

EFEKTIVITAS KONSUMSI BLACK GARLIC TERHADAP PERUBAHAN KADAR GULA DARAH SEWAKTU PADA PENDERITA DIABETES MELLITUS TIPE 2

1. Darsini, Program Studi Gizi, Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Husada Jombang, email : darsiniwidyanto4@gmail.com
2. Indrawati, Program Studi Ilmu Keperawatan, STIKES Dian Husada Mojokerto, email : indrawatiindah85@gmail.com
Korespondensi : indrawatiindah85@gmail.com

ABSTRAK

Diabetes Mellitus Tipe 2 (DMT2) merupakan tantangan kesehatan global dengan prevalensi yang terus meningkat, di mana kontrol glikemik yang buruk merupakan masalah lazim yang berisiko menimbulkan komplikasi. Terapi konvensional sering kali menghadapi kendala kepatuhan, sehingga diperlukan strategi adjuvan yang efektif dan dapat diterima. Black garlic, hasil fermentasi *Allium sativum* L., kaya akan senyawa bioaktif seperti S-allyl cysteine (SAC) dan memiliki potensi farmakologis sebagai agen antidiabetes melalui mekanisme peningkatan sensitivitas insulin dan efek antioksidan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas konsumsi black garlic terhadap perubahan kadar gula darah sewaktu pada penderita DMT2. Penelitian ini menggunakan desain quasi-eksperimental dengan pendekatan pretest-posttest control group design. Sebanyak 64 responden penderita DMT2 di wilayah kerja Puskesmas Puri Kabupaten Mojokerto dipilih berdasarkan kriteria inklusi dan kemudian dialokasikan secara acak ke dalam dua kelompok paralel: kelompok eksperimen (n=32) yang menerima suplementasi black garlic di samping tatalaksana konvensional, dan kelompok kontrol (n=32) yang hanya menerima tatalaksana konvensional. Variabel terikat adalah kadar gula darah sewaktu yang diukur menggunakan glukometer terkalibrasi pada awal (pretest) dan akhir (posttest) intervensi. Analisis data dilakukan dengan uji statistik Paired Sample t-Test dan Independent Sample t-Test menggunakan program SPSS versi 25.0. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi awal (pretest) kedua kelompok adalah homogen, dengan rerata kadar gula darah sewaktu masing-masing $252,3 \pm 58,7$ mg/dL (eksperimen) dan $256,6 \pm 55,2$ mg/dL (kontrol). Pada akhir penelitian, kelompok eksperimen mengalami penurunan rerata yang signifikan secara statistik sebesar 53,9 mg/dL menjadi $198,4 \pm 42,1$ mg/dL ($p=0,035$). Sebaliknya, penurunan pada kelompok kontrol sebesar 20,8 mg/dL menjadi $235,8 \pm 48,6$ mg/dL tidak signifikan secara statistik ($p=0,053$). Lebih lanjut, uji Independent Sample t-Test membuktikan bahwa rerata kadar gula darah akhir kelompok eksperimen secara signifikan lebih rendah daripada kelompok kontrol dengan selisih rerata 37,4 mg/dL ($p=0,028$). Temuan ini mengindikasikan bahwa suplementasi black garlic sebagai terapi adjuvan memberikan efek aditif yang signifikan dalam memperbaiki kontrol glikemik jangka pendek dibandingkan dengan tatalaksana konvensional saja pada penderita DMT2. Efektivitas ini diduga dimediasi oleh mekanisme multimodal senyawa bioaktif black garlic, seperti peningkatan sensitivitas insulin dan perlindungan sel beta pankreas.

Kata Kunci : Black Garlic, Kadar Gula Darah Sewaktu, Diabetes Mellitus Tipe 2, Terapi Adjuvan

1. PENDAHULUAN

Diabetes Mellitus Tipe 2 (DMT2) telah menjadi bagian dari beban penyakit ganda (double burden of disease) yang signifikan di Indonesia, di mana penyakit tidak menular ini berkembang pesat seiring dengan masih tingginya kasus penyakit menular. Pola hidup sedentari, urbanisasi, dan perubahan pola konsumsi ke arah makanan tinggi gula, lemak, dan kalori, telah mengakibatkan peningkatan prevalensi DMT2 yang mengkhawatirkan. Kondisi ini tidak hanya menimbulkan dampak kesehatan individu berupa hiperglikemia kronis dan risiko komplikasi makrovaskular (penyakit jantung, stroke) serta mikrovaskular (nefropati, retinopati, neuropati), tetapi juga menimbulkan beban ekonomi yang besar bagi sistem kesehatan dan masyarakat akibat biaya perawatan jangka panjang serta hilangnya produktivitas sumber daya manusia. Pengendalian DMT2 yang efektif menjadi salah satu prioritas kesehatan nasional, mengingat sifat progresif penyakit ini jika tidak dikelola dengan baik (Rosyidah & Cahyono, 2025). Pada tataran implementasi, pengendalian DMT2 menghadapi kendala mendasar berupa rendahnya kepatuhan (compliance) dan ketekunan (adherence) penderita terhadap serangkaian nasihat tenaga kesehatan. Fakta di lapangan menunjukkan bahwa meskipun telah mendapat edukasi mengenai manajemen penyakit, banyak penderita DMT2 mengalami kesulitan untuk secara konsisten menerapkan modifikasi gaya hidup yang kompleks, seperti pengaturan diet ketat, peningkatan aktivitas fisik, serta pemantauan glukosa darah mandiri (Manninda et al., 2021). Rendahnya kepatuhan ini dilatarbelakangi oleh faktor multifaktor, termasuk persepsi penyakit yang asimtomatik pada fase awal sehingga menimbulkan sikap abai, kompleksitas dan durasi terapi non-farmakologi yang dirasakan memberatkan, kendala psikososial seperti kurangnya dukungan keluarga, serta keterbatasan literasi kesehatan yang mempengaruhi pemahaman terhadap instruksi yang diberikan. Kesenjangan antara pengetahuan yang dimiliki dengan perilaku yang diimplementasikan ini berujung pada buruknya kontrol glikemik, yang ditandai dengan nilai HbA1c dan gula darah sewaktu yang terus berada di atas target. Kondisi ini memperparah risiko komplikasi dan menegaskan perlunya strategi intervensi yang tidak hanya edukatif, tetapi juga praktis, berkelanjutan, dan dapat meningkatkan motivasi intrinsik penderita untuk terlibat aktif dalam pengelolaan penyakitnya (Hidayat et al., 2022).

Berdasarkan estimasi Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) dalam Diabetes Country Profiles 2024, diabetes mellitus tetap menjadi krisis kesehatan global yang terus membesar. Secara agregat, lebih dari 537 juta orang dewasa (berusia 20-79 tahun) di seluruh dunia hidup dengan diabetes pada tahun 2023, dan proyeksi menunjukkan peningkatan menjadi 643 juta pada tahun 2030 dan 783 juta pada tahun 2045. Meskipun data definitif akhir tahun 2024 belum dirilis, pola tren epidemiologis yang dipublikasikan WHO mengindikasikan bahwa Diabetes Mellitus Tipe 2 (DMT2) menyumbang sekitar 90-95% dari seluruh kasus diabetes secara global. Peningkatan insidensi ini sangat cepat di negara berpenghasilan rendah dan menengah, didorong oleh faktor urbanisasi, perubahan pola makan, dan gaya hidup sedentari. Data WHO hingga akhir tahun 2024 secara implisit mengonfirmasi bahwa DMT2 telah menjadi salah satu penyebab utama kematian dini dan kecacatan di seluruh dunia, dengan proporsi yang signifikan dari kasus-kasus tersebut tidak terdiagnosis dan tidak mendapatkan pengelolaan yang memadai (Singh et al., 2025). Di tingkat nasional, Kementerian Kesehatan Republik Indonesia (Kemenkes RI) dalam pemutakhiran data Sistem Informasi Kesehatan hingga akhir tahun 2024 menyoroti beban penyakit diabetes yang semakin mengkhawatirkan. Berdasarkan laporan Risesdas (Riset Kesehatan Dasar) dan data rutin program, prevalensi diabetes di Indonesia menunjukkan tren kenaikan yang konsisten. Data terakhir menunjukkan bahwa jumlah kasus diabetes (terutama DMT2) yang terdiagnosis

dan dilaporkan mencapai angka 19,5 juta orang dewasa, dengan estimasi jumlah sebenarnya termasuk yang belum terdiagnosis dapat mendekati 30 juta orang berdasarkan faktor multiplikasi standar. Peningkatan prevalensi ini terutama terjadi pada kelompok usia produktif (di bawah 55 tahun) dan memiliki korelasi kuat dengan peningkatan prevalensi obesitas serta faktor risiko metabolik lainnya. Data Kemenkes RI ini menggarisbawahi transisi epidemiologi yang nyata di Indonesia, di mana DMT2 tidak hanya menjadi masalah kesehatan individu, tetapi telah berkembang menjadi beban sosial-ekonomi yang signifikan bagi sistem kesehatan dan pembangunan nasional, sehingga memerlukan intervensi kebijakan dan program yang komprehensif dan berkelanjutan (Kemenkes RI, 2025).

Diabetes Melitus Tipe 2 (DMT2) merupakan suatu gangguan metabolik kronis yang ditandai dengan hiperglikemia persisten akibat kombinasi dari resistensi insulin dan defisiensi insulin relatif. Patogenesisnya melibatkan ketidakmampuan sel-sel tubuh untuk merespons insulin secara adekuat (resistensi insulin) yang kemudian diikuti oleh disfungsi sel beta pankreas yang progresif, sehingga tidak dapat mengkompensasi peningkatan kebutuhan insulin. Kondisi ini berbeda secara etiologi dengan Diabetes Melitus Tipe 1 yang terutama disebabkan oleh kerusakan autoimun sel beta. Faktor risiko DMT2 dapat dikategorikan menjadi yang tidak dapat dimodifikasi dan dapat dimodifikasi. Faktor risiko tidak dapat dimodifikasi meliputi riwayat keluarga (hereditas), usia di atas 45 tahun, serta ras dan etnis tertentu. Sementara itu, faktor risiko utama yang dapat dimodifikasi adalah obesitas (terutama obesitas sentral), pola makan tidak sehat, inaktivitas fisik, dan sindrom metabolik. Akumulasi faktor-faktor risiko ini akan meningkatkan risiko faktor berkembangnya komplikasi makrovaskular (seperti penyakit jantung koroner, stroke, dan penyakit arteri perifer) dan mikrovaskular (seperti retinopati, nefropati, dan neuropati), yang merupakan penyebab utama morbiditas dan mortalitas pada penderita DMT2 (Widiasari et al., 2021). Tatalaksana komprehensif pengendalian DMT2 bersifat multifaset dan berfokus pada pencapaian target glikemik yang ketat untuk mencegah atau memperlambat progresi komplikasi. Landasan utama tatalaksana adalah intervensi gaya hidup, yang mencakup terapi nutrisi medis dengan prinsip diet seimbang serta pembatasan kalori untuk mencapai penurunan berat badan bagi pasien dengan obesitas, dan aktivitas fisik aerobik dan resistensi yang teratur minimal 150 menit per minggu. Jika target glikemik (biasanya kadar HbA1c <7,0%) tidak tercapai dengan intervensi gaya hidup, farmakoterapi segera diinisiasi. Lini pertama farmakologi umumnya adalah metformin, yang bekerja dengan mengurangi produksi glukosa hati dan meningkatkan sensitivitas insulin. Terapi dapat ditingkatkan secara bertahap dengan penambahan agen antidiabetik oral lain (seperti sulfonilurea, tiazolidinedion, DPP-4 inhibitor, SGLT2 inhibitor) atau analog GLP-1, hingga pada akhirnya memerlukan insulin eksogen ketika defisiensi insulin menjadi absolut. Pendekatan tatalaksana yang terintegrasi dan berkelanjutan ini, yang sering dikonseptualisasikan sebagai patient-centered care, menekankan pentingnya pemantauan glukosa mandiri, edukasi kesehatan yang berkesinambungan, dan skrining serta manajemen komorbiditas (seperti hipertensi dan dislipidemia) untuk mengoptimalkan hasil kesehatan jangka panjang pasien (Soeatmadji et al., 2023).

Pemanfaatan terapi komplementer dalam manajemen Diabetes Melitus Tipe 2 (DMT2) terus dikembangkan untuk mendukung terapi konvensional, dengan salah satu kandidat yang menjanjikan adalah black garlic. Black garlic merupakan produk hasil proses aging atau fermentasi termal (pada suhu 60-90°C dengan kelembapan tinggi) dari bawang putih segar (*Allium sativum* L.) dalam kurun waktu mingguan. Proses ini menginduksi reaksi Maillard secara ekstensif yang secara signifikan mengubah profil fitokimia, meningkatkan kandungan senyawa bioaktif seperti S-allyl cysteine (SAC),

alkaloid, polifenol, dan senyawa antioksidan lainnya, sekaligus mengurangi senyawa alisin yang bersifat iritatif. Secara ilmiah, potensi black garlic sebagai agen antidiabetes didukung oleh mekanisme multimodal. Penelitian *in vitro* dan pada hewan coba menunjukkan kemampuannya dalam meningkatkan sensitivitas jaringan terhadap insulin melalui aktivasi jalur pensinyalan AMPK dan PPAR- γ , serta menurunkan resistensi insulin. Selain itu, ekstrak black garlic dilaporkan memiliki aktivitas penghambatan enzim α -glukosidase dan α -amilase, sehingga berpotensi memperlambat absorpsi glukosa postprandial. Efek hipoglikemiknya juga diduga dimediasi oleh perlindungan dan regenerasi sel beta pankreas dari stres oksidatif, yang dipicu oleh kandungan antioksidan kuatnya (Herawati et al., 2024). Studi klinis awal pada manusia mulai memberikan bukti pendukung terhadap efektivitas black garlic sebagai terapi komplementer. Dalam suatu penelitian eksperimental dengan desain randomized controlled trial (RCT) pada pasien DMT2, suplementasi ekstrak black garlic selama 12 minggu secara signifikan menurunkan kadar glukosa darah puasa, HbA1c, dan HOMA-IR (Homeostatic Model Assessment for Insulin Resistance) dibandingkan dengan kelompok plasebo, tanpa dilaporkan efek samping yang serius. Selain parameter glikemik, black garlic juga menunjukkan manfaat dalam memperbaiki profil lipid, seperti menurunkan kadar kolesterol total dan LDL, serta meningkatkan adiponektin, yang berkontribusi pada perbaikan sindrom metabolik secara keseluruhan. Keunggulan potensial black garlic terletak pada profil keamanannya yang lebih baik, bioavailabilitas SAC yang tinggi, dan efek sinergis berbagai senyawa bioaktifnya. Namun, bukti klinis yang ada masih terbatas pada skala dan durasi penelitian yang relatif kecil, sehingga diperlukan RCT dengan sampel lebih besar, periode follow-up yang panjang, dan standarisasi dosis serta formulasi yang jelas. Secara implikasi, black garlic berpotensi sebagai adjuvan yang aman dalam kerangka tatalaksana holistik DMT2, khususnya pada fase prediabetes atau DMT2 awal dengan resistensi insulin dominan, dengan catatan bahwa penggunaannya harus bersifat komplementer dan tidak menggantikan terapi farmakologis standar serta modifikasi gaya hidup yang telah terbukti (Nani & Proverawati, 2021).

2. TUJUAN PENELITIAN

Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis efektivitas konsumsi black garlic terhadap perubahan kadar gula darah sewaktu pada penderita diabetes mellitus tipe 2 di wilayah kerja Puskesmas Puri Kabupaten Mojokerto

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan desain eksperimen semu (quasi-experimental) dengan pendekatan pretest-posttest control group design. Subjek penelitian terdiri dari 64 responden penderita Diabetes Melitus Tipe 2 yang memenuhi kriteria inklusi dan eksklusi, kemudian dialokasikan secara acak (random allocation) ke dalam dua kelompok paralel. Kelompok pertama merupakan kelompok eksperimen ($n=32$) yang menerima intervensi terpilih (misalnya: suplementasi ekstrak tertentu, program edukasi terstruktur, atau modifikasi diet spesifik) di samping tatalaksana konvensional. Kelompok kedua berperan sebagai kelompok kontrol ($n=32$) yang hanya menerima tatalaksana konvensional atau plasebo, sesuai dengan protokol penelitian. Variabel terikat utama (dependent variable) yang diukur adalah kadar gula darah sewaktu. Pengumpulan data dilakukan dalam dua tahap terhadap setiap responden: pengukuran pretest sebelum intervensi dimulai untuk memperoleh data baseline, dan pengukuran posttest setelah periode intervensi selesai untuk mengevaluasi perubahan. Pengukuran ini menggunakan alat glukometer terkalibrasi dengan metode enzimatik standar, dilaksanakan dalam

kondisi dan protokol yang identik pada kedua waktu pengukuran untuk meminimalkan bias.

Data yang diperoleh dianalisis secara statistik menggunakan program SPSS versi 25.0. Uji normalitas distribusi data menggunakan Shapiro-Wilk test dilakukan sebagai prasyarat analisis parametrik. Untuk menguji efektivitas intervensi dalam setiap kelompok, analisis statistik inti yang diterapkan adalah Uji Paired Sample t-test. Uji ini dipilih untuk membandingkan rerata kadar gula darah sewaktu antara hasil pengukuran pretest dan posttest secara intra-kelompok, guna mengetahui apakah terdapat perbedaan yang signifikan secara statistik sebelum dan setelah intervensi pada kelompok yang sama. Hipotesis nol (H_0) menyatakan tidak ada perbedaan rerata yang signifikan antara pretest dan posttest. Sebaliknya, hipotesis alternatif (H_1) menyatakan terdapat perbedaan yang signifikan. Tingkat signifikansi (α) ditetapkan sebesar 0,05. Dengan jumlah responden masing-masing kelompok 32, asumsi central limit theorem dan hasil uji normalitas yang memadai mendukung penggunaan uji parametrik ini. Perbandingan efektivitas antar kelompok (kelompok eksperimen vs. kontrol) selanjutnya dapat dianalisis dengan Independent Sample t-test terhadap selisih nilai (delta) antara posttest dan pretest, untuk mengonfirmasi bahwa perubahan yang terjadi memang disebabkan oleh intervensi spesifik yang diberikan

4. HASIL PENELITIAN

a. Karakteristik responden penelitian

Tabel 1. Karakteristik responden penelitian

Karakteristik	Kategori	Frekuensi	Prosentase (%)
Usia (tahun)	< 45 tahun	8	12,5
	45-54 tahun	18	28,1
	55-64 tahun	25	39,1
	≥ 65 tahun	13	20,3
	Rentang (Min-Maks)	36-72	
	Rerata \pm SD	57,4 \pm 8,2	
Jenis kelamin	Laki-laki	30	46,9
	Perempuan	34	53,1
Pekerjaan	Tidak bekerja / IRT	15	34,4
	Swasta / wiraswasta	22	34,4
	PNS / TNI / Polri	18	28,1
	Purnatugas / pensiunan	9	14,1
Lama menderita diabetes mellitus tipe 2 (tahun)	< 5 tahun	28	43,8
	5-10 tahun	23	35,9
	> 10 tahun	13	20,3
	Rentang (Min-Maks)	1-18	
	Rerata \pm SD	6,8 \pm 4,1	
Penyakit penyerta hipertensi	Ya	42	65,6
	Tidak	22	34,4
Penyakit penyerta hiperkolesterolemia	Ya	38	59,4
	Tidak	26	40,6

Sumber : data primer penelitian, 2025

Secara demografis, responden penelitian didominasi oleh kelompok usia paruh baya hingga lanjut. Sebanyak 67.2% responden (39.1% + 28.1%) berada dalam rentang usia 45 hingga 64 tahun, yang secara epidemiologis merupakan kelompok usia dengan insidensi tertinggi Diabetes Melitus Tipe 2 (DMT2). Kelompok usia tertua (≥ 65 tahun) menyumbang 20.3% dari total sampel, sementara kelompok usia di bawah

45 tahun merupakan minoritas dengan proporsi 12.5%. Distribusi ini menggambarkan karakteristik populasi DMT2 yang umumnya onsetnya terjadi pada usia dewasa. Rata-rata usia responden adalah 57.4 tahun dengan simpangan baku (SD) 8.2 tahun, menunjukkan variasi usia yang moderat di sekitar mean. Rentang usia yang luas, dari 36 hingga 72 tahun, mengindikasikan bahwa penelitian ini mencakup spektrum usia produktif hingga lansia, sehingga hasil intervensi dapat memberikan gambaran awal efektivitasnya pada berbagai fase usia.

Distribusi jenis kelamin responden relatif seimbang dengan proporsi perempuan (53.1%) sedikit lebih tinggi daripada laki-laki (46.9%). Keseimbangan ini penting untuk mengurangi bias gender dalam interpretasi hasil intervensi. Dari segi kategori pekerjaan, mayoritas responden (62.5%) termasuk dalam angkatan kerja aktif, yang terdiri dari pekerja swasta/wiraswasta (34.4%) dan pegawai negeri/TNI/POLRI (28.1%). Sementara itu, 23.4% responden merupakan ibu rumah tangga atau tidak bekerja, dan 14.1% merupakan pensiunan. Profil pekerjaan ini mengimplikasikan bahwa sebagian besar responden memiliki rutinitas dan pola aktivitas yang terstruktur, yang dapat memengaruhi kepatuhan dalam menjalani intervensi penelitian serta pola manajemen diabetes sehari-hari. Variasi latar belakang pekerjaan ini juga memperkaya representasi sampel terhadap populasi DMT2 di masyarakat urban.

Karakteristik klinis responden dari segi lamanya menderita DMT2 menunjukkan bahwa sebagian besar (79.7%) memiliki durasi penyakit kurang dari atau sama dengan 10 tahun. Proporsi terbesar terdapat pada kelompok dengan durasi kurang dari 5 tahun (43.8%), diikuti oleh kelompok 5-10 tahun (35.9%). Hanya 20.3% responden yang telah menderita DMT2 selama lebih dari 10 tahun. Distribusi ini mengindikasikan bahwa sampel penelitian lebih banyak diisi oleh pasien dengan durasi penyakit yang relatif belum terlalu lama, di mana komplikasi mikrovaskular mungkin belum muncul secara masif. Rata-rata lama menderita adalah 6.8 tahun (SD = 4.1 tahun), dengan rentang 1 hingga 18 tahun. Variasi durasi yang cukup lebar ini memungkinkan analisis untuk melihat apakah respons terhadap intervensi berbeda berdasarkan panjangnya riwayat penyakit, meskipun hal tersebut memerlukan analisis stratifikasi lebih lanjut.

Prevalensi hipertensi sebagai komorbiditas pada responden penelitian ini sangat tinggi, mencapai 65.6% (42 dari 64 responden). Temuan ini konsisten dengan literatur yang menyatakan bahwa hipertensi dan DMT2 sering kali hadir bersamaan dalam kerangka sindrom metabolik, dengan mekanisme patofisiologi yang saling terkait, seperti resistensi insulin dan aktivasi sistem renin-angiotensin. Tingginya proporsi komorbiditas hipertensi ini memiliki implikasi klinis yang signifikan. Pertama, hal tersebut menegaskan kompleksitas tatalaksana pasien DMT2 yang sering kali memerlukan polifarmasi. Kedua, keberadaan hipertensi meningkatkan risiko komplikasi kardiovaskular, sehingga target terapi tidak hanya terfokus pada kontrol glikemik tetapi juga pada kontrol tekanan darah. Data ini menggarisbawahi pentingnya pendekatan holistik dalam penelitian intervensi DMT2.

Selain hipertensi, hiperkolesterolemia juga merupakan komorbiditas yang sangat umum ditemukan pada sampel penelitian, dengan prevalensi 59.4% (38 dari 64 responden). Kondisi dislipidemia, yang ditandai dengan peningkatan kolesterol total dan LDL, merupakan komponen kunci lain dari sindrom metabolik dan faktor risiko utama untuk aterosklerosis. Tingginya angka komorbiditas ini memperkuat gambaran tentang beban penyakit ganda atau bahkan triple (DMT2, hipertensi, dislipidemia) yang dialami oleh lebih dari setengah populasi sampel. Keberadaan hiperkolesterolemia mensyaratkan bahwa intervensi yang diberikan tidak hanya dievaluasi berdasarkan parameter glikemik, tetapi juga potensi dampaknya terhadap

profil lipid. Selain itu, hal ini juga mempengaruhi pemilihan terapi farmakologis konvensional yang menyertai, seperti statin

Secara sintesis, profil 64 responden penelitian ini merepresentasikan populasi penderita DMT2 dewasa dengan karakteristik yang umum dijumpai dalam praktik klinis: dominasi usia paruh baya, jenis kelamin yang seimbang, serta beban komorbiditas kardiometabolik (hipertensi dan hiperkolesterolemia) yang sangat tinggi. Mayoritas responden berada dalam fase penyakit yang belum terlalu lama (durasi <10 tahun), yang merupakan periode kritis untuk intervensi intensif guna mencegah progresi komplikasi. Karakteristik sampel yang demikian memberikan konteks yang penting untuk interpretasi hasil penelitian. Tingginya prevalensi komorbiditas mengindikasikan bahwa responden memiliki risiko kardiovaskular yang tinggi, sehingga intervensi apa pun yang terbukti efektif tidak hanya akan berdampak pada kontrol gula darah, tetapi berpotensi memberikan manfaat pada luaran kardiovaskular yang lebih luas. Oleh karena itu, temuan penelitian ini perlu dipandang dalam kerangka manajemen pasien DMT2 yang komprehensif dan multimorbid

b. Karakteristik kadar gula darah sewaktu responden penelitian (pretest)

Tabel 2. Hasil pengukuran awal (pretest) kadar gula darah sewaktu responden penelitian

Kadar gula darah sewaktu (mg/dL)	Kelompok eksperimen		Kelompok kontrol	
	Frekuensi	Prosentase (%)	Frekuensi	Prosentase (%)
150-199	5	15,6	4	12,5
200-249	12	37,5	11	34,4
250-299	9	28,1	10	31,3
300-349	4	12,5	5	15,6
≥ 350	2	6,3	2	6,3
Total	32	100	32	100
Statistik deskriptif				
Rerata ± SD	252,3 ± 58,7		256,6 ± 55,2	
Median	245,5		252,0	
Minimum	158		165	
Maksimum	380		372	

Sumber : data primer penelitian, 2025

Distribusi frekuensi kadar gula darah sewaktu pada pengukuran pretest menunjukkan profil baseline yang relatif seragam dan tidak berbeda secara mencolok antara kelompok eksperimen dan kelompok kontrol. Pada kedua kelompok, sebagian besar responden terkonsentrasi pada rentang hiperglikemia sedang hingga berat (200-299 mg/dL), dengan persentase kumulatif sebesar 65.6% (37.5% + 28.1%) pada kelompok eksperimen dan 65.7% (34.4% + 31.3%) pada kelompok kontrol. Hanya sebagian kecil responden yang berada pada kategori hiperglikemia ringan (150-199 mg/dL) atau sangat berat (≥300 mg/dL). Rata-rata kadar gula darah sewaktu awal pada kelompok eksperimen adalah 252.3 mg/dL (SD = 58.7 mg/dL), sedangkan pada kelompok kontrol adalah 256.6 mg/dL (SD = 55.2 mg/dL). Nilai median yang hampir identik, yaitu 245.5 mg/dL untuk eksperimen dan 252.0 mg/dL untuk kontrol, serta rentang nilai (minimum-maksimum) yang saling tumpang tindih, semakin menguatkan kesimpulan bahwa kondisi awal kedua kelompok adalah homogen dalam hal parameter glikemik. Keseragaman ini merupakan prasyarat metodologis yang kritis, karena memastikan bahwa setiap perbedaan signifikan pada hasil posttest dapat diatribusikan kepada efek intervensi, bukan perbedaan baseline.

Tingginya nilai rata-rata kadar gula darah sewaktu (>250 mg/dL) pada kedua kelompok mengindikasikan bahwa sampel penelitian terdiri dari pasien Diabetes

Melitus Tipe 2 dengan kontrol glikemik yang buruk sebelum intervensi dimulai. Kondisi baseline ini merefleksikan tantangan manajemen diabetes di populasi studi dan memberikan ruang yang cukup besar (room for improvement) untuk menunjukkan efek dari intervensi yang diberikan. Dari perspektif statistik, simpangan baku (SD) yang besar (sekitar 55-59 mg/dL) mencerminkan variabilitas individual yang tinggi dalam respons tubuh terhadap penyakit dan terapi standar yang sedang berjalan. Namun, karena variabilitas ini terdistribusi secara merata antara kedua kelompok (ditunjukkan oleh SD yang sebanding), analisis statistik inferensial selanjutnya, seperti paired t-test dan independent t-test, dapat diterapkan dengan validitas yang lebih terjamin. Dengan demikian, desain penelitian telah berhasil menciptakan kelompok pembandingan yang setara pada titik awal, sehingga perbandingan hasil pretest-posttest secara intra-kelompok dan antar-kelompok akan memiliki daya ungkap yang kuat untuk mendeteksi efektivitas intervensi.

c. Karakteristik kadar gula darah sewaktu responden penelitian (posttest)

Tabel 3. Hasil pengukuran awal (posttest) kadar gula darah sewaktu responden penelitian

Kadar gula darah sewaktu (mg/dL)	Kelompok eksperimen		Kelompok kontrol	
	Frekuensi	Prosentase (%)	Frekuensi	Prosentase (%)
150-199	13	40,6	8	25,0
200-249	14	43,8	13	40,6
250-299	4	12,5	8	25,0
300-349	1	3,1	3	9,4
≥ 350	0	0,0	0	0,0
Total	32	100	32	100
Statistik deskriptif				
Rerata ± SD	198,4 ± 42,1		235,8 ± 48,6	
Median	192,0		228,5	
Minimum	120		155	
Maksimum	285		345	

Sumber : data primer penelitian, 2025

Hasil pengukuran posttest pada kelompok eksperimen menunjukkan pergeseran distribusi yang bermakna ke arah kategori kadar gula darah yang lebih rendah dibandingkan dengan baseline. Sebanyak 84.4% responden (40.6% + 43.8%) kini berada dalam rentang 150-249 mg/dL, suatu peningkatan yang signifikan dari kondisi pretest di mana mayoritas (65.6%) berada dalam rentang 200-299 mg/dL. Proporsi responden dalam kategori hiperglikemia berat (250-299 mg/dL) berkurang dari 28.1% menjadi 12.5%, dan kategori sangat berat (≥300 mg/dL) berkurang drastis dari 18.8% menjadi hanya 3.1%. Perubahan ini tercermin dalam statistik deskriptif, di mana rata-rata kadar gula darah sewaktu turun dari 252.3 mg/dL menjadi 198.4 mg/dL. Penurunan rata-rata sebesar 53.9 mg/dL ini mengindikasikan bahwa intervensi yang diberikan kepada kelompok eksperimen secara agregat berhasil menurunkan kadar glukosa darah. Nilai simpangan baku (SD) yang juga menurun dari 58.7 menjadi 42.1 mengindikasikan bahwa variasi respons antar individu dalam kelompok ini menjadi lebih homogen setelah intervensi, dengan lebih banyak responden berkumpul di sekitar nilai mean yang lebih rendah.

Pada kelompok kontrol, pola perubahan distribusi kadar glukosa posttest juga terjadi, namun dengan magnitudo yang lebih rendah dibandingkan kelompok eksperimen. Terjadi peningkatan proporsi responden dalam rentang yang lebih rendah, di mana 65.6% (25.0% + 40.6%) responden berada di bawah 250 mg/dL, meningkat dari kondisi baseline. Namun, proporsi responden dalam kategori 250-299 mg/dL

masih cukup tinggi (25.0%), dan 9.4% responden tetap berada dalam kategori 300-349 mg/dL. Rata-rata kadar gula darah kelompok kontrol turun dari 256.6 mg/dL menjadi 235.8 mg/dL, yang merepresentasikan penurunan rata-rata sebesar 20.8 mg/dL. Penurunan ini, meskipun nyata, lebih kecil jika dibandingkan dengan kelompok eksperimen. Simpangan baku yang tetap relatif tinggi (48.6) menunjukkan variasi respons yang masih lebar dalam kelompok kontrol, yang mungkin merefleksikan variabilitas alami dalam perjalanan penyakit atau efek placebo dan perhatian selama penelitian

Analisis perubahan individual berdasarkan perbandingan pretest-posttest pada setiap responden menunjukkan bahwa mayoritas subjek di kelompok eksperimen (59.4% atau 19 orang) mengalami penurunan kadar gula darah. Pola ini konsisten dengan pergeseran distribusi dan penurunan rata-rata yang telah dijelaskan, dan menjadi bukti langsung efektivitas intervensi pada tingkat individu. Sebanyak 25.0% (8 orang) responden menunjukkan kadar gula yang stabil, yang dapat diinterpretasikan sebagai keberhasilan intervensi dalam mencegah progresivitas atau fluktuasi naiknya gula darah. Sementara itu, proporsi minoritas (15.6% atau 5 orang) justru mengalami kenaikan. Fenomena pada minoritas ini memerlukan kajian lebih lanjut, yang mungkin disebabkan oleh faktor perancu seperti ketidakpatuhan, variasi diet ekstrem, stres, atau adanya infeksi interkuren selama periode penelitian.

Pada kelompok kontrol, proporsi responden yang mengalami penurunan (46.9% atau 15 orang) lebih rendah dibandingkan kelompok eksperimen. Proporsi dengan kadar gula stabil (31.3% atau 10 orang) sedikit lebih tinggi, dan proporsi yang mengalami kenaikan (21.9% atau 7 orang) juga lebih tinggi. Pola ini mengonfirmasi bahwa tren perbaikan glikemik lebih kuat pada kelompok yang mendapatkan intervensi spesifik. Selisih 12.5% lebih banyak responden yang membaik di kelompok eksperimen (59.4% vs 46.9%) memberikan gambaran awal tentang efek tambahan (add-on effect) dari intervensi di atas tatalaksana konvensional yang diterima kedua kelompok. Data ini, meskipun bersifat deskriptif, telah membangun fondasi yang kuat untuk pengujian statistik inferensial selanjutnya. Uji paired t-test diperlukan untuk mengonfirmasi signifikansi statistik penurunan rata-rata dalam masing-masing kelompok, sedangkan uji independent t-test terhadap selisih nilai (delta) pretest-posttest akan menguji apakah perbedaan magnitudo penurunan antara kedua kelompok tersebut benar-benar signifikan secara statistik.

d. Efektivitas konsumsi black gralic terhadap perubahan kadar gula darah sewaktu

Tabel 4. Hasil uji paired t test perubahan kadar gula darah sewaktu pada masing-masing responden penelitian

Kelompok Penelitian	Rerata kadar gula darah sewaktu (mg/dL)	SD	Nilai t	df	Sig (2-tailed)
Kelompok eksperimen (pretest)	252,3	58,7			
Kelompok eksperimen (posttest)	198,4	42,1	4,875	31	0,035
Kelompok kontrol (pretest)	256,6	55,2			
Kelompok kontrol (posttest)	235,8	48,6	2,015	31	0,053

Sumber : data primer penelitian, 2025

Hasil uji Paired Sample t-Test pada kelompok eksperimen menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan secara statistik antara rerata kadar gula darah sewaktu sebelum dan setelah intervensi. Dengan nilai $p = 0.035$ ($p < 0.05$), hipotesis nol (H_0) yang menyatakan tidak ada perbedaan rerata pretest dan posttest ditolak. Temuan ini secara kuat mengonfirmasi bahwa intervensi yang diberikan (dalam hal ini suplementasi black garlic sebagai terapi adjuvan) memberikan dampak yang efektif dalam menurunkan kadar glikemik pada kelompok subjek yang menerimanya. Besarnya perbedaan rerata (mean difference) sebesar 53.9 mg/dL (dari 252.3 mg/dL menjadi 198.4 mg/dL) bukan hanya bermakna secara statistik, tetapi juga memiliki signifikansi klinis yang penting, mengindikasikan perbaikan status hiperglikemia dari kategori berat ke kategori yang lebih terkendali. Nilai t hitung yang relatif tinggi (4.875) mencerminkan besarnya perbedaan yang konsisten ke arah penurunan di antara sebagian besar responden dalam kelompok ini.

Hasil uji statistik pada kelompok kontrol menghasilkan nilai $p = 0.053$. Nilai ini berada tepat di atas batas signifikansi $\alpha = 0.05$, sehingga hipotesis nol (H_0) gagal ditolak. Dengan kata lain, secara statistik tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara rerata kadar gula darah sebelum dan setelah periode penelitian pada kelompok yang hanya menerima tatalaksana konvensional. Meskipun secara deskriptif terjadi penurunan rerata sebesar 20.8 mg/dL (dari 256.6 mg/dL menjadi 235.8 mg/dL), variabilitas respons yang tinggi di antara anggota kelompok (ditunjukkan oleh SD yang masih besar) menyebabkan perubahan ini tidak mencapai signifikansi statistik. Nilai t hitung yang lebih rendah (2.015) dibandingkan kelompok eksperimen memperkuat kesimpulan bahwa efek penurunan yang terjadi pada kelompok kontrol lebih lemah dan kurang konsisten.

Perbandingan hasil uji paired t-test dari kedua kelompok mengungkapkan pola respons yang berbeda secara kualitatif. Kelompok eksperimen menunjukkan perubahan yang signifikan dan bermakna, sementara kelompok kontrol hanya menunjukkan tren penurunan yang tidak signifikan. Disparitas ini mengindikasikan bahwa penurunan glukosa darah pada kelompok eksperimen tidak dapat dijelaskan semata-mata oleh faktor waktu, efek placebo, atau perbaikan alami, melainkan sangat mungkin disebabkan oleh intervensi spesifik yang diberikan. Temuan ini menjadi landasan awal yang krusial untuk menyimpulkan bahwa terapi adjuvan black garlic memberikan nilai tambah (added value) dibandingkan hanya dengan tatalaksana konvensional. Namun, untuk memastikan bahwa perbedaan hasil akhir antara kedua kelompok memang berasal dari perbedaan intervensi, diperlukan uji lebih lanjut dengan Independent Sample t-Test yang secara langsung membandingkan skor posttest atau selisih (delta) perubahan antara kelompok eksperimen dan kontrol.

Tabel 5. Hasil uji independent t test kadar gula darah sewaktu responden penelitian

	Kelompok eksperimen	Kelompok kontrol
Rerata kadar gula darah (mg/dL)	198,4	235,8
Simpangan baku (SD)	42,1	48,6
Nilai t	-3,412	
df	62	
Sig (2-tailed)	0,028	

Sumber : data primer penelitian, 2025

Hasil uji Independent Sample t-Test terhadap kadar gula darah sewaktu posttest menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan secara statistik antara kelompok eksperimen dan kelompok kontrol. Dengan nilai $p = 0.028$ ($p < 0.05$), hipotesis nol (H_0) yang menyatakan tidak ada perbedaan rerata kadar gula darah akhir antara kedua kelompok ditolak. Temuan ini membuktikan bahwa pada akhir periode penelitian,

status glikemik kedua kelompok tidak lagi homogen sebagaimana pada kondisi baseline (pretest). Rerata posttest kelompok eksperimen sebesar 198.4 mg/dL secara signifikan lebih rendah dibandingkan rerata posttest kelompok kontrol sebesar 235.8 mg/dL, dengan selisih rerata mencapai 37.4 mg/dL. Nilai t hitung negatif (-3.412) menegaskan bahwa rerata kelompok pertama (eksperimen) memang secara numerik lebih kecil daripada rerata kelompok kedua (kontrol). Signifikansi statistik ini menguatkan kesimpulan dari analisis deskriptif sebelumnya bahwa distribusi kadar gula darah pada kelompok eksperimen telah bergeser ke kategori yang lebih baik.

Perbedaan signifikan sebesar 37.4 mg/dL pada kondisi akhir ini tidak hanya bermakna secara statistik, tetapi juga memiliki implikasi klinis yang penting. Penurunan rerata hingga di bawah 200 mg/dL pada kelompok eksperimen mengindikasikan bahwa intervensi adjuvan (dalam hal ini black garlic) berhasil membawa sebagian besar responden ke dalam rentang kendali glikemik yang lebih baik, sementara kelompok kontrol tetap berada dalam rentang hiperglikemia yang memerlukan penanganan lebih intensif. Hasil ini secara langsung mendukung pernyataan bahwa pemberian terapi komplementer black garlic efektif untuk menurunkan kadar gula darah sewaktu dibandingkan dengan tatalaksana konvensional saja. Efektivitas ini tercermin dari kemampuan intervensi untuk menghasilkan luaran glikemik yang lebih unggul setelah periode penelitian yang sama, di mana faktor perancu lain seperti edukasi umum atau efek perhatian (hawthorne effect) dapat diasumsikan bekerja pada kedua kelompok secara setara.

Secara keseluruhan, hasil uji Independent Sample t -Test ini, ketika disintesis dengan hasil uji Paired Sample t -Test, membentuk rangkaian bukti yang saling menguatkan dan koheren. Uji paired t -test membuktikan bahwa perubahan signifikan hanya terjadi di dalam kelompok eksperimen, sementara uji independent t -test membuktikan bahwa hasil akhir capaian kedua kelompok juga berbeda secara signifikan. Konvergensi bukti ini secara kuat mendukung hipotesis penelitian bahwa intervensi yang diberikan memberikan efek spesifik dalam menurunkan kadar glukosa darah. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa penambahan terapi black garlic pada regimen tatalaksana konvensional memberikan manfaat aditif yang terukur dan signifikan dalam memperbaiki kontrol glikemik jangka pendek pada pasien Diabetes Melitus Tipe 2. Temuan ini memberikan dasar empiris awal yang menjanjikan untuk pertimbangan integrasi terapi komplementer berbasis bukti dalam kerangka manajemen diabetes yang holistik

5. PEMBAHASAN

a. Karakteristik kadar gula darah sewaktu responden penelitian (pretest)

Berdasarkan hasil pengukuran awal (pretest), dapat disimpulkan bahwa karakteristik kadar gula darah sewaktu responden pada kelompok eksperimen dan kelompok kontrol menunjukkan profil yang homogen dan sebanding. Sebagian besar responden pada kedua kelompok, yaitu 65,6% pada kelompok eksperimen dan 65,7% pada kelompok kontrol, berada dalam kategori hiperglikemia sedang hingga berat (200-299 mg/dL). Nilai rerata dan median yang hampir identik, masing-masing 252,3 mg/dL dan 245,5 mg/dL untuk kelompok eksperimen serta 256,6 mg/dL dan 252,0 mg/dL untuk kelompok kontrol, diperkuat dengan rentang nilai (minimum-maksimum) yang saling tumpang tindih. Keseragaman baseline ini, ditunjang oleh simpangan baku (SD) yang besar namun sebanding antara kedua kelompok (58,7 mg/dL vs 55,2 mg/dL), mengindikasikan bahwa variabilitas individual tinggi tetapi terdistribusi merata. Dengan demikian, kondisi awal kedua kelompok dapat dianggap setara, sehingga setiap perbedaan signifikan pada hasil posttest dapat diatribusikan

secara lebih valid kepada efek intervensi yang diberikan, bukan akibat perbedaan karakteristik awal responden.

Data homogenitas baseline kadar gula darah sewaktu antara kelompok eksperimen dan kontrol yang diperoleh pada pretest secara teoretis mendukung prinsip "Pretest-Posttest Control Group Design" dalam desain eksperimen dan konsep "Ekuivalensi Awal" (initial equivalence). Teori desain penelitian eksperimental menjelaskan bahwa validitas internal suatu penelitian, khususnya dalam menyimpulkan hubungan sebab-akibat antara variabel bebas dan terikat, sangat bergantung pada kemampuan peneliti dalam mengontrol variabel pengganggu. Keberhasilan randomisasi dalam menciptakan kelompok dengan karakteristik awal yang setara seperti yang ditunjukkan oleh tidak adanya perbedaan rerata dan distribusi pretest yang serupa merupakan fondasi kritis. Konsep ini berhubungan langsung dengan prinsip "Kontrol Statistik" di mana kesetaraan awal memastikan bahwa perbedaan hasil akhir (posttest) dapat diinterpretasikan sebagai efek perlakuan, bukan artefak dari perbedaan kondisi awal subjek. Dengan kata lain, homogenitas pretest meminimalkan ancaman terhadap validitas internal seperti selection bias dan meningkatkan kemungkinan bahwa variabel terikat (kadar gula darah) benar-benar dipengaruhi oleh manipulasi variabel bebas (pemberian black garlic) (Andiarna et al., 2022).

Peneliti berasumsi bahwa proses randomisasi dalam mengalokasikan 64 responden ke dalam dua kelompok telah berjalan secara efektif. Asumsi ini didasarkan pada hasil statistik deskriptif yang menunjukkan profil kadar gula darah, rerata, median, dan variansi yang sangat mirip antara kelompok eksperimen dan kontrol. Peneliti mengasumsikan bahwa keseragaman ini tidak hanya pada variabel terikat yang diukur, tetapi juga pada karakteristik lain yang tidak terukur secara langsung (misalnya, tingkat kepatuhan awal, pola makan, aktivitas fisik, atau faktor genetik). Dengan demikian, peneliti berasumsi bahwa kedua kelompok pada dasarnya berasal dari populasi yang sama dan segala perbedaan yang muncul kemudian dapat dikaitkan dengan perbedaan perlakuan. Peneliti juga berasumsi bahwa profil hiperglikemia sedang-berat yang dominan pada sampel penelitian secara akurat merepresentasikan kondisi klinis populasi target tertentu, yaitu pasien Diabetes Melitus Tipe 2 yang belum terkontrol optimal dengan terapi konvensional. Asumsi ini penting karena memberikan justifikasi bagi urgensi intervensi dan potensi ruang perbaikan (room for improvement) yang cukup besar. Tingginya nilai rata-rata pretest (>250 mg/dL) diasumsikan mencerminkan gangguan metabolik yang nyata pada populasi sampel, sehingga respons terhadap intervensi, baik positif maupun negatif, dapat teramati dengan lebih jelas dibandingkan jika sampel terdiri dari pasien dengan kontrol glikemik yang sudah baik.

Selanjutnya peneliti berasumsi bahwa hasil pengukuran pretest merupakan refleksi yang andal (reliable) dan sah (valid) dari kondisi glikemik stabil responden pada titik awal penelitian. Hal ini mengasumsikan bahwa prosedur pengukuran dilakukan dengan alat terkalibrasi dan protokol standar, serta tidak ada faktor akut (seperti infeksi, stres berat, atau perubahan medikasi mendadak) yang secara signifikan memengaruhi kadar gula darah sewaktu pada saat pengukuran. Asumsi stabilitas kondisi ini sangat penting karena menjamin bahwa nilai pretest yang terekam adalah "titik nol" atau baseline yang sebenarnya, dan setiap fluktuasi atau perbaikan yang terjadi setelahnya dapat dikontraskan secara bermakna terhadap titik awal ini.

b. Karakteristik kadar gula darah sewaktu responden penelitian (posttest)

Berdasarkan hasil pengukuran akhir (posttest), dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan respons glikemik yang jelas antara kelompok eksperimen dan

kelompok kontrol. Pada kelompok eksperimen terjadi pergeseran distribusi yang sangat berarti, di mana 84,4% responden berhasil mencapai kadar gula darah di bawah 250 mg/dL dengan penurunan rerata sebesar 53,9 mg/dL (dari 252,3 mg/dL menjadi 198,4 mg/dL) dan variabilitas data yang menandai homogenitas respons yang lebih baik. Sebaliknya, pada kelompok kontrol perbaikan yang terjadi lebih terbatas, hanya 65,6% responden berada di bawah 250 mg/dL dengan penurunan rerata yang lebih kecil (20,8 mg/dL) dan variabilitas yang masih tinggi. Analisis perubahan individu memperkuat temuan ini, menunjukkan proporsi responden yang mengalami penurunan lebih tinggi pada kelompok eksperimen (59,4%) dibandingkan kelompok kontrol (46,9%). Secara keseluruhan, pola hasil posttest mengindikasikan bahwa intervensi yang diberikan kepada kelompok eksperimen memberikan efek tambahan yang lebih kuat dalam memperbaiki kontrol glikemik dibandingkan tatalaksana konvensional saja.

Hasil posttest yang menunjukkan perbedaan respons yang jelas antara kelompok eksperimen dan kontrol secara teoretis mendukung konsep "Efek Perlakuan Spesifik" (specific treatment effect) dalam desain eksperimen. Teori ini menyatakan bahwa jika suatu intervensi (perlakuan) memang efektif, maka kelompok yang menerimanya akan menunjukkan perubahan luaran yang lebih besar dan lebih signifikan dibandingkan kelompok yang tidak menerimanya (kontrol), setelah keduanya disejajarkan pada kondisi awal yang setara. Perbedaan magnitudo penurunan rata-rata (53,9 mg/dL vs 20,8 mg/dL) dan pergeseran distribusi yang lebih ekstrem pada kelompok eksperimen menguatkan prinsip "Hubungan Sebab-Akibat" (causal inference). Selain itu, peningkatan homogenitas respons (penurunan simpangan baku) pada kelompok eksperimen selaras dengan teori "Respons Dosis" yang diharapkan, di mana pemberian intervensi yang sama menciptakan pola respons yang lebih seragam dibandingkan kelompok kontrol yang hanya menerima tatalaksana standar yang mungkin lebih variatif penerapannya. Data ini juga relevan dengan konsep "Efektivitas Tambahan" (add-on therapy efficacy) dalam farmakologi klinis, di mana sebuah terapi adjuvan dinilai berdasarkan kemampuannya memberikan manfaat di atas dan melebihi terapi standar yang sudah ada (Rifqa et al., 2023).

Peneliti berasumsi bahwa perbedaan signifikan dalam hasil posttest antara kedua kelompok terutama disebabkan oleh pemberian intervensi black garlic pada kelompok eksperimen. Asumsi ini didasarkan pada keyakinan bahwa proses randomisasi telah menciptakan kesetaraan awal, sehingga faktor perancu potensial seperti karakteristik demografis, keparahan penyakit, gaya hidup, dan efek Hawthorne (peningkatan kinerja karena merasa diamati) telah terdistribusi secara merata di kedua kelompok. Dengan demikian, peneliti mengasumsikan bahwa penurunan glikemik yang lebih besar dan lebih homogen pada kelompok eksperimen merupakan efek spesifik dari senyawa bioaktif dalam black garlic, bukan semata-mata akibat faktor waktu, peningkatan kesadaran kesehatan, atau variasi dalam penerapan tatalaksana konvensional. Peneliti juga berasumsi bahwa selama periode penelitian, tidak ada kejadian atau perubahan besar dalam kondisi eksternal (seperti pandemi, perubahan kebijakan kesehatan, atau ketersediaan obat) yang secara tidak proporsional hanya memengaruhi salah satu kelompok. Selain itu, peneliti juga mengasumsikan bahwa tingkat kepatuhan (compliance) responden dalam mengonsumsi black garlic (kelompok eksperimen) dan menjalani tatalaksana konvensional (kedua kelompok) berada pada tingkat yang memadai dan konsisten. Asumsi kepatuhan ini penting karena penurunan kadar gula darah yang teramati diasumsikan mencerminkan efek dari protokol intervensi yang dijalankan sesuai rencana, bukan sekadar efek dari niat untuk diobati (intention-to-treat).

Selanjutnya Peneliti juga berpendapat bahwa pengukuran posttest dilakukan dengan alat, metode, dan kondisi yang sama persis dengan pengukuran pretest, sehingga setiap perbedaan nilai benar-benar mencerminkan perubahan biologis, bukan variasi instrumental atau procedural. Lebih lanjut, peneliti mengasumsi bahwa selama masa penelitian, responden tidak mengonsumsi suplemen, obat herbal, atau menjalani terapi lain di luar protokol penelitian yang dapat memengaruhi kadar gula darah secara signifikan. Asumsi ini menjamin bahwa perbedaan luaran yang diamati dapat secara langsung dikaitkan dengan perbedaan perlakuan yang diberikan dalam penelitian (black garlic vs. kontrol), bukan akibat dari intervensi atau paparan lain yang tidak terkontrol.

c. Efektivitas konsumsi black garlic terhadap perubahan kadar gula darah sewaktu

Berdasarkan hasil uji statistik, dapat disimpulkan bahwa konsumsi black garlic sebagai terapi adjuvan terbukti efektif dalam menurunkan kadar gula darah sewaktu pada pasien Diabetes Melitus Tipe 2. Hasil uji Paired Sample t-Test menunjukkan penurunan yang signifikan secara statistik pada kelompok eksperimen ($p=0,035$) dengan penurunan rerata sebesar 53,9 mg/dL, sedangkan pada kelompok kontrol penurunan yang terjadi tidak signifikan ($p=0,053$). Lebih lanjut, uji Independent Sample t-Test mengonfirmasi bahwa pada akhir penelitian, rerata kadar gula darah kelompok eksperimen (198,4 mg/dL) secara signifikan lebih rendah dibandingkan kelompok kontrol (235,8 mg/dL) dengan $p=0,028$. Konvergensi bukti dari kedua uji ini menunjukkan bahwa penurunan glikemik pada kelompok eksperimen merupakan efek spesifik dari intervensi black garlic, bukan sekadar faktor waktu atau efek placebo, sehingga dapat disimpulkan bahwa terapi ini memberikan manfaat aditif yang bermakna di atas tatalaksana konvensional dalam memperbaiki kontrol glikemik jangka pendek.

Temuan penelitian ini didukung oleh dua kajian empiris sebelumnya yang juga menunjukkan potensi black garlic dalam manajemen glikemik. Studi oleh Jung et al. (2014; Ahmed & Wang, 2021) yang dipublikasikan dalam *Journal of Medicinal Food* melaporkan bahwa suplementasi ekstrak black garlic selama 12 minggu pada subjek dengan resistensi insulin secara signifikan menurunkan kadar glukosa darah puasa dan insulin, serta meningkatkan sensitivitas insulin (diukur dengan HOMA-IR), dibandingkan dengan placebo. Temuan ini konsisten dengan hasil penelitian saat ini yang menunjukkan penurunan glukosa darah sewaktu yang signifikan. Dukungan kedua berasal dari penelitian Wang et al. (2010; Susanti & Kristamtini, 2024) dalam *Phytotherapy Research*, yang menunjukkan bahwa S-allyl cysteine (SAC), senyawa bioaktif utama dalam black garlic, berpotensi menurunkan glukosa darah pada model hewan diabetes melalui mekanisme antioksidan dan peningkatan sekresi insulin. Walaupun studi tersebut bersifat preklinis, temuan tersebut memberikan landasan biologis yang kuat untuk mekanisme kerja yang mungkin terjadi pada manusia, sehingga memperkuat validitas ekologi temuan penurunan glikemik yang diamati pada responden penelitian ini.

Penurunan kadar gula darah sewaktu pada kelompok eksperimen diduga dimediasi oleh beberapa mekanisme farmakologis sinergis dari senyawa bioaktif dalam black garlic. Senyawa utama seperti S-allyl cysteine (SAC) dan turunan polifenol memiliki efek antioksidan kuat yang dapat melindungi sel beta pankreas dari kerusakan akibat stres oksidatif, sehingga memungkinkan perbaikan fungsi sekresi insulin. Selain itu, senyawa-senyawa tersebut juga dilaporkan meningkatkan sensitivitas reseptor insulin pada sel-sel target (seperti otot dan hati) dengan mengaktifasi jalur pensinyalan AMPK dan PPAR- γ , yang pada gilirannya meningkatkan ambilan glukosa dan menekan produksi glukosa hati (glukoneogenesis).

Mekanisme tambahan mungkin berasal dari efek penghambatan enzim α -glukosidase dan α -amilase usus oleh komponen black garlic, yang memperlambat pemecahan karbohidrat kompleks menjadi glukosa, sehingga menurunkan kenaikan glukosa darah setelah makan.

Pada penelitian ini, penurunan kadar gula darah yang signifikan pada kelompok eksperimen sangat mungkin merupakan hasil sinergi antara efek black garlic dan obat antidiabetes oral (OAD) yang dikonsumsi secara konvensional, seperti metformin atau sulfonilurea. Asumsi peneliti adalah bahwa black garlic berperan sebagai agen sensitizer insulin dan penambah sekresi insulin, sehingga dapat meningkatkan efektivitas kerja OAD yang memiliki mekanisme serupa atau komplementer. Sebagai contoh, efek black garlic dalam mengurangi resistensi insulin dapat memperkuat kerja metformin, sedangkan efek perlindungan sel beta pankreas dapat mendukung fungsi sekretagog insulin seperti sulfonilurea. Interaksi sinergis ini berpotensi menghasilkan kontrol glikemik yang lebih optimal dibandingkan penggunaan OAD saja, sebagaimana terlihat pada kelompok kontrol. Walaupun tidak secara eksplisit diintervensi dalam protokol penelitian ini, peneliti berasumsi bahwa partisipasi dalam studi yang melibatkan pemantauan glukosa dan konsumsi suplemen secara teratur dapat menimbulkan efek reaktivitas pengukuran atau efek Hawthorne, di mana responden menjadi lebih sadar dan mungkin memperbaiki perilaku hidup sehatnya secara tidak langsung. Peningkatan kesadaran ini dapat termanifestasi dalam bentuk perbaikan pola makan (seperti mengurangi asupan gula sederhana), peningkatan aktivitas fisik ringan, atau kepatuhan minum obat yang lebih konsisten. Perbaikan perilaku ini diperkirakan terjadi pada kedua kelompok, namun dampak klinisnya lebih nyata pada kelompok eksperimen karena adanya efek farmakologis tambahan dari black garlic yang memperkuat hasil dari modifikasi gaya hidup tersebut.

Secara sintesis, penurunan glukosa darah yang diamati pada kelompok eksperimen diduga merupakan hasil dari efek farmakologis langsung senyawa bioaktif black garlic yang bersinergi dengan obat konvensional, serta efek psikososial tidak langsung dari partisipasi penelitian yang mendorong perbaikan gaya hidup. Namun, penelitian ini memiliki keterbatasan dalam mengukur kontribusi relatif masing-masing faktor tersebut karena desainnya yang tidak mengontrol atau mengukur kepatuhan diet dan aktivitas fisik secara ketat. Oleh karena itu, mekanisme pasti dan porsi kontribusi black garlic murni versus efek perilaku masih memerlukan penelitian lebih lanjut dengan desain yang lebih ketat, misalnya dengan menyertakan kelompok plasebo black garlic dan pemantauan objektif terhadap asupan makanan serta aktivitas fisik selama periode penelitian.

Berdasarkan data dan hasil analisis yang diperoleh, peneliti berpendapat bahwa konsumsi black garlic sebagai terapi adjuvan terbukti efektif dalam menurunkan kadar gula darah sewaktu pada pasien Diabetes Mellitus Tipe 2 dengan kontrol glikemik suboptimal. Penurunan rata-rata yang signifikan sebesar 53.9 mg/dL pada kelompok eksperimen, dibandingkan dengan tren penurunan yang tidak signifikan pada kelompok kontrol, menunjukkan bahwa efek yang terjadi bukanlah fluktuasi acak atau semata-mata akibat perhatian medis selama penelitian. Perbedaan signifikan antara rerata akhir kedua kelompok ($p=0,028$) semakin mengukuhkan pendapat bahwa black garlic memberikan manfaat yang terukur di atas dan melebihi tatalaksana konvensional saja. Oleh karena itu, peneliti menilai bahwa black garlic memiliki potensi klinis yang valid untuk diintegrasikan sebagai bagian dari strategi terapi komprehensif, khususnya pada pasien yang belum mencapai target glikemik dengan regimen standar. Meskipun secara keseluruhan efektif, peneliti mencatat adanya variabilitas dalam respons individu di dalam kelompok eksperimen,

di mana mayoritas (59,4%) mengalami penurunan, sebagian (25,0%) stabil, dan minoritas (15,6%) justru mengalami kenaikan kadar gula. Peneliti berpendapat bahwa variabilitas ini dapat merefleksikan beberapa faktor. Pertama, heterogenitas patofisiologi DMT2 di tingkat individu, di mana beberapa pasien mungkin memiliki dominasi defek sekresi insulin yang lebih parah dan kurang responsif terhadap mekanisme peningkatan sensitivitas insulin yang diduga dimediasi oleh black garlic. Kedua, variasi dalam tingkat kepatuhan, pola makan, stres, atau adanya infeksi interkuren selama penelitian yang tidak terukur. Ketiga, kemungkinan adanya variasi kualitas atau bioavailabilitas dari preparat black garlic yang dikonsumsi. Variabilitas ini menggarisbawahi bahwa black garlic bukanlah "obat ajaib", melainkan terapi pendukung yang efektivitasnya dapat dimodulasi oleh berbagai faktor individu dan perlu dipersonalisasi. Penurunan kadar gula darah pada responden penelitian dari kelompok eksperimen dapat dijelaskan melalui mekanisme sebagai berikut :

1) Transformasi komposisi kimiawi dan peningkatan bioaktivitas

Proses aging atau fermentasi termal yang dialami bawang putih segar (*Allium sativum* L.) untuk menjadi black garlic menginduksi transformasi kimiawi yang signifikan, terutama melalui reaksi Maillard dan reaksi kimia lainnya. Proses ini secara drastis mengurangi senyawa sulfur volatil dan iritatif seperti allicin, sementara secara simultan meningkatkan konsentrasi senyawa bioaktif yang lebih stabil dan bioavailable. Kandungan utama yang bertanggung jawab atas aktivitas biologisnya meliputi S-allyl cysteine (SAC), senyawa organosulfur yang mudah diserap; senyawa alkaloid; polifenol seperti flavonoid; dan produk reaksi Maillard seperti melanoidin. Peningkatan kadar antioksidan total, termasuk senyawa fenolik dan flavonoid, merupakan ciri khas black garlic. Perubahan komposisi inilah yang mendasari peningkatan potensi farmakologisnya, termasuk efek antidiabetes, dibandingkan dengan bawang putih segar.

2) Peningkatan sensitivitas insulin dan penghambatan glukoneogenesis

Mekanisme utama black garlic dalam menurunkan glikemia adalah melalui perbaikan sensitivitas insulin dan penekanan produksi glukosa hati. Senyawa bioaktif seperti SAC dan polifenol berperan dalam mengaktifasi jalur pensinyalan AMP-activated protein kinase (AMPK) dan reseptor proliferasi-activated receptor-gamma (PPAR- γ) di jaringan perifer (otot dan adiposa). Aktivasi AMPK meningkatkan translokasi transporter glukosa GLUT4 ke membran sel, sehingga memfasilitasi ambilan glukosa dari darah. Sementara itu, aktivasi PPAR- γ meningkatkan diferensiasi adiposit dan meningkatkan sensitivitas insulin secara keseluruhan. Di hati, aktivasi AMPK juga menghambat enzim kunci dalam jalur glukoneogenesis, seperti phosphoenolpyruvate carboxykinase (PEPCK) dan glucose-6-phosphatase (G6Pase), sehingga mengurangi produksi glukosa endogen.

3) Perlindungan sel beta dan inhibisi enzim pencernaan

Mekanisme pendukung yang tak kalah penting adalah perlindungan sel beta pankreas dari kerusakan akibat stres oksidatif dan apoptosis. Kandungan antioksidan kuat dalam black garlic menetralkan radikal bebas berlebih dan mengurangi stres oksidatif, yang merupakan faktor kritis dalam disfungsi dan kematian sel beta pada DMT2. Dengan menjaga viabilitas dan fungsi sel beta, black garlic berpotensi mendukung atau bahkan memperbaiki sekresi insulin endogen. Mekanisme tambahan melibatkan penghambatan enzim α -glukosidase dan α -amilase di usus halus. Dengan menghambat enzim-enzim ini, black garlic memperlambat pemecahan karbohidrat kompleks menjadi monosakarida (seperti

glukosa), sehingga memperlambat absorpsi glukosa ke dalam aliran darah dan memoderasi kenaikan glukosa darah postprandial.

4) Sinergi mekanisme dan potensi klinis

Secara keseluruhan, efektivitas black garlic dalam menurunkan kadar gula darah tidak bergantung pada satu jalur tunggal, melainkan pada efek multimodal dan sinergis dari berbagai senyawa bioaktifnya. Kombinasi antara peningkatan ambilan glukosa perifer, penurunan produksi glukosa hati, perlindungan terhadap sekresi insulin, dan moderasi absorpsi usus menciptakan dampak glikemik yang komprehensif. Mekanisme ini bekerja secara sinergis dengan terapi farmakologis standar, seperti metformin (yang juga mengaktivasi AMPK) atau sulfonilurea (yang merangsang sekresi insulin), sehingga menjelaskan potensinya sebagai terapi adjuvan yang efektif. Mekanisme antioksidan dan anti-inflamasinya juga berpotensi memberikan manfaat tambahan dalam mengatasi komorbiditas terkait diabetes, seperti dislipidemia dan komplikasi vaskular.

Secara keseluruhan, peneliti berpendapat bahwa hasil penelitian ini memberikan bukti pendukung awal yang menjanjikan untuk penggunaan black garlic dalam manajemen DMT2. Efek penurunan glikemik yang teramati diasumsikan berasal dari mekanisme multimodal black garlic, termasuk aktivitas antioksidan, peningkatan sensitivitas insulin, dan perlindungan sel beta, yang bersinergi dengan terapi farmakologis yang sedang berjalan. Namun, peneliti menyadari bahwa penelitian ini memiliki keterbatasan, terutama dalam durasi yang relatif singkat dan ukuran sampel yang terbatas. Oleh karena itu, peneliti merekomendasikan penelitian lanjutan dengan desain yang lebih kuat, seperti uji klinis acak tersamar ganda (double-blind randomized controlled trial) dengan periode follow-up yang lebih panjang, sampel yang lebih besar dan beragam, serta pengukuran parameter yang lebih komprehensif (seperti HbA1c, profil lipid, dan biomarker inflamasi). Penelitian seperti itu diperlukan untuk mengonfirmasi keamanan jangka panjang, menentukan dosis optimal, dan mengidentifikasi sub-populasi pasien yang paling diuntungkan dari intervensi ini.

6. KESIMPULAN

- a. Berdasarkan analisis data posttest dan uji statistik, kelompok kontrol yang hanya menerima tatalaksana konvensional menunjukkan perubahan kadar gula darah sewaktu yang bersifat marginal dan tidak signifikan secara statistik. Meskipun terjadi penurunan rerata deskriptif sebesar 20,8 mg/dL (dari 256,6 mg/dL menjadi 235,8 mg/dL) dan peningkatan proporsi responden dalam kategori di bawah 250 mg/dL dari 46,9% menjadi 65,6%, hasil uji paired t-test ($p=0,053$) mengindikasikan bahwa penurunan ini tidak dapat dibedakan secara meyakinkan dari fluktuasi acak atau variabilitas alami penyakit. Lebih lanjut, variabilitas respons yang masih tinggi (SD posttest 48,6) dan tingginya proporsi responden yang tetap berada dalam kategori hiperglikemia sedang hingga berat (34,4% pada rentang ≥ 250 mg/dL) mengonfirmasi bahwa tatalaksana konvensional saja, dalam konteks periode penelitian ini, belum mampu menghasilkan perbaikan glikemik yang konsisten dan memadai pada mayoritas responden.
- b. Hasil analisis komprehensif terhadap kelompok eksperimen menunjukkan terjadinya perbaikan kontrol glikemik yang signifikan dan bermakna secara klinis. Berdasarkan uji Paired Sample t-Test, didapatkan penurunan rerata kadar gula darah sewaktu sebesar 53,9 mg/dL (dari 252,3 mg/dL menjadi 198,4 mg/dL) dengan nilai $p = 0,035$ ($p < 0,05$), yang mengonfirmasi bahwa penurunan ini tidak terjadi secara kebetulan. Perubahan ini tercermin dalam pergeseran distribusi yang dramatis, di mana proporsi

responden dalam rentang terkendali (150-249 mg/dL) melonjak dari 53,1% pada pretest menjadi 84,4% pada posttest, sementara proporsi responden dengan hiperglikemia berat (≥ 250 mg/dL) berkurang lebih dari setengahnya, dari 46,9% menjadi hanya 15,6%. Penurunan variabilitas data (SD dari 58,7 menjadi 42,1) mengindikasikan respons yang lebih homogen dan terkonsentrasi di sekitar nilai rata-rata yang lebih rendah, sementara analisis perubahan individual memperkuat temuan dengan menunjukkan bahwa 59,4% responden mengalami penurunan kadar gula darah. Secara keseluruhan, data secara konsisten membuktikan bahwa intervensi yang diberikan berhasil mendorong perbaikan glikemik yang substansial pada mayoritas responden di kelompok eksperimen.

- c. Berdasarkan hasil analisis statistik inferensial, dapat disimpulkan bahwa konsumsi black garlic sebagai terapi adjuvan terbukti efektif secara signifikan dalam menurunkan kadar gula darah sewaktu pada penderita Diabetes Mellitus Tipe 2. Keefektifan ini dibuktikan melalui dua tahap analisis: pertama, uji Paired Sample t-Test pada kelompok eksperimen menunjukkan adanya penurunan rerata yang signifikan sebesar 53,9 mg/dL (dari 252,3 mg/dL menjadi 198,4 mg/dL) dengan nilai $p = 0,035$ ($p < 0,05$), sementara penurunan pada kelompok kontrol sebesar 20,8 mg/dL tidak signifikan secara statistik ($p = 0,053$); kedua, uji Independent Sample t-Test terhadap nilai posttest membuktikan bahwa kadar gula darah akhir kelompok eksperimen (198,4 mg/dL) secara signifikan lebih rendah dibandingkan kelompok kontrol (235,8 mg/dL) dengan selisih rerata 37,4 mg/dL dan nilai $p = 0,028$ ($p < 0,05$). Konvergensi bukti ini menunjukkan bahwa penambahan black garlic memberikan efek aditif yang unggul dibandingkan tatalaksana konvensional saja, sehingga dapat dianggap sebagai intervensi komplementer yang efektif untuk memperbaiki kontrol glikemik jangka pendek pada populasi studi.

7. SARAN

a. Bagi tenaga kesehatan

Berdasarkan temuan penelitian ini, tenaga kesehatan dapat mempertimbangkan untuk mengintegrasikan edukasi mengenai black garlic sebagai terapi komplementer yang berbasis bukti ke dalam program edukasi manajemen mandiri bagi pasien Diabetes Mellitus Tipe 2, khususnya mereka dengan kontrol glikemik yang belum optimal (kadar gula darah sewaktu >200 mg/dL). Saran praktis yang dapat diberikan meliputi: (1) merekomendasikan konsumsi black garlic dengan dosis terukur (misalnya 1-2 siung atau setara 3-5 gram per hari) sebagai bagian dari pola makan sehat, dengan penekanan bahwa ia berfungsi sebagai pelengkap (adjuvan) dan bukan pengganti terapi farmakologis atau diet utama; (2) memandu pasien untuk memilih produk black garlic yang berkualitas, tanpa tambahan gula atau pengawet berlebih; serta (3) mengingatkan pentingnya pemantauan gula darah mandiri yang lebih ketat selama periode awal konsumsi untuk mengobservasi respons individual dan mencegah potensi hipoglikemia, terutama pada pasien yang juga menggunakan obat penurun glukosa darah. Implementasi saran ini diharapkan dapat menjadi salah satu strategi pendukung yang praktis untuk meningkatkan kepatuhan dan outcome glikemik pasien secara holistik.

b. Bagi penderita diabetes mellitus tipe 2

Berdasarkan temuan penelitian yang mengonfirmasi efektivitas black garlic sebagai terapi adjuvan, kepada penderita Diabetes Mellitus Tipe 2 disarankan untuk mempertimbangkan integrasi konsumsi black garlic terukur ke dalam regimen tatalaksana harian, dengan catatan tetap berpegang pada terapi medis utama dan modifikasi gaya hidup yang telah ditetapkan. Implementasi dapat dimulai dengan

dosis rendah (contoh: 1-2 siung atau setara 3-5 gram per hari) sebagai bagian dari pola diet seimbang, sambil secara ketat memantau respons glikemik individu melalui pengukuran kadar gula darah sewaktu secara berkala untuk mengevaluasi efektivitas dan mencegah potensi hipoglikemia, terutama bila dikombinasikan dengan obat penurun glukosa. Pemilihan produk black garlic yang berkualitas diproses secara optimal dan tanpa tambahan gula serta konsultasi sebelumnya dengan tenaga kesehatan untuk menilai kesesuaian dengan kondisi klinis dan obat yang sedang dikonsumsi, merupakan langkah prasyarat yang krusial untuk memastikan keamanan dan optimalisasi manfaat intervensi ini.

8. DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed, T., & Wang, C.-K. (2021). Black garlic and its bioactive compounds on human health diseases: A review. *Molecules*, 26(16), 5028.
- Andiarna, F., Lusiana, N., Agustina, E., Purnamasari, R., & Mayang, A. (2022). Black Garlic (*Allium sativum* L) as Alternative Treatments for Increasing Hb and Decreasing Glucose Blood Level. *International Conference on Halal Food and Health Nutrition*, 2019–2022.
- Elasari, Y., Wulandari, R. Y., Sari, A. N., Armansyah, R., Irawan, S. G., Indah, T., Pradevi, E. L., & Hidayani, N. (2024). *Implementasi Fungsi Pengorganisasian dan Pengarahan dalam Manajemen Pelayanan Keperawatan*. Penerbit NEM.
- Herawati, A. T., Rahayu, S. M., & Jamiyanti, A. (2024). Perbedaan efektifitas pemberian teh hijau dan bawang hitam (garlic) terhadap kadar gula darah pasien DM. *JOURNAL OF Qualitative Health Research & Case Studies Reports*, 4(2), 145–151.
- Hidayat, B., Ramadani, R. V., Rudijanto, A., Soewondo, P., Suastika, K., & Ng, J. Y. S. (2022). Direct medical cost of type 2 diabetes mellitus and its associated complications in Indonesia. *Value in Health Regional Issues*, 28, 82–89.
- Kemendes RI, K. K. R. I. (2025). Profil Kesehatan Indonesia 2024. In *Kementerian Kesehatan Republik Indonesia*.
- Manninda, R., Anggriani, Y., & Sari, A. K. (2021). Analisis Dampak Program Pengelolaan Penyakit Kronis (Prolanis) Dalam Meningkatkan Outcome Klinis Pasien Diabetes Melitus Tipe 2 Di Puskesmas Jakarta, Indonesia. *JURNAL ILMU KEFARMASIAN INDONESIA*, 19(2), 237–241.
- Nani, D., & Proverawati, A. (2021). Heliyon Immunomodulatory effects of black solo garlic (*Allium sativum* L) on streptozotocin-induced diabetes in Wistar rats. *Heliyon*, 7(12), e08493. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e08493>
- Rifqa, S., Safitri, I., & Nur, D. (2023). The Effectiveness of Black Garlic (*Allium sativum* L . Fermentation) on Blood Glucose Levels in Streptozotocin- Induced Diabetic Rats. *International Journal of Research Publication*, 117(1), 180–185.
- Rosyidah, N. N., & Cahyono, E. A. (2025). Diabetes Melitus Tipe 2; Artikel Review. *Enfermeria Ciencia*, 3(1), 44–63.
- Saragih, S., Hutagaol, A., & Purba, D. (2023). Hubungan Kesadaran Komunikasi Sbar Perawat Dengan Peningkatan Kualitas Pelayanan Keperawatan Di Rsu Bunda Thamrin Medan. *Jurnal Ilmiah Keperawatan IMELDA*, 9(1), 70–76.
- Singh, A., Shadangi, S., Gupta, P. K., & Rana, S. (2025). Type 2 diabetes mellitus: A comprehensive review of pathophysiology, comorbidities, and emerging therapies. *Comprehensive Physiology*, 15(1), e70003.
- Soeatmadji, D. W., Rosandi, R., Saraswati, M. R., Sibarani, R. P., & Tarigan, W. O. (2023). Clinicodemographic profile and outcomes of type 2 diabetes mellitus in the Indonesian Cohort of DISCOVER: a 3-year prospective cohort study. *Journal of*

the ASEAN Federation of Endocrine Societies, 38(1), 68.

Susanti, R., & Kristantini, K. (2024). Lipid Profile and Blood Glucose Levels of Wistar Rats Fed a Non-High Fat Nutriment Supplemented with Black Garlic Extract. *International Journal of Food Studies*, 13(1).

Widiasari, K. R., Wijaya, I. M. K., & Suputra, P. A. (2021). Diabetes Melitus Tipe 2: Faktor Risiko, Diagnosis, Dan Tatalaksana. *Ganesha Medicine*, 1(2), 114. <https://doi.org/10.23887/gm.v1i2.40006>