih jantan (*Rattus norvegicus*) berusia 2–3 bulan dan berbobot ± 200 gram. Hewan coba dibagi ke dalam enam kelompok (normal, kontrol positif, kontrol negatif, serta tiga kelompok perlakuan dengan variasi dosis ekstrak umbi bit 22,5 mg; 45 mg; dan 90 mg/200grBB). Induksi diabetes dilakukan dengan aloksan monohidrat (125 mg/KgBB, intraperitoneal), kemudian diberikan perlakuan sesuai kelompok. Kadar glukosa darah diukur dengan glukometer pada hari ke-0, 3, 6, 9, 12, dan 14. Selanjutnya, pankreas diperiksa secara histopatologi untuk menilai kerusakan sel pulau Langerhans. Eksperimen dilakukan di Laboratorium Cendikia pada Maret–April 2025, menggunakan alat laboratorium standar (sput, timbangan, glukometer, mikroskop, rotary evaporator, dsb.) serta bahan seperti aloksan, metformin, etanol 96%, dan pereaksi histologi. Analisis data menggunakan uji normalitas (Shapiro-Wilk), homogenitas (Levene), ANOVA satu arah, serta uji Post Hoc atau Kruskal-Wallis bila data tidak normal.

HASIL DAN PEMBAHASAN

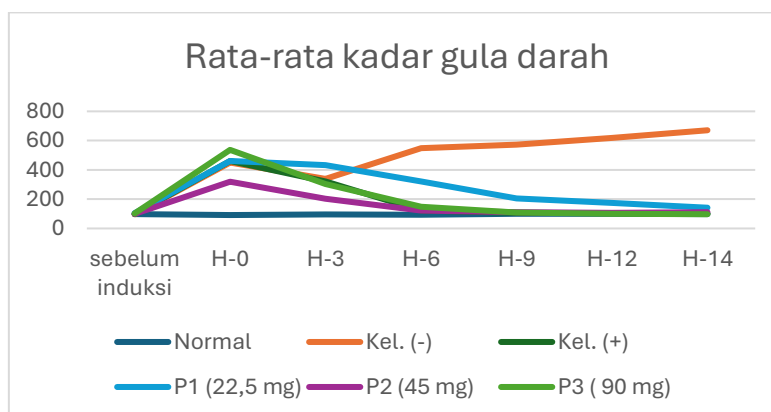
Hasil pengamatan kadar gula darah tikus

Penelitian uji anti-diabetes ekstrak umbi bit menggunakan hewan coba tikus Wistar (*Rattus norvegicus*) secara *in vivo* dari bulan Maret 2025 s/d April 2025. Berikut adalah hasil pemantauan kadar glukosa darah pada tikus sebelum induksi, hari ke-0, 3, 6, 9, 12, dan 14. Berdasarkan hasil pengamatan kadar gula darah tikus, dilakukan uji tes normalitas *Shapiro-Wilk*, uji homogenitas *Levene statistic*, uji non parametrik, dan uji *Post-Hoc Kruskal-wallis test*.

Tabel 1. Hasil rata-rata kadar gula darah pada tikus putih

Variabel	Rata-rata ± SD kadar glukosa darah tikus (mg/dL)						
	Sebelum Induksi	H-0	H-3	H-6	H-9	H-12	H-14
NORMAL	98.00 ± 7.04	91.67 ± 8.64	96.33 ± 5.39	93.00 ± 9.35	100.33 ± 3.07	99.67 ± 1.63	98.17 ± 5.74
K (-)	97.00 ± 8.64	449.17 ± 156.86	339.50 ± 219.09	548.67 ± 90.35	572.33 ± 82.81	618.33 ± 48.24	670.83 ± 13.77
K(+)	98.17 ± 5.74	460.67 ± 42.96	321.83 ± 66.72	123.17 ± 28.89	106.67 ± 4.17	104.50 ± 6.05	102.33 ± 7.76
P1 (22,5mg/kgbb)	104.50 ± 6.05	461.00 ± 160.61	433.33 ± 153.01	320.33 ± 123.21	205.00 ± 59.63	175.17 ± 34.22	141.67 ± 22.53
P2 (45 mg/kgbb)	99.67 ± 1.63	319.33 ± 71.99	202.67 ± 72.52	122.00 ± 21.62	110.17 ± 8.93	107.17 ± 9.17	110.17 ± 8.93
P3 (90 mg/kgbb)	103.00 ± 8.87	536.83 ± 16.81	303.67 ± 76.16	149.33 ± 42.08	109.17 ± 7.83	100.17 ± 1.60	97.33 ± 3,77

Hasil eksperimen menunjukkan bahwa rata-rata kadar gula dalam darah *Rattus novergicus* sebelum diberikan perlakuan berada dalam kisaran normal (<126 mg/dL). Dari data di atas dapat dilihat bahwa kadar gula dalam darah pada semua kelompok meningkat setelah diberikan induksi aloksan, yaitu pada kelompok H-0. Hal ini merupakan efek aloksan yang dapat merusak sel beta pankreas dan menyebabkan DM yang bergantung pada insulin. (Rochmawati & Ardiansyah, 2018). Hasil penilaian kadar gula dalam darah pada kelompok perlakuan yang menerima ekstrak umbi bit hari ke-3 sampai hari ke-14 pada perlakuan 3 (Ekstrak *beta vulgaris* 90 mg/kgBB) menunjukkan pengurangan kadar gula darah terbesar rata-rata sebesar 303,67 ± 76,16 mg/dL (hari ke 3) dan 149,33 ± 42,08 mg/dL (hari ke 6). Sedangkan perlakuan 2 (Ekstrak *beta vulgaris* 45 mg/kgBB) menunjukkan pengaruh dengan pengurangan kadar gula darah terendah yaitu 202,67 ± 72,52 (hari ke 3) dan 122,00 ± 21,62 (hari ke 6). Berdasarkan hasil penelitian, perlakuan yang mempunyai kemampuan yang relatif sama dengan kontrol positif (Metformin 9 mg/kgBB) adalah perlakuan 3.



Gambar 1. Grafik rata-rata KGD pada tikus putih

Uji Efektivitas Ekstrak Umbi Bit (*Beta vulgaris*) Terhadap Kontrol Gula Darah dan Gambaran Histopatologi Pankreas Pada Tikus Diabetes Yang Diinduksi Aloksan

Tabel 2. Rerata perbedaan kadar gula darah sebelum dan sesudah perlakuan

Kelompok	Rerata kadar gula darah sebelum dan sesudah perlakuan (mg/dl)	
	Sebelum perlakuan	Sesudah perlakuan
Normal	91,6	98,1
	449,1	670,8
Kontrol (-)	460,6	102,3
	461,0	141,6
Perlakuan 1	319,3	110,1
	563,8	97,3
Perlakuan 2		
Perlakuan 3		

Uji normalitas

Uji normalitas dilakukan menggunakan uji Shapiro-Wilk pada tingkat gula darah pada setiap kelompok tikus putih jantan (*Rattus novergicus*) karena jumlah sampel yang digunakan dalam studi ini kurang dari 50 sampel.

Tabel 3. Hasil uji normalitas

KELOMPOK	Nilai P-value						
	Sebelum Induksi	H-0	H-3	H-6	H-9	H-12	H-14
NORMAL	0.670	0.123	0.045	0.410	0.248	0.505	0.067
K (-)	0.519	0.155	0.913	0.560	0.738	0.418	0.785
K(+)	0.067	0.762	0.375	0.041	0.092	0.146	0.770
P1 (22,5mg/kgbb)	0.146	0.009	0.189	0.253	0.325	0.060	0.944
P2 (45 mg/kgbb)	0.505	0.122	0.013	0.227	0.441	0.267	0.441
P3 (90 mg/kgbb)	0.256	0.556	0.018	0.106	0.525	0.425	0.025

Dari hasil uji *Shapiro-wilk* ditemukan kelompok yang tidak terdistribusi normal yaitu kelompok P1 hari-0, P2 hari-3, P3 hari-3, K(+) hari-6, dan P3 hari-14 dengan nilai $P < 0.05$ yang berarti total kadar gula darah pada tikus putih tidak terdistribusi normal.

Uji homogenitas

Tabel 4. Hasil uji homogenitas

KELOMPOK	Nilai P-value (Based on mean)						
	Sebelum Induksi	H-0	H-3	H-6	H-9	H-12	H-14
Nilai P-value	0.046	0.019	0.002	0.011	0.001	0.001	0.012

Dari hasil uji homogenitas *Levene statistic* total kadar gula darah kelompok sebelum induksi sampai hari ke-14 dengan nilai $P < 0.05$ yang berarti varian data tidak homogen (uji

homogenitas tidak terpenuhi). Selanjutnya, dilakukan uji non parametrik *Kruskal-Wallis*. Uji ini dilakukan karena total data kadar gula darah tidak terdistribusi normal dan tidak homogen.

Uji Non Parametrik *Kruskal-Wallis*

Tabel 5. Hasil uji non-parametrik kruskal-wallis

Kelompok	Nilai Sig						
	Sebelum Induksi	H-0	H-3	H-6	H-9	H-12	H-14
Asymp. Sig	0.416	0.001	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001

Dari hasil uji Non Parametrik *Kruskal-Wallis* yang ditemukan pada kadar gula dalam darah tikus putih jantan antara kelompok sesudah induksi dan diberikan perlakuan memperoleh nilai *P-value* (Asymp. Sig <0.05) artinya ditemukan perbedaan signifikan median diantara kelompok. Sementara kelompok sebelum induksi memperoleh nilai *P-value* (Asymp. Sig >0.05) artinya tidak ada perbedaan yang signifikan diantara kelompok perlakuan.

Uji Post-Hoc

Tabel 6. Hasil uji pos hoc hari ke-0

Nilai Adj. Sig Hari Ke-0	
Normal – Kontrol (-)	Tidak berbeda
Normal – Kontrol (+)	Tidak berbeda
Normal – Perlakuan 1	Berbeda signifikan
Normal – Perlakuan 2	Tidak berbeda
Normal – Perlakuan 3	Berbeda signifikan
Kontrol (-) – Perlakuan 1	Tidak berbeda
Kontrol (-) – Perlakuan 3	Tidak berbeda
Kontrol (+) – Kontrol (-)	Tidak berbeda
Kontrol (+) – Perlakuan 1	Tidak berbeda
Kontrol (+) – Perlakuan 3	Tidak berbeda
Perlakuan 1 – Perlakuan 3	Tidak berbeda
Perlakuan 2 – Kontrol (-)	Tidak berbeda
Perlakuan 2 – Kontrol (+)	Tidak berbeda
Perlakuan 2 – Perlakuan 1	Tidak berbeda
Perlakuan 2 – Perlakuan 3	Berbeda signifikan

Berdasarkan uji *post hoc* *Kruskal-Wallis* dengan koreksi Bonferroni, diperoleh bahwa terdapat variasi median yang signifikan pada beberapa kelompok yaitu, antara kelompok normal-perlakuan 1 ($P=0.017$), normal-perlakuan 3 ($P=0.000$), dan perlakuan 2-perlakuan 3 ($P=0.025$). Sementara itu, pasangan kelompok lainnya tidak menampakkan variasi median yang signifikan ($P>0.05$).

Tabel 7. Hasil uji pos hoc hari ke-3

Nilai Adj. Sig Hari Ke-3	
Normal – Kontrol (-)	Tidak berbeda
Normal – Kontrol (+)	Tidak berbeda
Normal – Perlakuan 1	Berbeda signifikan
Normal – Perlakuan 2	Tidak berbeda

Uji Efektivitas Ekstrak Umbi Bit (*Beta vulgaris*) Terhadap Kontrol Gula Darah dan Gambaran Histopatologi Pankreas Pada Tikus Diabetes Yang Diinduksi Aloksan

Nilai Adj. Sig Hari Ke-3	
Normal – Perlakuan 3	Tidak berbeda
Kontrol (-) – Kontrol (+)	Tidak berbeda
Kontrol (-) – Perlakuan 1	Tidak berbeda
Kontrol (+) – Perlakuan 1	Tidak berbeda
Perlakuan 2 – Kontrol (-)	Tidak berbeda
Perlakuan 2 – Kontrol (+)	Tidak berbeda
Perlakuan 2 – Perlakuan 1	Tidak berbeda
Perlakuan 2 – Perlakuan 3	Tidak berbeda
Perlakuan 3 – Kontrol (-)	Tidak berbeda
Perlakuan 3 – Kontrol (+)	Tidak berbeda
Perlakuan 3 – Perlakuan 1	Tidak berbeda

Berdasarkan uji *post hoc* Kruskal-Wallis dengan koreksi Bonferroni, diperoleh bahwa terdapat perbedaan median yang signifikan pada kelompok normal-perlakuan 1 ($P=0.001$). Sementara itu, pasangan kelompok lainnya tidak menunjukkan perbedaan median yang signifikan ($P>0.05$).

Tabel 8. Hasil uji pos hoc hari ke-6

Nilai Adj. Sig Hari Ke-6	
Normal – Kontrol (-)	Berbeda signifikan
Normal – Kontrol (+)	Tidak berbeda
Normal – Perlakuan 1	Berbeda signifikan
Normal – Perlakuan 2	Tidak berbeda
Normal – Perlakuan 3	idak berbeda
Kontrol (+) – Kontrol (-)	Berbeda signifikan
Kontrol (+) – Perlakuan 1	Tidak berbeda
Kontrol (+) – Perlakuan 2	Tidak berbeda
Kontrol (+) – Perlakuan 3	Tidak berbeda
Perlakuan 1 – Kontrol (-)	Tidak berbeda
Perlakuan 2 – Kontrol (-)	Berbeda signifikan
Perlakuan 2 – Perlakuan 1	Tidak berbeda
Perlakuan 2 – Perlakuan 3	Tidak berbeda
Perlakuan 3 – Perlakuan (-)	Tidak berbeda
Perlakuan 3 – Perlakuan 1	Tidak berbeda

Berdasarkan uji *post hoc* Kruskal-Wallis dengan koreksi Bonferroni, diperoleh bahwa terdapat perbedaan median yang signifikan pada beberapa kelompok yaitu, antara kelompok normal-kontrol (-) ($P=0.000$), normal-perlakuan 1 ($P=0.014$), kontrol (+)-kontrol (-) ($P=0.035$), dan perlakuan 2-kontrol (-) ($P=0.046$). Sementara itu, pasangan kelompok lainnya tidak menunjukkan perbedaan median yang signifikan ($P>0.05$).

Tabel 9. Hasil uji pos hoc hari ke-9

Nilai Adj. Sig Hari Ke-9	
Normal – Kontrol (-)	Berbeda signifikan
Normal – Kontrol (+)	Tidak berbeda
Normal – Perlakuan 1	Berbeda signifikan

Uji Efektivitas Ekstrak Umbi Bit (*Beta vulgaris*) Terhadap Kontrol Gula Darah dan Gambaran Histopatologi Pankreas Pada Tikus Diabetes Yang Diinduksi Aloksan

Nilai Adj. Sig Hari Ke-9	
Normal – Perlakuan 2	Tidak berbeda
Normal – Perlakuan 3	Tidak berbeda
Kontrol (+) – Kontrol (-)	Berbeda signifikan
Kontrol (+) – Perlakuan 1	Tidak berbeda
Kontrol (+) – Perlakuan 2	Tidak berbeda
Kontrol (+) – Perlakuan 3	Tidak berbeda
Perlakuan 1 – Kontrol (-)	Tidak berbeda
Perlakuan 2 – Kontrol (-)	Tidak berbeda
Perlakuan 2 – Perlakuan 1	Tidak berbeda
Perlakuan 3 – Kontrol (-)	Tidak berbeda
Perlakuan 3 – Perlakuan 1	Tidak berbeda
Perlakuan 3 – Perlakuan 2	Tidak berbeda

Berdasarkan uji *post hoc* Kruskal-Wallis dengan koreksi Bonferroni, diperoleh bahwa terdapat perbedaan median yang signifikan pada beberapa kelompok yaitu, antara kelompok normal-kontrol (-) ($P=0.000$), normal-perlakuan 1 ($P=0.024$), dan kontrol (+)-kontrol (-) ($P=0.035$). Sementara itu, pasangan kelompok lainnya tidak menunjukkan perbedaan median yang signifikan ($P>0.05$).

Tabel 1. Hasil uji pos hoc hari ke-12

Nilai Adj. Sig Hari Ke-12	
Normal – Kontrol (-)	Berbeda signifikan
Normal – Kontrol (+)	Tidak berbeda
Normal – Perlakuan 1	Berbeda signifikan
Normal – Perlakuan 2	Tidak berbeda
Normal – Perlakuan 3	Tidak berbeda
Kontrol (+) – Kontrol (-)	Berbeda signifikan
Kontrol (+) – Perlakuan 1	Tidak berbeda
Kontrol (+) – Perlakuan 2	Tidak berbeda
Perlakuan 1 – Kontrol (-)	Tidak berbeda
Perlakuan 2 – Kontrol (-)	Berbeda signifikan
Perlakuan 2 – Perlakuan 1	Tidak berbeda
Perlakuan 3 – Kontrol (-)	Berbeda signifikan
Perlakuan 3 – Kontrol (+)	Tidak berbeda
Perlakuan 3 – Perlakuan 1	Tidak berbeda
Perlakuan 3 – Perlakuan 2	Tidak berbeda

Berdasarkan uji *post hoc* Kruskal-Wallis dengan koreksi Bonferroni, diperoleh bahwa terdapat perbedaan median yang signifikan pada beberapa kelompok yaitu, antara kelompok normal-kontrol (-) ($P=0.001$), normal-perlakuan 1 ($P=0.042$), kontrol (+)-kontrol (-) ($P=0.044$), perlakuan 2-kontrol (-) ($P=0.044$) perlakuan 3-kontrol (-) ($P=0.002$). Sementara itu, pasangan kelompok lainnya tidak menunjukkan perbedaan median yang signifikan ($P>0.05$).

Tabel 2 Hasil uji pos hoc hari ke-14

Nilai Adj. Sig Hari Ke-14	
Normal – Kontrol (-)	Berbeda signifikan
Normal – Kontrol (+)	Tidak berbeda
Normal – Perlakuan 1	Tidak berbeda

Uji Efektivitas Ekstrak Umbi Bit (*Beta vulgaris*) Terhadap Kontrol Gula Darah dan Gambaran Histopatologi Pankreas Pada Tikus Diabetes Yang Diinduksi Aloksan

Nilai Adj. Sig Hari Ke-14	
Normal – Perlakuan 2	Tidak berbeda
Kontrol (+) – Kontrol (-)	Berbeda signifikan
Kontrol (+) – Perlakuan 1	Tidak berbeda
Kontrol (+) – Perlakuan 2	Tidak berbeda
Perlakuan 1 – Kontrol (-)	Tidak berbeda
Perlakuan 2 – Kontrol (-)	Tidak berbeda
Perlakuan 2 – Perlakuan 1	Tidak berbeda
Perlakuan 3 – Normal	Tidak berbeda
Perlakuan 3 – Kontrol (-)	Berbeda signifikan
Perlakuan 3 – Kontrol (+)	Tidak berbeda
Perlakuan 3 – Perlakuan 1	Berbeda signifikan
Perlakuan 3 – Perlakuan 2	Tidak berbeda

Berdasarkan uji *post hoc* Kruskal-Wallis dengan koreksi Bonferroni, diperoleh bahwa terdapat perbedaan median yang signifikan pada beberapa kelompok yaitu, antara perlakuan 3-perlakuan 1 ($P=0.001$), perlakuan 3-kontrol (-) ($P=0.000$), kontrol (+)-kontrol (-) ($P=0.018$), dan normal-kontrol (-) ($P=0.002$). Sementara itu, pasangan kelompok lainnya tidak menunjukkan perbedaan median yang signifikan ($P>0.05$).

Hasil pengamatan histopatologi organ pankreas tikus

Metode yang digunakan untuk memeriksa kondisi histopatologi pankreas pada hewan uji adalah pewarnaan *Hematoxilyn* dapat memberikan pewarnaan biru (basofilik) pada inti sel, serta *Eosin* dapat memberikan pewarnaan merah muda pada sitoplasma sel dan jaringan penyambung. HE (*Hematoxilyn-Eosin*) merupakan zat warna yang banyak dipakai dalam pewarnaan histoteknik. Pengamatan terhadap temuan histopatologi pankreas bertujuan untuk melihat efektivitas ekstrak umbi bit dalam perbaikan pankreas setelah dilakukan induksi dengan menggunakan aloksan. Pengamatan histopatologi pankreas dapat terlihat dari batas sel, jumlah sel, dan bentuk sel dari organ pankreas. Berikut ini tabel hasil pengamatan histopatologi organ pankreas.

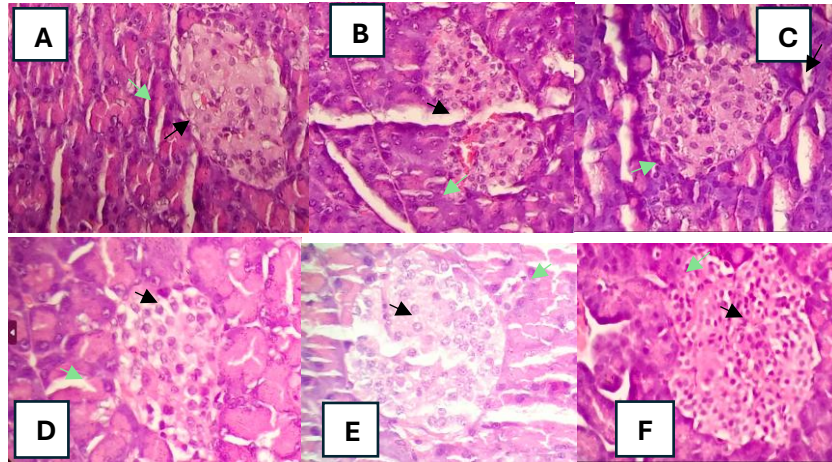
Tabel 12. Hasil skor kerusakan pankreas tikus diabetes

Kelompok	Rerata skor kerusakan pankreas
	H-14
Normal	0
Kontrol (-)	3
Kontrol (+)	2
P1 (22,5 mg/dL)	2
P2 (45 mg/dL)	2
P3 (90 mg/dL)	2

Menurut hasil analisis skor histopatologi organ pankreas pada hari ke-14, setelah tikus di induksi aloksan terdapat banyak sel yang mengalami degenerasi. Pada kelompok (-) menunjukkan hasil histopatologi skor 3 yaitu sel mengalami nekrotik dengan bentuk sel yang tidak normal. Namun pada kelompok perlakuan 1, 2, 3 dan kelompok kontrol (+) menunjukkan hasil histopatologi skor 2 yaitu sel mengalami degenerasi dan bentuk selnya sebagian ada yang tidak normal. Sehingga ketika kelompok perlakuan 1, 2, dan 3 dibandingkan dengan kelompok kontrol (+) tidak tampak adanya perbedaan yang khas pada gambaran histopatologi pankreas

Uji Efektivitas Ekstrak Umbi Bit (*Beta vulgaris*) Terhadap Kontrol Gula Darah dan Gambaran Histopatologi Pankreas Pada Tikus Diabetes Yang Diinduksi Aloksan

tikus putih jantan. Pemberian ekstrak umbi bit tidak memberikan gambaran yang lebih baik terhadap temuan histopatologi organ pankreas tikus putih jantan (*Rattus novergicus*) yang diinduksi aloksan dibandingkan pemberian obat antidiabetes seperti metformin. Berikut adalah temuan histopatologi organ pankreas tikus putih.



Gambar 2. Hasil analisis histopatologi organ pankreas tikus dengan pewarnaan HE dengan pembesaran 400 X

A) Normal, B) Kontrol Negatif, C) Kontrol Positif, D) Perlakuan 1 (22,5 mg/grBB), E) Perlakuan 2 (45 mg/grBB), F) Perlakuan 3 (90 mg/grBB).

Keterangan: Panah hitam = Pulau Langerhans, Panah hijau = Asini Pankreas.

Pembahasan penelitian

Ekspirimen ini dilaksanakan di Laboratorium Cendikia Medan untuk mengerti bagaimana daya pemberian ekstrak Umbi bit (*Beta vulgaris*) sehubungan dengan pengurangan kadar glukosa di dalam darah tikus (*Rattus novergicus*). Sampel yang pakai sebanyak 24 ekor tikus kemudian dibagi menjadi enam bagian kelompok, yaitu kelompok normal, kelompok K(-), kelompok K(+), kelompok P1, kelompok P2, dan kelompok P3. Tiap kelompok terdiri dari 4 ekor tikus. Kelompok normal tidak di induksi aloksan dan hanya diberikan pangan, kelompok K(-) di induksi aloksan dan diberikan aquadest, kelompok K(+), di induksi aloksan dan diberikan metformin 90 mg/kgBB sedangkan pada kelompok P1 di induksi aloksan dan diberikan ekstrak umbi bit 22,5 mg/kgBB, kelompok P2 di induksi aloksan dan diberikan ekstrak 45 mg/kgBB dan P3 di induksi aloksan dan diberikan ekstrak umbi bit 90 mg/kgBB.

Sebelum pemberian ekstrak umbi bit (*Beta vulgaris*), pada hewan tikus (*Rattus novergicus*) dilakukan pengecekan darah untuk uji test kadar gula darah awal pada tikus putih (*Rattus novergicus*) setelah melakukan penyesuaian selama 7 hari. Perlakuan pemberian ekstrak umbi bit (*Beta vulgaris*) hanya diberikan pada kelompok perlakuan selama 14 hari untuk mengurangi kadar gula darah tikus (*Rattus novergicus*).

Berdasarkan analisis kadar gula darah pada tikus, diketahui bahwa pengurangan kadar gula darah rata-rata setiap kelompok perlakuan memperlihatkan efek signifikan dari ekstrak bit (*Beta vulgaris*) terhadap kadar gula darah pada tikus. Hal ini dapat diamati dari hasil rata-rata

akhir dari serangkaian uji kadar gula darah sebagai berikut : kelompok normal mempunyai rata-rata kadar gula darah tikus (*Rattus novergicus*) sebelum perlakuan 91,6 mg/dl sedangkan sesudah perlakuan sebesar 98,1 mg/dl. Kelompok K(-) mempunyai rata-rata kadar gula darah tikus (*Rattus novergicus*) sebelum perlakuan 449,1 mg/dl sedangkan sesudah perlakuan sebesar 670,8 mg/dl. Kelompok K(+) mempunyai rata-rata kadar gula darah tikus (*Rattus novergicus*) sebelum perlakuan 510,0 mg/dl sedangkan sesudah perlakuan 112,0 mg/dl. Kelompok P1 mempunyai rata-rata kadar gula darah tikus (*Rattus novergicus*) sebelum perlakuan 561,0 mg/dl sedangkan sesudah perlakuan 176,0 mg/dl. Kelompok P2 mempunyai rata-rata kadar gula darah tikus (*Rattus novergicus*) 432,0 mg/dl sedangkan setelah perlakuan 126,0 mg/dl. Kelompok P3 mempunyai rata-rata kadar gula darah tikus (*Rattus novergicus*) 563,0 mg/dl sedangkan sesudah perlakuan 97,3 mg/dl.

Ekstrak umbi bit (*Beta vulgaris*) yang diuji kepada hewan coba tikus putih (*Rattus novergicus*) dapat memberikan pengaruh dalam penurunan kadar gula darah. Kadar gula darah menurun karena adanya senyawa aktif yang ada pada umbi bit (*Beta vulgaris*) yaitu senyawa flavonoid, betalain (betaxantin dan betasianin), dan saponin. Senyawa bioaktif ini bertindak sebagai antioksidan, antidiabetik, antiinflamasi dan antihemolitik dalam mendukung kesehatan manusia. (Rohanah et al., 2023). Kandungan senyawa flavonoid pada ekstrak umbi bit sangat baik digunakan sebagai alternatif inhibitor alfa glukosidase dalam mengurangi kadar gula darah pada diabetes melitus. (Hidayati et al., 2023). Sementara antioksidan pada pigmen betalain adalah senyawa yang mampu menjaga sel-sel pankreas dari radikal bebas yang terbentuk di tubuh. Hal ini dapat menambahkan senyawa protein dalam merangsang sensitivitas fungsi sel β pankreas dalam menghasilkan insulin dalam jumlah yang cukup serta menurunkan absorpsi glukosa yang akan diserap oleh usus sehingga kadar gula yang datang ke tubuh tertangani dengan baik. (Qodriyah & Gayatri).

Hasil eksperimen ini, kadar gula dalam darah sebelum dilakukan induksi menunjukkan tidak adanya perbedaan rerata kadar gula dalam darah tikus, hal ini terjadi karena kadar gula dalam darah tikus sebelum diberikan induksi adalah normal. Selanjutnya pada kelompok yang diberikan perlakuan dengan di induksi aloksan terdapat perbedaan yang jelas antara kadar gula darah karena aloksan merupakan zat diabetogenik yang memiliki sifat toksik terhadap sel pankreas sehingga dengan mudah meningkatkan kadar gula dalam darah khususnya pada tikus. Pada penelitian ini kelompok kontrol (-) tidak mengalami penurunan kadar gula darah karena hanya diberikan aquadest sehingga dari hari ke 0-hari ke 14 kadar gula dalam darah tikus terus meningkat. Sedangkan pada kelompok kontrol (+) diberikan metformin sehingga kadar gula darah mengalami penurunan yang signifikan karena kandungan metformin yang bekerja dalam mengurangi produksi glukosa di hati melalui proses enzim Activated Protein Kinase (AMPK), yang berperan dalam mencegah proses glukoneogenesis dan meningkatkan sensitivitas insulin pada jaringan perifer pada otot rangka. Aktivasi AMPK dapat meningkatkan penyerapan glukosa oleh sel dan meningkatkan efisiensi penggunaan energi. (Amin et al., 2025).

Kadar gula darah pada kelompok perlakuan 1 mengalami penurunan yang optimal dan stabil karena diberikan ekstrak umbi bit (*Beta vulgaris*) dengan dosis 22,5 mg/BB. Hal ini terjadi karena dosis umbi bit tersebut mampu mengaktivasi AMPK dan meningkatkan transport GLUT 4 ke permukaan sel otot sehingga meningkatkan pengambilan glukosa dalam darah. (Abedimanes et al., 2021). Kadar gula dalam darah pada kelompok perlakuan 2 diberikan ekstrak umbi bit (*Beta vulagris*) dengan dosis 45 mg/BB mengalami penurunan yang tidak jauh

karena mekanisme penyerapan di usus dan aktivasi reseptor insulin mulai jenuh, akibatnya tidak ada peningkatan efek penurunan kadar gula dalam darah yang signifikan. (Martinez et al., 2024). Kadar gula darah pada kelompok perlakuan 3 diberikan ekstrak umbi bit (*Beta vulgaris*) dengan dosis 90 mg/kgBB mengalami penurunan kadar gula darah terjadi secara signifikan karena aktivasi AMPK dan peningkatan transport GLUT 4 yang sangat dominan dalam penurunan absorpsi glukosa di usus akibat hambatan alfa amylase dan alfa glucosidase yang lebih kuat. Namun dosis ini berpotensi risiko efek samping seperti stress oksidatif dan meningkatkan beban hepar. (Abedimanesh et al., 2021).

Berdasarkan pemeriksaan sampel histopatologi pankreas ditemukan bahwa pemberian ekstrak umbi bit (*Beta vulgaris*) dan pemberian obat metformin tidak memberikan perbedaan yang lebih baik terhadap gambaran histopatologi organ pankreas. Kandungan antidiabetes yang dimiliki umbi bit (*Beta vulgaris*) tidak menjadi lebih baik dibandingkan dengan obat metformin. Tetapi kedua perlakuan ini mampu memperbaiki temuan histopatologi organ pankreas tikus dalam waktu yang lama.

KESIMPULAN

Menurut hasil penelitian mengenai pengaruh ekstrak umbi bit (*Beta vulgaris*) terhadap kadar gula darah, perbandingan efektivitasnya dengan metformin, serta temuan histopatologi pankreas pada tikus putih jantan, kesimpulan yang diperoleh adalah sebagai berikut: ekstrak umbi bit terbukti signifikan mengurangi kadar gula dalam darah tikus yang diberikan aloksan, yang diduga terkait dengan kandungan senyawa bioaktif seperti flavonoid, betalain, dan saponin yang meningkatkan aktivitas antioksidan, menghambat enzim pencernaan karbohidrat, dan memperbaiki sensitivitas insulin. Terdapat perbedaan struktur histopatologi pankreas antara tikus yang diinduksi aloksan dan tikus normal, terutama dalam jumlah sel, batas antar sel, kejadian nekrosis, dan morfologi sel, menunjukkan kerusakan sel β -pankreas akibat induksi aloksan. Gambaran histopatologi pankreas pada tikus yang diberikan ekstrak umbi bit tidak menunjukkan perbedaan mencolok dibandingkan dengan tikus yang diberikan metformin, menunjukkan bahwa ekstrak umbi bit mampu memberikan efek perlindungan terhadap jaringan pankreas yang sebanding dengan metformin. Meskipun dosis tinggi ekstrak umbi bit dapat menurunkan kadar gula darah secara signifikan, efektivitasnya belum melebihi metformin sebagai standar terapi antidiabetes. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan untuk mengembangkan eksperimen ini lebih mendalam dengan menambah jumlah sampel dan memperpanjang lama perlakuan, guna mendapatkan temuan yang lebih komprehensif mengenai pengaruh jangka panjang ekstrak umbi bit terhadap kadar gula darah dan kerusakan sel pankreas.

DAFTAR PUSTAKA

- Abedimanesh, N., Asghari, S., Mohammadnejad, K., Daneshvar, Z., Rahmani, S., Shokoohi, S., Farzaneh, A. H., Hosseini, S. H., Jafari Anarkooli, I., Noubarani, M., Andalib, S., Eskandari, M. R., & Motlagh, B. (2021). The anti-diabetic effects of betanin in streptozotocin-induced diabetic rats through modulating AMPK/SIRT1/NF- κ B signaling pathway. *Nutrition and Metabolism*, 18(1). <https://doi.org/10.1186/s12986-021-00621-9>
- Amin, S., Saraswati, E., Ayu, D., Ilhami, D., Muliadi, P., Anggraeni, Y. D., Pratama, A., Studi, P., Farmasi, S., Farmasi, F., Bakti, U., & Husada, T. (2025). Mekanisme kerja obat anti diabetes golongan biguanid dan sulfonilurea: Tinjauan kimia medisinal. *Jurnal Ners*.

- <http://journal.universitaspahlawan.ac.id/index.php/ners>
- Ariantini, A. D., Hafizah, A., Apriningsih, A., & Nurcandra, F. (n.d.). Program Pencegahan dan Pengendalian Penyakit Diabetes Melitus dan Gangguan Metabolik (PDMGM) di Indonesia: Studi Kualitatif. *MEDIA KESEHATAN MASYARAKAT INDONESIA*, 23(3), 255–261.
- Baião, D. dos S., da Silva, D. V. T., & Paschoalin, V. M. F. (2020). Beetroot, a remarkable vegetable: Its nitrate and phytochemical contents can be adjusted in novel formulations to benefit health and support cardiovascular disease therapies. *Antioxidants*, 9(10), 1–36. <https://doi.org/10.3390/antiox9100960>
- Banday, M. Z., Sameer, A. S., & Nissar, S. (2020). Pathophysiology of diabetes: An overview. *Avicenna Journal of Medicine*, 10(4), 174–188. https://doi.org/10.4103/ajm.ajm_53_20
- Dewi, N. H., Kep, M., Rustiawati, E., Kep, M., Kep, S., & Sulastri, T. (2021). Analisis Faktor-Faktor Yang Berpengaruh Terhadap Kejadian Hiperglikemia Pada Penderita Diabetes Mellitus Tipe 2 Di Poliklinik Penyakit Dalam RSUD Dr. Dradjat Prawiranegara Serang. *Jawara: Jurnal Ilmiah Keperawatan*, 2(3), 27–35.
- Hidayati, S., Agustin, A. T., Sari, E. K., Sari, S. M., Destiawan, R. A., & Silvana, W. A. (2023). Phytochemical profiling and antidiabetic evaluation of *Peperomia pellucida* as a potential alpha-glucosidase inhibitor. *Biodiversitas*, 24(11), 5972–5978. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d241116>
- Lariwu, C. K., Sarayar, C. P., Pondaag, L., Merentek, G., & Lontaan, E. M. (2024). Indeks Masa Tubuh, Riwayat Keluarga Dan Kebiasaan Konsumsi Gula: Faktor Dominan Penyebab Diabetes Melitus Tipe 2 Pada Lanjut Usia Di Kota Tomohon. *AKSARA: Jurnal Ilmu Pendidikan Nonformal*, 10(1), 379–386.
- Liliana, C., & Oana-Viorela, N. (2020). Red beetroot: Composition and health effects – A review. *Journal of Nutritional Medicine and Diet Care*, 5(2). <https://doi.org/10.23937/2572-3278.1510043>
- Martinez, R. M., Melo, C. P. B., Pinto, I. C., Mendes-Pierotti, S., Vignoli, J. A., Verri, W. A., & Casagrande, R. (2024). Betalains: A narrative review on pharmacological mechanisms supporting the nutraceutical potential towards health benefits. *Foods*, 13(23). <https://doi.org/10.3390/foods13233909>
- Maspupah, T., Siagian, T. D., Pakhpahan, J., & Octavianie, G. (2022). Perilaku Pencegahan dan Risiko Kejadian Diabetes Melitus Tipe 2 pada Usia Produktif di Kabupaten Bogor Tahun 2021: Prevention Behavior and Risk of Type 2 Diabetes Mellitus in the Productive Age in Bogor Regency in 2021. *Journal of Public Health Education*, 2(1), 1–12.
- Mirmiran, P., Houshialsadat, Z., Gaeini, Z., Bahadoran, Z., & Azizi, F. (2020). Functional properties of beetroot (*Beta vulgaris*) in management of cardio-metabolic diseases. *Nutrition and Metabolism*, 17(1). <https://doi.org/10.1186/s12986-019-0421-0>
- Nuraini, L., & Rahmawati, I. (2025). *Analisis Intervensi 3j Terhadap Pasien Diabetes Melitus Dengan Ketidakstabilan Kadar Glukosa Darah Di Klinik Pratama Surya Husada*. Perpustakaan Universitas Bina Sehat PPNI.
- Ojo, O. A., Ibrahim, H. S., Rotimi, D. E., Ogunlakin, A. D., & Ojo, A. B. (2023). Diabetes mellitus: From molecular mechanism to pathophysiology and pharmacology. *Medicine in Novel Technology and Devices*, 19. <https://doi.org/10.1016/j.medntd.2023.100247>
- Qodriyah, L., & Gayatri, Y. (n.d.). Efektivitas pemberian perasan umbi bit (*Beta vulgaris* L.) terhadap penurunan kadar glukosa darah mencit (*Mus musculus*).
- Rochmawati, A., & Ardiansyah, S. (2018). Uji aktivitas antidiabetes ekstrak bonggol nanas (*Ananas comosus* L.) pada tikus yang diinduksi aloksan. *Jurnal Ilmiah Farmasi*, 1(1), 36–43.
- Rohanah, Puspita, R. R., & Wijaya, R. D. (2023). *Khasiat buah naga dan buah bit untuk mencegah dan mengobati anemia* (Nurhidayati & H. Tambunan, Eds.; 1st ed.). HDF

Uji Efektivitas Ekstrak Umbi Bit (*Beta vulgaris*) Terhadap Kontrol Gula Darah dan Gambaran Histopatologi Pankreas Pada Tikus Diabetes Yang Diinduksi Aloksan

Publishing.

- Simatupang, R., & Kristina, M. (2023). Penyuluhan tentang diabetes melitus pada lansia penderita DM. *Jurnal Pengabdian Mandiri*, 2(3), 849–858.
- Suryati, I. (2021). *Buku keperawatan latihan efektif untuk pasien diabetes mellitus berbasis hasil penelitian*. Deepublish.
- Tran, N., Pham, B., & Le, L. (2020). Bioactive compounds in anti-diabetic plants: From herbal medicine to modern drug discovery. *Biology*, 9(9), 1–31. <https://doi.org/10.3390/biology9090252>
- Wahidin, M., Achadi, A., Besral, B., Kosen, S., Nadjib, M., Nurwahyuni, A., Ronoatmodjo, S., Rahajeng, E., Pane, M., & Kusuma, D. (2024). Projection of diabetes morbidity and mortality till 2045 in Indonesia based on risk factors and NCD prevention and control programs. *Scientific Reports*, 14(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-024-54563-2>