

Artikel Penelitian

Gambaran Pemberian *Monosodium glutamat* (MSG) dan Kadar Gula Darah Sewaktu pada Tikus Betina Sprague Dawley Usia 8 – 10 Minggu dengan Hiperglikemia

Lucky Brilliantina^{1*}, Nawal Harharah¹

¹Program Studi Kedokteran, Fakultas Kedokteran dan Kesehatan, Universitas Muhammadiyah Jakarta, Indonesia

*Corresponding author: luckybrilliantina@umj.ac.id

ABSTRACT

Background: Nowadays, hyperglycemia can attack anyone due to the unhealthy lifestyle of individuals, especially in food consumption. One of them can be caused by excessive consumption of MSG in daily food intake that can trigger this condition, which causes insulin resistance leads to hyperglycemia. **Objective:** This study aims to analyze MSG administration on blood sugar levels during 8-10 week old Sprague Dawley strain rats with hyperglycemia. **Methods:** This study was an in vivo experiment using 24 Sprague Dawley rats divided into 6 groups, control group (K1), MSG 2.5 gram/KgBW (K2), MSG 4.8 gram/KgBW (K3), sucrose (K4), sucrose+ MSG 2.5 gram/KgBW (K5), sucrose + MSG 4.8 gram/KgBW (K6). It was conducted for 14 days at Biomedical and Anatomy Laboratory FKK UMJ. Data were analyzed using SPSS version 26. **Results:** The results showed that the highest mean random blood glucose levels were observed in K1 on day 10 (116.25 mg/dL), K2 on day 3 (116.00 mg/dL), K3 on day 6 (115.50 mg/dL), K4 on day 14 (120.75 mg/dL), K5 on day 14 (124.00 mg/dL), and K6 on day 14 (126.25 mg/dL) **Conclusion:** The combination of sucrose and MSG, particularly at a dose of 4.8 g/KgBW, caused the highest increase in random blood glucose levels compared to other groups. These results suggest an effect of MSG on elevating blood glucose levels in Sprague Dawley rats.

Keywords: monosodium glutamate, hyperglycemia, diabetes mellitus

ABSTRAK

Latar Belakang: Saat ini, hiperglikemia bisa menyerang siapa saja dikarenakan pola hidup individu yang kurang sehat tepatnya dalam pengkonsumsian makanan. Salah satunya dapat disebabkan konsumsi MSG berlebih pada asupan makanan sehari-hari yang dapat memicu kondisi tersebut karena menyebabkan resistensi insulin yang berujung pada hiperglikemik. **Tujuan:** Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui gambaran pemberian MSG dan kadar gula darah sewaktu tikus galur Sprague Dawley usia 8-10 minggu dengan hiperglikemia. **Metode:** Penelitian ini merupakan sebuah eksperimental *in vivo* dengan menggunakan 24 ekor tikus Sprague Dawley yang dibagi menjadi 6 kelompok antara lain kelompok tanpa perlakuan (K1), kelompok MSG dosis 2.5 gram/KgBB (K2), MSG dosis 4.8 gram/KgBB (K3), kelompok sukrosa (K4), Sukrosa + MSG 2.5 gram/KgBB (K5), Sukrosa + MSG 4.8 gram/KgBB (K6). Penelitian dilakukan selama 14 hari di Laboratorium Biomedik dan Anatomi FKK UMJ. Data yang didapat dianalisis menggunakan SPSS versi 26. **Hasil:** Rata-rata kadar GDS tertinggi pada K1 yaitu pada hari ke-10 (116,25 mg/dL), K2 pada hari ke-3 (116,00 mg/dL), K3 pada

hari ke-6 (115.50 mg/dL), K4 pada hari ke-14 (120,75 mg/dL), K5 pada hari ke-14 (124 mg/dL), dan K6 pada hari ke-14 (126.25 mg/dL). **Simpulan:** Pemberian kombinasi sukrosa dan MSG, terutama pada dosis 4,8 g/KgBB menyebabkan peningkatan kadar GDS tertinggi pada hari ke-14 dibandingkan kelompok lainnya. Hal ini mengindikasikan adanya efek antara asupan MSG terhadap regulasi glukosa darah.

Kata kunci: monosodium glutamate, hiperglikemia, diabetes melitus

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi telah membawa perubahan signifikan dalam kehidupan manusia, menciptakan kehidupan yang lebih modern dan beragam, serta mempengaruhi berbagai kebutuhan masyarakat. Hal yang sama juga berlaku untuk kebutuhan pangan, mengingat adanya banyak variasi makanan cepat saji. Produsen dan penjual mulai berpikir untuk menciptakan makanan yang enak dan lezat dengan cara yang lebih praktis, salah satunya adalah dengan menggunakan *Monosodium Glutamate* (MSG). MSG merupakan natrium garam yang terikat dengan asam amino asam glutamate. MSG memiliki bentuk kristal yang stabil, tetapi bisa mengalami degradasi akibat oksidator yang kuat (1).

Secara umum, MSG dapat dibagi menjadi MSG alami dan MSG buatan. MSG alami adalah MSG yang dianggap sehat dan aman untuk dikonsumsi, sementara MSG buatan memiliki potensi untuk mengganggu kesehatan. Namun, pada kenyataannya, MSG buatan lebih banyak beredar di kalangan Masyarakat. Penggunaan MSG dalam jumlah yang terbatas dianggap aman, namun untuk menjaga kesehatan konsumen dan mengantisipasi kemungkinan komplikasi akibat konsumsi berlebihan, penggunaannya perlu dibatasi (2). Di Indonesia, sekitar 77% persen dari populasi mengonsumsi MSG lebih dari satu kali per hari dan tingkat konsumsi meningkat dengan rata-rata sekitar 24,1% setiap tahun. Penggunaan berlebihan dan terus menerus dari MSG dapat menyebabkan berbagai efek samping yang tidak disadari. Jika seseorang yang tidak toleran mengonsumsi MSG dalam jumlah lebih dari 3 gram per hari, dapat menimbulkan dampak negatif pada kesehatan (3). Gejala yang muncul akibat mengonsumsi MSG dikenal sebagai sindrom kompleks MSG, antara lain rasa terbakar pada daerah leher bagian belakang menjalar ke tangan dan dada, rasa kaku pada wajah, nyeri dada, mual dan mengantuk (4).

Salah satu dampak dari pengkonsumsian MSG berlebih adalah kondisi hiperglikemia. Hiperglikemia adalah kondisi dimana kadar gula darah meningkat di atas tingkat yang normal. Hiperglikemia adalah suatu keadaan yang menjadi ciri khas beberapa kondisi penyakit, terutama diabetes melitus. Diabetes adalah sekelompok gangguan metabolik yang ditandai oleh adanya hiperglikemia kronik yang disebabkan oleh kelainan fungsi atau reproduksi insulin, atau bisa juga keduanya bekerja bersama. Diabetes Melitus memiliki dua bentuk komplikasi, yaitu akut dan kronis (5). Gejala yang dialami oleh penderita Diabetes Melitus meliputi polydipsia (keinginan berlebihan untuk minum), polyuria (produksi urin yang berlebihan), polifagia (nafsu makan yang meningkat), penurunan berat badan, dan kesemutan (6).

Diperlukan pengaturan pola diet untuk menjaga kadar gula darah pada pasien yang mengalami kondisi hiperglikemia. Seperti yang kita ketahui bahwa kondisi hiperglikemia bisa

menyerang siapa saja di era sekarang dikarenakan pola hidup individu yang kurang sehat tepatnya dalam pengkonsumsian makanan. Dimana makanan yang banyak dikonsumsi oleh setiap masing-masing individu setiap harinya tidak menutup kemungkinan bahwa terkandung MSG di dalamnya. Walaupun banyak yang menyadari risiko MSG dan seharusnya mengurangi konsumsi MSG setelah mengetahui efek sampingnya, kenyataannya banyak masyarakat yang tetap mengonsumsi MSG secara berlebihan.

METODE

Metode Penelitian

Penelitian berikut menggunakan desain eksperimental *in vivo* dengan terdiri dari kelompok perlakuan dan kelompok kontrol. Kelompok tanpa perlakuan (K1), kelompok MSG dosis 2.5 gram/KgBB (K2), kelompok MSG dosis 4.8 gram/KgBB (K3), kelompok sukrosa (K4), Sukrosa + MSG 2.5 gram/KgBB (K5), Sukrosa + MSG 4.8 gram/KgBB (K6). Penelitian dilakukan di Laboratorium Biomedik dan Anatomi FKK Universitas Muhammadiyah Jakarta. Penelitian menggunakan tikus putih betina dari galur Sprague-Dawley, berusia antara 8-10 minggu dengan berat 150 – 250 gr. Jumlah sampel ditentukan menggunakan rumus Federer dan dari hasil perhitungan yang didapatkan sampel yang digunakan per kelompok adalah 4. Persetujuan etik untuk penelitian telah diberikan oleh Komisi Etik Penelitian Kesehatan FKK UMJ. Validitas etika penelitian ini telah terverifikasi melalui surat keterangan dengan nomor No.189/PE/KE/FKK-UMJ/XI/2023.

Alat dan Bahan Penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat timbangan tikus, alat ukur bahan MSG, sonde lambung, spuit 5 cc, stik glucocheck, alat pengukur (Easy touch GCU), kandang tikus dan alat makan minum. Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah tikus putih betina dari galur Sprague-Dawley berusia antara 8-10 minggu dengan berat 150 – 250 gr, Monosodium glutamate (MSG), air minum dan pangan, kit pemeriksaan gula darah sewaktu serta larutan sukrosa.

Pembuatan Larutan Sukrosa

Dosis sukrosa yang digunakan untuk tikus adalah 5625 mg/KgBB. Dosis dihitung berdasarkan berat badan masing-masing tikus(7). Sukrosa dilarutkan menggunakan aquades sebanyak 2.5 mL.

Pemberian MSG

Tikus yang sudah diadaptasikan selama dua minggu di dalam *Animal House*, selama dua minggu akan menjalani proses perlakuan induksi MSG secara oral. Dosis MSG yang diberikan berdasarkan dosis masing-masing. MSG diberikan selama 14 hari dan tikus tetap diberikan makanan dan air minum.

Pengambilan Gula Darah Sewaktu

Pengambilan darah untuk pengukuran kadar gula darah sewaktu dilakukan 3 hari sekali dalam masa penelitian 14 hari. Pengambilan darah dilakukan setiap pukul 12.00. Darah yang di ambil berlokasi pada ekor tikus. Pengambilan darah menggunakan jarum spoet berukuran kecil.

Analisis Data

Data yang telah diperoleh dari penelitian akan dihitung terlebih dahulu untuk mencari nilai rata – rata dari setiap kelompok perlakuan. Analisis menggunakan perangkat SPSS, pengolahan data yang dilakukan terdiri dari analisis univariat. Data yang didapatkan disajikan menggunakan tabel dan grafik histogram.

HASIL

Rata-Rata Berat Badan Tikus Putih (Sprague Dawley) Sebelum Perlakuan

Seluruh hewan coba yang digunakan diukur berat badannya terlebih dahulu untuk menentukan dosis sukrosa dan MSG yang akan diberikan. Dilihat pada Tabel 1 bahwa rata rata berat badan tikus paling tinggi terdapat pada kelompok 6 yaitu kelompok MSG dosis 2.5 gram/KgBB yang mencapai 168,50 gram, sementara rata-rata berat badan terendah terdapat pada kelompok kontrol positif (K4=sukrosa) dengan berat 127 gram.

Tabel 1. Rata-rata Berat Badan Tikus Putih (Sprague Dawley) Sebelum Perlakuan

Kelompok	Rata-Rata Berat Badan (gram)
K1	158.50
K2	168.50
K3	150.50
K4	127.00
K5	154.50
K6	154.00

Rata-Rata Kadar GDS Kelompok Kontrol Negatif (K1)

Dapat dilihat pada Tabel 2. Rata-rata kadar GDS tertinggi ada pada saat pengambilan hari ke-10 yaitu 116,25 mg/dL. Terjadi penurunan nilai rata-rata pada hari ke-3, hari ke-6, serta hari ke-14.

Tabel 2. Rata-Rata kadar GDS pada kelompok kontrol negatif (K1)

Kadar Glukosa Darah Sewaktu	Rata – Rata (mg/dL)
Hari ke-0	109.00
Hari ke-3	106.75
Hari ke-6	105.75
Hari ke-10	116.25
Hari ke-14	109.00

Rata-Rata Kadar GDS Kelompok MSG dosis 2.5 gram/KgBB (K2)

Dilihat pada Tabel 3. peningkatan dalam nilai rata-rata kadar GDS hari ke-3 dan hari ke-10 sampai dengan hari ke-14. Pada hari ke-6 terjadi penurunan rata rata GDS. Rata-rata kadar GDS tertinggi ada pada saat hari ke-3 yaitu 116,00 mg/dL.

Tabel 3. Rata-Rata nilai GDS pada kelompok MSG dosis 2.5 gram/KgBB (K2)

Kadar Glukosa Darah Sewaktu	Rata – Rata (mg/dL)
Hari ke-0	109.25
Hari ke-3	116.00
Hari ke-6	110.75
Hari ke-10	111.75
Hari ke-14	113.25

Rata-Rata Kadar GDS Kelompok MSG dosis 4.8 gram/KgBB (K3)

Rata-rata GDS tertinggi ada pada saat hari ke-6 penelitian dimana mencapai 115.50 mg/dL. Setelah itu pada hari ke-10 mengalami penurunan sebanyak 3 mg/dL. Pada hari ke-14 terjadi peningkatan kembali menjadi 114,50 mg/dL.

Tabel 4. Rata-rata nilai GDS pada kelompok MSG dosis 4.8 gram/KgBB (K3)

Kadar Glukosa Darah Sewaktu	Rata – Rata (mg/dL)
Hari ke-0	114.25
Hari ke-3	110.75
Hari ke-6	115.50
Hari ke-10	112.50
Hari ke-14	114.50

Rata-Rata Kadar GDS Kelompok kontrol positif (K4)

Pada kelompok kontrol positif, seluruh hewan coba diberikan sukrosa dengan dosis 5625 mg/KgBB. Tabel 5. menunjukan bahwa terjadi peningkatan rata-rata GDS setiap pengambilan data. Selama 14 hari penelitian, rata-rata kadar gula darah sewaktu selalu mengalami peningkatan. Kadar glukosa darah sewaktu pada kelompok kontrol positif tertinggi terjadi pada hari ke-14 yaitu sebesar 120,75 mg/dL.

Tabel 5. Rata-rata nilai GDS pada kelompok kontrol positif (K4)

Kadar Glukosa Darah Sewaktu	Rata – Rata (mg/dL)
Hari ke-0	96.75
Hari ke-3	113.75
Hari ke-6	114.75
Hari ke-10	119.75
Hari ke-14	120.75

Rata – rata Kadar GDS Kelompok Sukrosa + MSG dosis 2.5 gram/KgBB (K5)

Pada Tabel 6. menunjukan bahwa terjadi peningkatan rata-rata GDS setiap pengambilan data. Rata-rata tertinggi terdapat pada hari terakhir pengambilan data yang mencapai 124 mg/dL.

Tabel 6. Rata-rata nilai GDS pada kelompok kontrol Sukrosa + MSG dosis 4.8 gram/KgBB (K5)

Kadar Glukosa Darah Sewaktu	Rata – Rata (mg/dL)
Hari ke-0	109.00
Hari ke-3	110.25
Hari ke-6	118.00
Hari ke-10	119.50
Hari ke-14	124.00

Rata – rata Kadar GDS Kelompok Sukrosa + MSG dosis 2.5 gram/KgBB (K6)

Pada Tabel 7. menunjukan bahwa terjadi peningkatan rata-rata GDS setiap pengambilan data. Rata-rata tertinggi terdapat pada hari terakhir pengambilan data yang mencapai 126.25 mg/dL.

Tabel 7. Rata-rata nilai GDS pada kelompok kontrol Sukrosa + MSG dosis 4.8 gram/KgBB (K6)

Kadar Glukosa Darah Sewaktu	Rata – Rata
Hari ke-0	100.25
Hari ke-3	112.50
Hari ke-6	119.75
Hari ke-10	121.75
Hari ke-14	126.25

PEMBAHASAN

Pada K1, rata-rata GDS mengalami kenaikan dan penurunan karena tidak ada perlakuan khusus yang diberikan, hanya pemberian pakan standar dan air minum. Diketahui bahwa pakan standar dan air minum yang diberikan tidak memiliki pengaruh terhadap GDS. Pada K2 dan K3, berdasarkan data statistik menunjukan nilai rerata GDS yang fluktuasi, terlihat bahwa MSG tidak berpengaruh terhadap kadar glukosa. Hasil data statistik ini sejalan oleh penelitian yang dilakukan oleh Utume pada tahun 2020 yang menggunakan dosis MSG 15gr/1000 ml, 10gr/1000 ml dan 8gr/1000 ml selama 8 minggu tidak memiliki pengaruh yang signifikan untuk kadar gula darah meskipun dikonsumsi setiap hari. Disampaikan bahwa salah satu faktor yang mempengaruhi hasil dari penelitian adalah kurangnya dosis dan waktu penelitian (8).

Bertentangan dengan penelitian yang dilakukan oleh Oriaghan pada tahun 2012, dilaporkan bahwa pemberian MSG dosis 30 gr dan 60 gr selama 8 minggu yang diberikan secara *ad libitum* memiliki pengaruh terhadap kadar glukosa darah karena MSG bersifat toksik yang dapat menyebabkan kerusakan pada sel organ. Konsumsi MSG setiap hari mengakibatkan penurunan yang signifikan dalam massa sel beta pancreas. Mekanisme penurunan sel beta pankreas pada hewan yang diinduksi MSG dalam penelitian adalah peningkatan stress oksidatif

di dalam sel beta yang diakibatkan oleh MSG. Hal ini didukung oleh studi molekuler yang menunjukkan bahwa transporter glutamate diekspresikan dalam sel beta pankreas dan berperan dalam regulasi sekresi insulin (9).

Pada K4, rata-rata GDS mengalami peningkatan. Sejalan dengan yang disampaikan oleh Tao Ma pada tahun 2011, dikarenakan asupan sukrosa yang tinggi menunjukkan tingkat ekspresi penanda inflamasi yang lebih tinggi pada jaringan adiposa. Inflamasi kronis yang terjadi pada membawa dampak pada resistensi insulin, yang dapat diidentifikasi melalui aktivasi sistem NF- κ B melalui fosforilasi I κ B α di dalam jaringan adiposa (10). Pada K5 dan K6, didapatkan hasil rerata GDS yang signifikan meningkat. Sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Kaja pada tahun 2018 bahwa kombinasi antara MSG dengan diet tinggi sukrosa menunjukkan peningkatan kadar gula darah yang signifikan. Kelompok yang diberi MSG dan diet tinggi sukrosa menunjukkan adanya tanda-tanda resistensi insulin yang tercermin dalam hiperglikemia dan hiperinsulinemia (11).

Monosodium glutamate (MSG) biasa digunakan sebagai bahan tambahan dalam masakan. Kehadiran MSG dalam makanan yang sering dikonsumsi dapat mempengaruhi kesehatan karena MSG akan terpecah menjadi sodium dan glutamat. Natrium yang terkandung dalam MSG mampu memberikan kontribusi sekitar 20-30% terhadap kebutuhan garam tubuh, sehingga konsumsi MSG yang berlebihan dapat menyebabkan peningkatan kadar natrium dalam darah (12). Glutamat dalam peredarannya akan berinteraksi dengan reseptor yang bersifat ionotropik dan metabotropik. Reseptor ionotropik terdiri dari tiga jenis, yaitu N-methyl-D-aspartate-receptor (NMDA), α -amino-3-hydroxy-5-methyl-4-isoxazolepropionate receptor (AMPA), dan kainate receptor (KA) (13). Reseptor NMDA, AMPA, kainit, dan metabotropik akan diaktifkan oleh glutamat, yang menyebabkan pembukaan kanal ion Ca^{2+} dan masuknya Na^{+} . Masuknya ion Ca^{2+} akan memicu pelepasan beberapa enzim seperti protease, fosfolipase, dan endonuklease, yang memiliki peran penting dalam pembentukan membran sel. Masuknya Na^{+} menyebabkan fase osmotik awal pada kerusakan sel, yang dapat berupa lisis atau pecahnya sel (14).

Meningkatnya asupan glutamat dapat mengaktifasi NMDAR. Hal ini dapat menyebabkan gangguan fungsi yang terkait dengan diabetes (15). Beberapa penelitian yang ditampilkan menunjukkan bahwa konsumsi MSG merupakan salah satu faktor utama yang berkontribusi terhadap perkembangan berbagai gangguan metabolisme, seperti obesitas. Obesitas ini kemudian dapat menjadi faktor risiko untuk sindrom metabolik lainnya, seperti hipertensi, diabetes mellitus, dan bahkan kanker (16).

Profil inflamasi yang diinduksi oleh MSG juga menunjukkan bahwa MSG merangsang sitokin proinflamasi seperti IL-6, TNF- α , leptin mikro-RNA di dalam jaringan adiposa visceral. Dampak dari proses ini melibatkan peningkatan resistensi insulin dan peningkatan konsentrasi leptin dalam sirkulasi, juga mengurangi kemampuan untuk mentoleransi glukosa. Dosis tinggi MSG memiliki dampak neurotoksik dan menyebabkan kerusakan pada sel-sel di Nukleus Arkuata Hipotalamus (ARC) dan area sekitarnya, neuron di ARC memiliki peran yang sangat penting dalam homeostasis metabolik termasuk regulasi sekresi dan fungsi insulin. MSG telah terbukti mempengaruhi pelepasan insulin. Aktivasi enzim glutamat dehydrogenase (GDH)

memicu transformasi glutamat menjadi alfa-ketoglutarat, yang memiliki peran lebih signifikan dalam melepaskan insulin. GDH meningkatkan proses oksidasi glutamat dan memperkuat produksi ATP dengan memasukan alfa-ketoglutarat ke dalam siklus asam sitrat dan ini memicu pelepasan insulin. Dilaporkan bahwa setiap perubahan pada gen pada gen yang mengkode GDH dapat mengakibatkan kondisi hiperinsulinisme (17).

Studi sebelumnya menunjukkan bahwa kadar glutamat yang berlebihan sangat berkaitan dengan resistensi insulin dan diabetes, menyebabkan stres resistensi insulin dan disfungsi sel β di pankreas (18). Resistensi insulin menghasilkan sejenis umpan balik yang positif dimana nantinya permintaan insulin meningkat dan mengakibatkan pengurangan reseptor GLUT4. Selain itu, glutamat itu sendiri menginduksi kerusakan pada sel beta pankreas (19). Konsentrasi tinggi glutamate di luar sel menghambat penyerapan sistein, prekursor sintesis glutathion dengan menghambat antiporter Glu-Cys dalam sel beta pankreas. Hal ini mengakibatkan terjadinya stress oksidatif yang menimbulkan senyawa oksigen reaktif dan kematian sel (20).

Penelitian yang dilakukan pada hewan telah menunjukan bahwa MSG dapat menyebabkan berbagai perubahan pada pulau pankreas, termasuk hiperplasia, hipertrofi, penurunan jumlah sel beta, serta peningkatan kejadian fibrosis. Efek toksik MSG dalam penelitian hewan bergantung pada beberapa faktor termasuk usia, metode pemberian, dan dosis yang digunakan.

Pada penelitian ini, dilakukan pada tikus betina dengan usia 8-10 minggu, hal ini dilakukan untuk melihat adanya efek MSG dengan konsumsi yang cukup tinggi namun masih dalam batas yang dianjurkan oleh FDA, mengilustrasikan kondisi saat ini, dimana banyak usia remaja yang mengkonsumsi makanan cepat saji dengan tinggi MSG dan minuman manis, dan ternyata pengaruh MSG mulai ditemukan pada usia ini, dan semakin terlihat saat kondisi kadar gula darah sewaktu yang meningkat.

SIMPULAN

Kombinasi sukrosa dan MSG berpengaruh terhadap peningkatan kadar glukosa darah sewaktu pada tikus betina Sprague Dawley usia 8-10 minggu dengan hiperglikemia. Peningkatan tertinggi terjadi pada kelompok dengan kombinasi sukrosa dan MSG dosis 4,8 g/KgBB pada hari ke-14, yang mengindikasikan adanya efek antara asupan MSG terhadap regulasi glukosa darah. Semakin tinggi dosis MSG yang diberikan, semakin terlihat pengaruhnya terhadap kadar gula darah sewaktu.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dan memberikan dukungan dalam proses penelitian dan penulisan skripsi ini, keluarga peneliti, kepada dosen dan staff laboran Fakultas Kedokteran dan Kesehatan Universitas Muhammadiyah Jakarta, serta yang lain yang peneliti tidak bisa sebutkan satu persatu.



KONFLIK KEPENTINGAN

Penelitian yang dilakukan memiliki beberapa keterbatasan yang dapat mempengaruhi hasil, mencakup waktu penelitian, jumlah dosis yang digunakan, dan faktor luar yang dapat mempengaruhi hasil seperti cara pemberian, hewan coba stress, dan lingkungan.

REFERENSI

1. Badriyah lailatul. Journal of Community Engagement and Employment Education on the Using Of Monosodium Glutamate (MSG) In Food and Its. Journal of Community Engagement and Employment. 2019;Vol: 01:84–7.
2. Jangga J, Latu S, Ningsih NA, Rosdiana R. Pemberdayaan Masyarakat Tentang Cara Mendeteksi Monosodium Glutamat Pada Makanan Dan Dampaknya Terhadap Kesehatan. SELAPARANG: Jurnal Pengabdian Masyarakat Berkemajuan. 2022;6(4):1676.
3. Munasiah M. Dampak Pemberian Monosodium Glutamat Terhadap Kesehatan. Jurnal Penelitian Perawat Profesional. 2020;2(4):451–8.
4. Kazmi Z, Fatima I, Perveen S, Malik SS. Monosodium glutamate: Review on clinical reports. Vol. 20, International Journal of Food Properties. Taylor and Francis Inc.; 2017. p. 1807–15.
5. Sarel Z, Simanjuntak K. Pengaruh Pemberian Ekstrak Teh Hijau (*Camellia sinensis* L.) terhadap Penurunan Kadar Kolesterol Total Tikus Wistar (*Rattus norvegicus*) Diabetes Induksi Aloksan. Jurnal Sehat Mandiri. 2020;15(1):98–111.
6. Bhatt H, Saklani S, Upadhyay K. Anti-oxidant and anti-diabetic activities of ethanolic extract of *Primula Denticulata* Flowers. Indonesian Journal of Pharmacy. 2016;27(2):74–9.
7. Togubu S, Momuat LI, Paendong JE, Salma N. Aktivitas Antihiperglikemik dari Ekstrak Etanol dan Heksana Tumbuhan Suruhan (*Peperomia pellucida* [L.] Kunth) pada Tikus Wistar (*Rattus norvegicus* L.) yang Hiperglikemik. Jurnal MIPA Unsrat Online. 2013;2(2):109–14.
8. UTUME L, Ansha P, Gav T. effects of Orally Administered Monosodium Glutamate (MSG) on the Metabolic Syndrome of Adult Albino Rats. Nigerian Annals of Pure and Applied Sciences. 2020;3(3a):27–37.
9. Oriaghan E.A., Inegbenebor U., Shelu O.J., Obhimon O. IEO and EI. the Effect of Monosodium Glutamate (MSG) on Blood Glucose in Adult Rabbits As Models. International Journal of Basic, Applied and Innovative Research IJBAIR. 2012;1(1):10–8.
10. Ma T, Liaset B, Hao Q, Petersen RK, Fjære E, Ngo HT, et al. Sucrose counteracts the anti-inflammatory effect of fish oil in adipose tissue and increases obesity development in mice. PLoS ONE. 2011;6(6).
11. Saikrishna, K., Kumari, R., Chaitanya, K., Biswas, S., Nayak, P. G., Mudgal, J & Nandakumar, K. Combined administration of monosodium glutamate and high sucrose diet accelerates the induction of type 2 diabetes, vascular dysfunction, and memory impairment in rats. Journal of Environmental Pathology, Toxicology and Oncology. 2018; 37(1).
12. Yonata A, Iswara I. Efek Toksik Konsumsi Monosodium Glutamate. Majority. 2016;5(3):100–4.

13. Gao H, Mejhert N, Fretz JA, Arner E, Lorente-Cebrián S, Ehrlund A, et al. Early B cell factor 1 Regulates adipocyte morphology and lipolysis in white adipose tissue. *Cell Metab.* 2014 Jun 3;19(6):981–92.
14. Mehta A, Prabhakar M, Kumar P, Deshmukh R, Sharma PL. Excitotoxicity: Bridge to various triggers in neurodegenerative disorders. *Eur J Pharmacol.* 2013 Jan;698(1–3):6–18.
15. Bawaskar H, Bawaskar P, Bawaskar P. Chinese restaurant syndrome. *Indian Journal of Critical Care Medicine.* 2017 Jan;21(1):49–50.
16. Kayode OT, Bello JA, Oguntola JA, Kayode AAA, Olukoya DK. The interplay between monosodium glutamate (MSG) consumption and metabolic disorders. *Heliyon.* 2023 Sep;9(9):e19675.
17. Tanizawa Y, Nakai K, Sasaki T, Anno T, Ohta Y, Inoue H, et al. Unregulated Elevation of Glutamate Dehydrogenase Activity Induces Glutamine-Stimulated Insulin Secretion. *Diabetes.* 2002;51(3):712–7.
18. Gaggini M, Carli F, Rosso C, Buzzigoli E, Marietti M, Della Latta V, et al. Altered amino acid concentrations in NAFLD: Impact of obesity and insulin resistance. *Hepatology.* 2018 Jan 17;67(1):145–58.
19. Gammelsaeter R, Coppola T, Marcaggi P, Storm-Mathisen J, Chaudhry FA, Attwell D, et al. A role for glutamate transporters in the regulation of insulin secretion. *PLoS ONE.* 2011;6(8).
20. Islam MS, Loots DT. Experimental rodent models of type 2 diabetes: A review. *Methods and Findings in Experimental and Clinical Pharmacology.* 2009;31(4):249–61.