BAB IV
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A.Hasil Penelitian

1. Gambaran Umum Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada 1 Juni hingga 31 Juli 2025. Pelaksanaan penelitian diawali dengan proses induksi aloksan pada tikus Wistar jantan, kemudian dilakukan pengambilan sampel darah untuk memastikan kondisi hiperglikemia melalui pemeriksaan kadar glukosa darah. Selanjutnya, kelompok perlakuan diberikan intervensi selama 15 hari dan pada hari ke-16 dilakukan kembali pengambilan sampel darah, untuk pemeriksaan kadar Malondialdehid (MDA) menggunakan metode Enzyme-Linked Immunosorbent Assay (ELISA).

Pembuatan Mar'ke Bilar dilakukan di Laboratorium Teknologi Pangan, Jurusan Gizi, Poltekkes Kemenkes Medan. Pemeliharaan hewan coba dilaksanakan di Fakultas Kedokteran Universitas Brawijaya. Pemeriksaan kadar SOD dilakukan di Laboratorium Patologi Klinik Fakultas Kedokteran Universitas Brawijaya, yang bekerja sama dengan Laboratorium Okta Santika Malang, Jawa Timur.

2. Adaptasi Sampel

Tikus merupakan hewan mamalia yang umum digunakan sebagai hewan percobaan dalam penelitian pra-klinis. Penelitian pra-klinis adalah tahap awal pengujian keamanan dan efektivitas suatu zat sebelum diuji pada manusia. Jenis-jenis tikus yang sering digunakan sebagai hewan percobaan antara lain *Mus musculus* (tikus rumah). Tikus Wistar jantan terlebih dahulu diadaptasikan selama 7 hari sebelum perlakuan dimulai. Selama masa adaptasi, tikus ditempatkan dalam kandang berukuran ±30 × 45 × 20 cm yang dilengkapi alas sekam bersih dan dipelihara pada kondisi lingkungan yang terkontrol.

Masa adaptasi selama 7 hari dilakukan untuk memberikan waktu bagi tikus untuk menyesuaikan diri terhadap lingkungan pemeliharaan sebelum memasuki tahap

penelitian. Penggunaan periode adaptasi selama 7 hari pada tikus Wistar juga telah diterapkan dalam penelitian eksperimental sebelumnya, termasuk penelitian yang menggunakan model tikus Wistar pada penelitian terkait diabetes (Ahmad, B et al., 2018). Pemilihan *Rattus norvegicus* strain Wistar atau tikus wistar jantan sebagai model hewan percobaan didasarkan pada karakteristiknya yang mudah dipelihara, serta pemilihan jenis kelamin jantan, rentang usia, dan berat badan bertujuan untuk menghindari variasi hormonal, fisiologis, dan metabolik tikus yang dapat mempengaruhi homogenitas sampel dan validitas hasil penelitian.

Selama masa pemeliharaan dan adaptasi, tikus Wistar jantan menunjukkan kondisi yang baik dan sehat. Hal ini terlihat dari aktivitas tikus yang normal, seperti bergerak aktif, makan dan minum dengan baik, serta tidak menunjukkan tanda-tanda sakit atau stres. Selain itu, kondisi fisik tikus juga tampak baik, ditandai dengan bulu yang bersih, tidak kusam, mata jernih, dan tidak terdapat luka atau kelainan pada tubuh. Selama pemeliharaan, berat badan tikus juga mengalami peningkatan secara bertahap sesuai dengan pertumbuhan normal.

Setelah masa pemeliharaan selesai, seluruh tikus ditimbang dan diperoleh berat badan antara 175–200 gram per ekor berdasarkan kriteria sampel yang diinginkan dengan memudahkan dalam masa aklimitasi dan penelitian berlangsung Berdasarkan kondisi kesehatan dan berat badan tersebut, tikus dinyatakan memenuhi kriteria dan siap digunakan sebagai hewan coba dalam penelitian.

3. Asupan Makan Tikus

a. Zat gizi pakan diet normal tikus

Perawatan tikus dilakukan di Fakultas Kedokteran, Universitas Brawijaya bagian In Vivo, kemudian tikus diadaptasikan (aklimatisasi) di kandang selama 7 hari. Selama penelitian berlangsung, tikus diberi asupan makan dan minum untuk menjaga kestabilan kondisi fisiologis. Pakan yang umumnya digunakan adalah pakan standar komersial seperti Comfeed PAR-S atau AIN-93M yang diformulasikan khusus untuk tikus percobaan. Penelitian ini menggunakan Comfeed PAR-S yang dicampur dengan

tepung bromo dengan perbandingan 2:1 sebagai pakan diet normal. Kandungan zat gizi per 100 gram komposisi diet normal tikus dapat dilihat pada tabel 6

Tabel 6. Zat Gizi per 100 gram Komposisi

Zat Gizi	Comfeed PAR-S	Tepung Bromo
Energi (Kkal)	344	340
Protein (gram)	19	11
Lemak (gram)	4	0,9
Karbohidrat (gram)	54	72

Berdasarkan komposisi yang tercantum pada Tabel 7, kedua bahan dengan perbandingan 2:1 diolah menjadi pakan tikus sebanyak 300 gram, yang mencukupi kebutuhan 10 ekor tikus. Dengan demikian, jumlah pakan yang dipersiapkan untuk 24 ekor tikus setiap hari adalah sebesar 900 gram, sehingga memudahkan proses perhitungan dalam pembuatan pakan. Kandungan zat gizi pakan dengan perbandingan 2:1 dalam jumlah 300 gram disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Zat Gizi per 300 gram Komposisi

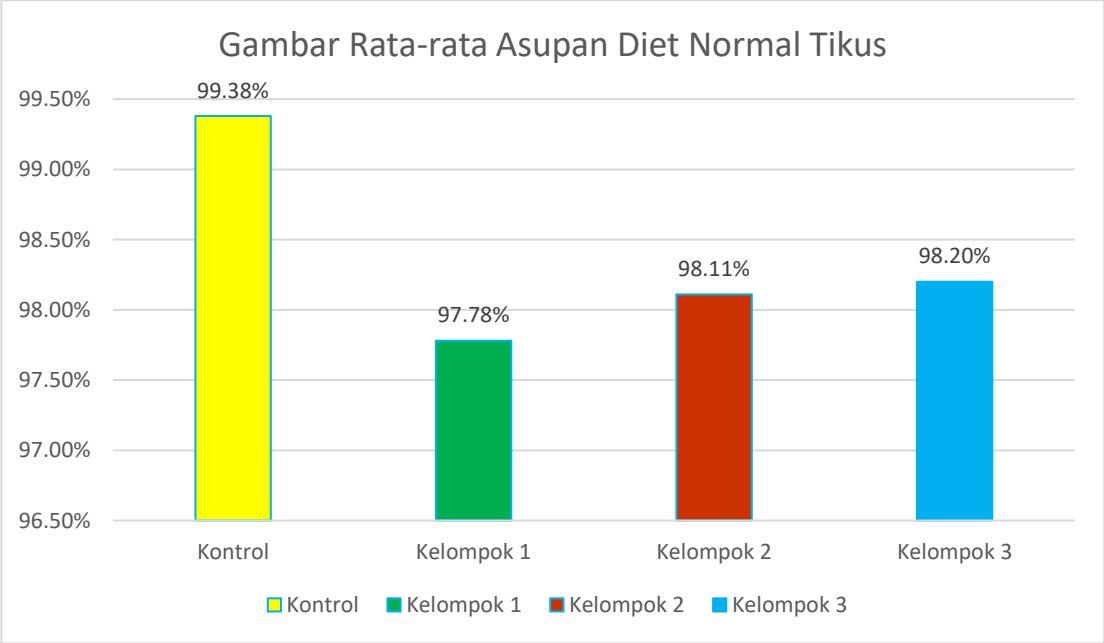
Zat Gizi	Comfeed PARS (200gr)	Tepung Bromo (100 gr)	Total (gram)
Energi(Kkal)	688	340	1028
Protein (gram)	38	11	49
Lemak (gram)	8	0,9	8,9
Karbohidrat (gram)	116	72	188

Diet normal dibuat 300 gram untuk 10 ekor tikus yaitu Setiap 30 gram pakan mengandung energi 102,8 kkal, protein 4,9 g, lemak 0,89 g, dan karbohidrat 18,8 g dapat dilihat pada tabel 8.

Tabel 8. Kebutuhan Asupan Zat Gizi Harian Tikus (30 gram/hari)

Zat Gizi	Jumlah Asupan
Energi	: 102, 8 kkal
Protein	: 4,9 gram
Lemak	: 8,9 gram
Karbohidrat	: 188 gram

Rata-rata konsumsi diet normal tikus dapat dilihat pada gambar dan tabel sebagai berikut :



Gambar 8. Rata-rata Konsumsi Diet Normal Tikus

Tabel 9. Persentase Rata-rata Konsumsi Diet Normal Tikus

Asupan	$\bar{x}$	*p*-value
Kelompok kontrol Tanpa pemberian formulasi	99. 38%	
Kelompok Tikus 1 dengan Pemberian Formulasi 1	97.88%	
		>0.05*
Kelompok Tikus 2 dengan Pemberian Formulasi 2	98.11%	
Kelompok Tikus 3 dengan Pemberian Formulasi 3	98.20%	

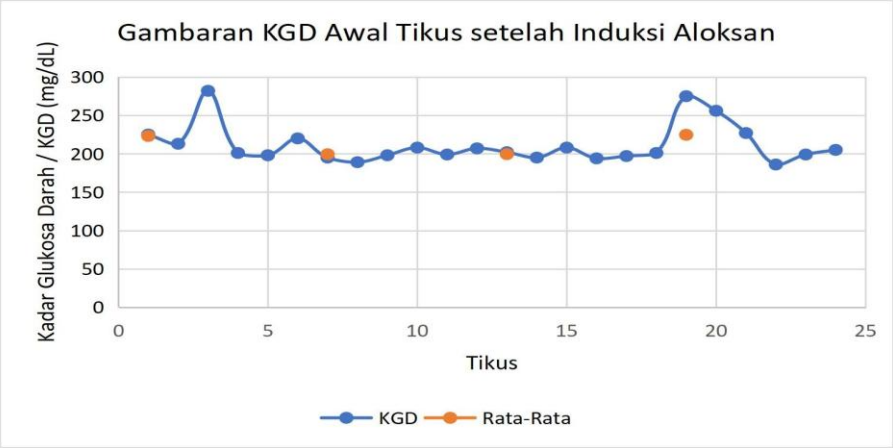
Keterangan : *Uji T Independent

Tabel Menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan signifikan dari segi pakan konsumsi diet normal dengan Uji Statistik T independent. Hasil menunjukkan bahwa keadaan tikus homogen antar kelompok perlakuan.

4. Induksi Aloksan dan Pemeriksaan KGD 2JPP Setelah Induksi Aloksan

Kadar gula darah (KGD) adalah indikator untuk menilai kondisi hiperglikemia. Pengukuran KGD mencakup beberapa jenis pemeriksaan, yaitu gula darah puasa, gula darah sewaktu, serta gula darah dua jam setelah makan (2 jam postprandial/2JPP). Setelah proses aklimatisasi selesai, penelitian dilanjutkan dengan menjadikan tikus wistar Jantan diabetes melitus. Beberapa metode yang dapat digunakan untuk menginduksi kondisi diabetes melitus antara lain induksi aloksan, streptozotosin (STZ), serta pemberian diet tinggi karbohidrat yang dikombinasikan dengan senyawa diabetogenik. Pada penelitian ini, induksi diabetes melitus dilakukan menggunakan aloksan yang diberikan secara intraperitoneal dengan dosis 120 mg/kg berat badan pada masing-masing tikus. Tahap selanjutnya adalah induksi diabetes melitus pada tikus

wistar jantan menggunakan aloksan yang diberikan melalui injeksi intraperitoneal dengan dosis 120 mg/kg berat badan. Setelah 5 hari proses induksi aloksan, dilakukan pemeriksaan kadar gula darah dua jam postprandial (2JPP) untuk menilai kondisi hiperglikemia. Tikus dinyatakan mengalami diabetes melitus apabila kadar gula darah 2JPP (>140 mg/dL). Hasil Pemeriksaan KGD setiap tikus dapat dilihat pada gambar 9.



Gambar 9. KGD 2JPP Setelah Induksi Aloksan

Gambar 9. angka KGD masing-masing tikus pada pengukuran dua jam postprandial (2JPP) setelah induksi aloksan. Seluruh tikus memiliki kadar glukosa darah di atas 140 mg/dL, yang menunjukkan kondisi hiperglikemia. Garis rata-rata menggambarkan nilai rerata KGD seluruh tikus percobaan, menandakan tikus mengalami diabetes melitus.

Tabel 10. Rata-rata KGD 2JPP Tikus Perlakuan Setelah Induksi Aloksan

Kelompok	x̄	*p-value*
Kelompok Kontrol tanpa Pemberian formulasi	233.16	
Kelompok Tikus 1 dengan Pemberian formulasi 1	211.66	>0,5*
Kelompok Tikus 2 dengan Pemberian formulasi 2	205.16	
Kelompok Tikus 3 dengan Pemberian formulasi 3	225.33	

Keterangan : *Uji T-Independent

Tabel 11. menunjukkan tidak ada perbedaan yang signifikan antara nilai KGD pada setiap kelompok (p>0,05), sehingga setiap tikus layak digunakan sebagai model hewan percobaan pada tahap penelitian selanjutnya. Selama proses penelitian, ditemukan 2 ekor tikus *wistar* diabetes melitus yang mati pada kelompok kontrol setelah di induksi aloksan. Hal tersebut terjadi akibat lonjakan kadar gula darah yang sangat tinggi setelah induksi aloksan, sehingga menyebabkan tikus mengalami gangguan metabolik berat sehingga tikus tidak dapat bertahan hidup.

5. Kandungan Zat Gizi Antioksidan dan Bioaktif Mar'kebillar

Minuman Mar'ke billar akan diiberikan sebagai treatment pada tikus wistar Jantan yang diketahui telah positif menderita diabetes melitus untuk melihat pengaruhnya terhadap kadar MDA. Kandungan zat gizi antioksidan dan bioaktif minuman Mar'ke Billar dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 11. Kandungan Minuman Mar'ke Billar per 100 ml

Parameter	F1	F2	F3
Serat Pangan (%)	2.78	7,11	12,39
Flavonoid (mg/100g)	24,91	37,87	47,93
Seng(mg/100g)	1,373	1,885	2,291
IG(%)	69,	76569,125	66,42
Vitamin C (mg/100g)	26,53	56,81	50,60
Total Antioksidan (ppm)	14,86	13,73	12,82
Antosianin (ppm)	17,45	23,53	63,02
Total Karoten (µg/g)	4,37	4,49	4,36

Tabel 12. Menunjukkan bahwa kandungan zat gizi, antioksidan, senyawa bioaktif, serta nilai indeks glikemik (IG) pada setiap formulasi berbeda-beda. Kandungan serat pangan tertinggi terdapat pada formulasi 3 sebesar 12,39%. Kandungan flavonoid tertinggi juga terdapat pada formulasi 3 sebesar 47,93 mg. Kandungan seng tertinggi terdapat pada formulasi 3 yaitu sebesar 2,291 mg. Nilai indeks glikemik tertinggi terdapat pada formulasi 1 sebesar 69,765. Kandungan vitamin C tertinggi terdapat pada formulasi 2 sebesar 56,81mg.Total antioksidan tertinggi terdapat pada formulasi 1 sebesar 14,86 ppm. Kandungan antosianin tertinggi terdapat pada formulasi 3 sebesar 63,02 ppm. Sementara itu, kandungan beta-karoten tertinggi terdapat pada formulasi 2 yaitu sebesar 4,49 µg/g.

6. Hasil Pemeriksaan Kadar Malondialdehid (MDA)

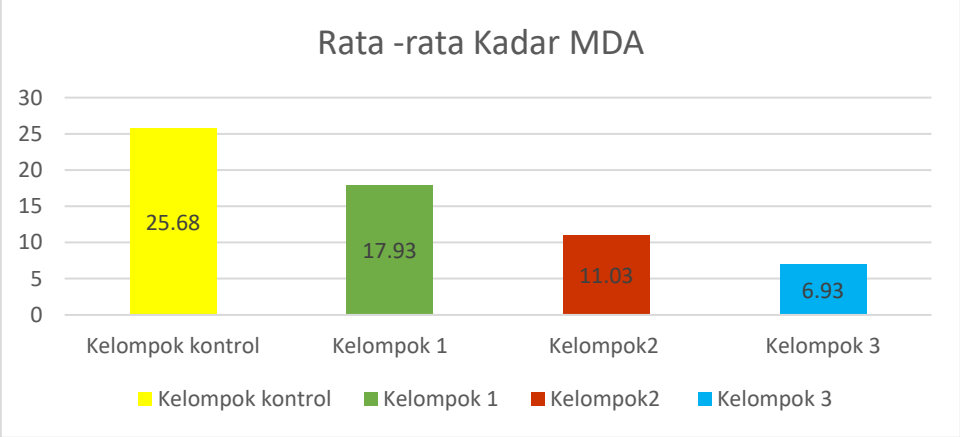
Malondialdehid (MDA) merupakan senyawa hasil akhir dari proses peroksidasi lipid, yaitu reaksi oksidasi asam lemak tidak jenuh oleh radikal bebas. MDA sering digunakan sebagai indikator stres oksidatif karena peningkatan kadarnya menunjukkan terjadinya kerusakan sel akibat oksidasi. Kadar MDA yang tinggi dalam tubuh dapat menimbulkan banyak masalah Kesehatan. Hasil pemeriksaaan MDA setelah pemberian minuman

Mar'ke Billar yang kaya zat antioksidan dan bioaktif menunjukkan berpengaruh dalam menurunkan kadar MDA yang dapat dilihat pada tabel dan gambar dibawah ini.

Tabel 12. Rata-rata Kadar MDA tikus wistar Jantan Diabetes Melitus Setelah Pemberian Minuman Mar'ke Bilar

Kelompok	Kadar MDA
Kontrol tanpa pemberian formulasi	25.68±0.69
Kelompok tikus 1 dengan pemberian formulasi 1	17.93±0.62
Kelompok tikus 2 dengan pemberian formulasi 2	11.03±0.30
Kelompok tikus 3 dengan pemberian formulasi 3	6.93±1.13

Gambar 10. Diagram Hasil Rata-rata Kadar MDA



Hasil pemeriksaan MDA diperoleh rata-rata kadar MDA kelompok kontrol (25.68±0.69), perlakuan 1 (17.93±0.62), perlakuan 2 (11.03±0.30), perlakuan 3 (6.93±1.13) dan disajikan dalam bentuk diagram batang pada gambar diatas menunjukkan bahwa tingkatan masing-masing dengan kadar tertinggi pada kelompok kontrol dan kelompok perlakuan formulasi 3.

7. Analisis Data

Perbedaan dapat dilakukan dengan menggunakan Uji One Way ANOVA dilanjutkan dengan Uji post hoc- tukey, untuk melihat ada tidaknya perbedaan antar 2 kelompok sampel. Distribusi pengaruh pemberian Mar'ke Bilar terhadap kadar MDA dapat dilihat pada tabel dibawah.

Tabel 13. Pengaruh Pemberian Mar'ke Bilar terhadap Kadar MDA

Indikator	Kontrol	F1	F2	F3	*p-value*
KGD	25.68±0.69^{d**}	17.93±0.62c**	11.03±0.30^{b**}	6.93±1.13a**	0.0001*

Keterangan : *One Way ANOVA test

** *Post hoc-tukey*

Pada table 9. Menunjukkan bahwa Uji one-way ANOVA digunakan untuk menganalisis perbedaan kadar MDA antar kelompok perlakuan. Selanjutnya, uji post-hoc Tukey dilakukan untuk mengetahui kelompok yang memberikan pengaruh paling signifikan terhadap kadar gula darah. Hasil uji ANOVA menunjukkan adanya perbedaan yang bermakna antar kelompok (p = 0,0001). Berdasarkan hasil uji lanjut, kelompok kontrol memiliki kadar MDA tertinggi, yang ditunjukkan oleh notasi d (25.68±0.69$^{d**)}$ dibandingkan dengan perlakuan kelompok 1 (17.93±0.62c**) dan kelompok perlakuan 2 (11.03±0.30$^{b**)}$ yang menghasilkan notasi c dan b, sedangkan pada kelompok perlakuan 3(6.93±1.13a**) sudah terjadi penurunan kadar MDA yang signifikan dengan bernotasi a. Dengan demikian dapat disimpulkan pemberian minuman Mar'ke Bilar formulasi yang berkontribusi paling efektif dalam penurunan kadar MDA terdapat pada kelompok perlakuan 3 dengan notasi a

B. PEMBAHASAN

A. Karakteristik Sampel Tikus

Sampel yang digunakan pada penelitian ini adalah tikus jenis *Rattus novergicus* Strain Wistar berjenis kelamin jantan berusia 6-8 minggu dengan berat badan 175-200gr per ekor, dalam kondisi sehat dan tidak bercacat fisik. Tikus diinduksi dengan aloksan melalui injekasi intraperitoneal dengan dosis 120mg/kgBB, kemudian dilakukan pemeriksaan kadar gula darah 2JPP untuk mengetahui kondisi hiperglikemia pada tikus (>140mg/dl).

B. Pengaruh Pemberian Minuman Mar'Kebilar Terhadap Penurunan MDA

Minuman Mar'ke Bilar merupakan produk berbasis pangan lokal yang dikembangkan dari tiga jenis bahan, kemudian diformulasikan menjadi tiga variasi dengan komposisi berbeda. Produk ini dikemas dalam botol berisi 200 ml dan diuji secara pre-klinis pada tikus wistar jantan dengan diabetes melitus. Pemberian dilakukan menggunakan spuit 5 cc dengan dosis 4 ml selama 15 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian Mar'Ke Bilar pada formulasi F1, F2, dan F3 berpengaruh signifikan dalam menurunkan kadar Malondialdehid (MDA) ($p < 0,05$). Efek ini terutama berasal dari kandungan antioksidan seperti vitamin C, beta karoten, dan seng serta senyawa bioaktif berupa flavonoid dan pigmen antosianin yang terdapat pada bahan dasar markisa ungu, kesemek, dan ubi jalar ungu. Kandungan tersebut berperan dalam menekan penurunan kadar MDA dengan cara memperbaiki fungsi mitokondria sel β pankreas yang sebelumnya mengalami kerusakan akibat radikal bebas. Dengan demikian, sekresi insulin pankreas dapat meningkat, sekaligus menurunkan stres oksidatif yang terjadi pada kondisi diabetes melitus.

C. Peranan Antioksidan Terhadap MDA Pada Penderita Diabetes Melitus

Diabetes melitus merupakan penyakit metabolik yang ditandai dengan keadaan hiperglikemia. Hiperglikemia pada penderita DM menyebabkan terjadinya kerusakan sel dan jaringan melalui proses stress oksidatif. Kondisi ini menyebabkan terjadinya stres oksidatif akibat ketidakseimbangan antara produksi radikal bebas dan kapasitas

sistem antioksidan tubuh(Putri et al.,2025). Salah satu dampak utama stres oksidatif adalah terjadinya peroksidasi lipid, akumulasi radikal bebas bisa melakukan penyerangan asam lemak tak jenuh dan menghasilkan senyawa berbahaya seperti MDA yang dapat menyebabkan kerusakan sel(Santoso et al., 2021).

Peningkatan kadar MDA menandakan timbulnya peroksidasi lipid pada membran sel, dan penurunan aktivitas antioksidan yang dapat menigkatkan kadar MDA pada tubuh.(Santoso et al., 2025) Peningkatan kadar MDA pada penderita diabetes melitus juga berkaitan dengan menurunnya aktivitas antioksidan endogen, seperti superoksida dismutase (SOD), katalase (CAT), dan glutation peroksidase (GPx)(Mallik et al.,2024). Tingginya kadar MDA pada tubuh dapat diatasi melalui pemberian antioksidan yang terkandung dalam sayuran dan buah-buahan yang berwarna(Anggraeny et al., 2022).

Antioksidan merupakan senyawa penting dalam menjaga kesehatan tubuh karena berfungsi sebagai penangkap radikal bebas yang banyak terbentuk dalam tubuh(Denny et al., 2022). Secara biologis, antioksidan juga diartikan senyawa yang mampu menurunkan atau meredam dampak negatif oksidan dalam tubuh. Antioksidan ada yang diproduksi atau terjadi secara alami dalam tubuh (antioksidan endogen) dan ada juga yang berasal dari luar tubuh (antioksidan eksogen).Antioksidan alami yang ada dalam tubuh (endogen) antara lain: enzim seperti *superoksida dismutase*(SOD), *glutation peroksidase*, dan *katalase*. Antioksidan eksogen, dapat berupa vitamin dan mineral (makanan atau suplemen yang dikonsumsi). Vitamin dan mineral yang dikenal mempunyai aktivitas antioksidan antara lain: betakaroten, senyawa flavonoid, vitamin C, selenium, mangan, vitamin E, dan zinc yang efektif dalam menurunkan kadar MDA(Nurkhasanah et al., 2023).

Penurunan kadar MDA dibandingkan kelompok kontrol dimana hasil perolehan rata-rata kadar MDA pada kelompok F1 (17.93±0.62c), F2 (11.03±0.30), F3 (6.93±1.13) berbeda signifikan (p=0.0001) dengan kelompok kontrol (25.68±0.69). Minuman Mar'ke Bilar memiliki kadar total antioksidan yang bervariasi di setiap formulasi, yaitu F1 (14,86), F2 (39,73), dan F3 (12,82), yang berasal dari kandungan vitamin A, vitamin C, beta-karoten, dan seng, dengan jumlah yang berbeda di masing-

masing formulasi. Peningkatan kadar total antioksidan ini mendukung penurunan rata-rata kadar MDA, karena antioksidan berperan dalam menetralkan radikal bebas serta melindungi sel dan jaringan dari kerusakan akibat oksidasi(Santoso et al.,2025).

D. Peranan Zat Bioaktif terhadap MDA

Zat bioaktif merupakan senyawa yang terdapat dalam bahan pangan dan memiliki aktivitas biologis yang bermanfaat bagi kesehatan. Berbagai zat bioaktif, seperti flavonoid, senyawa fenolik, karotenoid, dan antosianin, diketahui memiliki aktivitas antioksidan yang berperan dalam menetralisir radikal bebas. Aktivitas tersebut menjadikan zat bioaktif berpotensi menekan terjadinya peroksidasi lipid, sehingga berkontribusi terhadap penurunan kadar MDA sebagai penanda stres oksidatif (Salehi et al., 2022).

Penurunan kadar MDA melalui pemberian zat bioaktif dapat terjadi karena penekanan proses peroksidasi lipid yang dipicu oleh spesies oksigen reaktif. Mekanisme ini melibatkan beberapa jalur, termasuk kemampuan senyawa bioaktif untuk menghambat pembentukan ROS, memutus reaksi berantai peroksidasi lipid, serta memodulasi jalur sinyal redoks-sensitif yang dapat menurunkan kerusakan biomolekul(Xue liu et al.,2025). Selain menangkap dan menghambat radikal bebas senyawa bioaktif juga dapat meningkatkan aktivitas enzim antioksidan endogen seperti superoksida dismutase (SOD), katalase (CAT), dan glutation peroksidase (GPx), yang secara kolektif memperkuat pertahanan antioksidan dalam sel yang didapati dari sayuran dan buah-buahan(Tugen and Buruleanu 2025).

Konsumsi bahan pangan yang kaya zat bioaktif dari sumber nabati seperti sayuran, buah-buahan, dan rempah-rempah dilaporkan mampu memberikan perlindungan terhadap kerusakan oksidatif melalui efek sinergis antar senyawa bioaktif yang terkandung di dalamnya. Interaksi antar polifenol, vitamin antioksidan, dan senyawa fitokimia lainnya dapat meningkatkan kapasitas antioksidan total, sehingga lebih efektif dalam menurunkan pembentukan ROS dan MDA dibandingkan senyawa tunggal (Alkadi, 2023).

Minuman Mar'ke Bilar mengandung senyawa bioaktif seperti flavonoid, antosianin, likopen, fenol, alkaloid, tanin dan karetonoid yang mampu menurunkan pertahanan radikal bebas seperti MDA dan meningkatkan aktivitas antioksidan SOD(Oktavia et al.,2021).

E. Peranan Indeks Glikemik dan Serat Pangan Terhadap MDA

Indeks glikemik (IG) adalah ukuran seberapa cepat karbohidrat dalam suatu makanan meningkatkan kadar glukox`sa darah setelah dikonsumsi. Karbohidrat dengan IG tinggi menyebabkan lonjakan cepat kadar glukosa darah yang diikuti oleh respons insulin yang tajam. Kondisi lonjakan glukosa ini memicu pembentukan *reactive oxygen species* (ROS) dan meningkatkan stres oksidatif dalam tubuh. Hal ini karena hiperglikemia menyebabkan peningkatan auto-oksidasi glukosa dan aktivasi jalur metabolik yang menghasilkan radikal bebas, sehingga mempercepat peroksidasi lipid. Peroksidasi lipid ini menghasilkan senyawa akhir seperti malondialdehid (MDA), yang sering digunakan sebagai biomarker stres oksidatif.(Adinda et al., 2024).

Pendekatan diet berbasis indeks glikemik membantu penderita diabetes melitus mengontrol kadar glukosa darah dengan memilih karbohidrat yang memiliki pengaruh minimal terhadap lonjakan gula darah. Penurunan kadar MDA yang melonjak dikarenakan konsumsi bahan pangan fungsional mengandung antioksidan dan Zat Bioaktif yang rendah indeks glikemik dan aman dikonsumsi guna menjaga dan memperbaiki sensitivitas insulin, menurunkan laju penyerapan glukosa, mengendalikan glukosa darah. Minuman Mar'ke Bilar.

Minuman Mar'ke Bilar memiliki persentase IG dalam tingkatan sedang menuju rendah yakni pada F1 (73,765%), F2 (72,325%), dan F3 (68,42%) Dengan kadar IG yang berada pada tingkatan sedang menuju rendah, Minuman Mar'Ke Bilar berpotensi memberikan respons glukosa darah yang lebih stabil setelah dikonsumsi, sehingga dapat membantu menurunkan kadar MDA yang ditandai dengan adanya kandungan antioksidan dan zat bioaktif di dalam minuman ini mampu mengurangi stres oksidatif sekaligus mendukung sensitivitas insulin. Hal ini menjadikan Minuman Mar'Ke Bilar sebagai pilihan pangan fungsional yang efektif untuk mengendalikan glukosa darah

dan mencegah dampak negatif akibat lonjakan gula darah pada penderita diabetes melitus.

Serat merupakan bagian dari karbohidrat yang tidak dapat dicerna oleh tubuh, sehingga tidak langsung menaikkan kadar gula darah setelah dikonsumsi. Dengan memperlambat penyerapan glukosa dari usus, serat membantu menjaga kestabilan kadar glukosa darah dan mencegah lonjakan gula darah yang cepat. Penelitian menunjukkan bahwa asupan serat yang cukup pada penderita diabetes tipe 2 dapat menurunkan respon glukosa darah setelah makan serta meningkatkan sensitivitas insulin, sehingga mendukung pengendalian glukosa darah secara lebih efektif (CDC, 2023).

Serat yang dikonsumsi penderita diabetes melitus dianjurkan mengonsumsi serat sekitar 20–35 gram per hari karena asupan serat yang tinggi berhubungan dengan kontrol glukosa darah yang lebih baik, termasuk penurunan respon terhadap lonjakan gula darah setelah makan (WHO, 2020). Makanan yang kaya serat biasanya memiliki indeks glikemik rendah, sehingga konsumsi rutin dapat membantu mengontrol kadar gula darah tetap stabil dan tidak melonjak pada penderita diabetes melitus (Sutrio et al., 2025).” Pada Minuman Mar’Ke Bilar, kandungan serat tertinggi terdapat pada formulasi F3 sebesar 12,39%, yang juga memiliki persentase IG terendah di antara ketiga formulasi yaitu 68,42%. Dengan mengonsumsi 100 ml Minuman Mar’Ke Bilar F3, penderita diabetes dapat memenuhi sekitar 35,4–61,95% dari kebutuhan serat harian sesuai rekomendasi 20–35 gram per hari.

Serat pangan terdiri atas dua jenis, yaitu serat yang larut dalam air dan yang tidak larut air. Pada Minuman Mar’ke Bilar, kandungan serat pangan tertinggi terdapat pada formulasi 3, yaitu sebesar 3,098 gram. Serat pangan memiliki peran penting dalam mengatur kadar glukosa darah dan menurunkan kadar MDA, melalui mekanisme memperlambat penyerapan glukosa di usus, sehingga dapat mencegah lonjakan gula darah setelah konsumsi makanan. Selain itu, asupan serat yang sesuai kebutuhan dapat membuat perut terasa kenyang lebih lama, sehingga mengurangi frekuensi makan dan membantu menahan peningkatan kadar glukosa darah secara cepat.(Purnawingsih et al.,2025).