

Hubungan Asupan Mikronutrien dengan Kejadian Diabetes Melitus Tipe 2 pada Dewasa di Wilayah Kerja Puskesmas Mojo Surabaya

(Relationship between Micronutrient Intake and the Incidence of Type 2 Diabetes Mellitus among Adults in Mojo Public Health Centre Surabaya)

Salwa Naura Kamila* dan Sri Sumarmi

Departemen Gizi, Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Airlangga, Surabaya 60115, Jawa Timur, Indonesia

*Penulis koresponden: salwa.naura.kamila-2021@fkm.unair.ac.id

Diterima: 20 Mei 2025

Direvisi: 19 Agustus 2025

Disetujui: 24 September 2025

ABSTRACT

Type 2 Diabetes Mellitus is a health problem that has long-term impacts, causing damage to blood vessels in the liver, eyes, kidneys, and nerves. The mechanism of type 2 diabetes is caused by two main factors: imperfect insulin secretion by pancreatic β -cells and the inability of insulin-sensitive tissues to respond to insulin. The risk of type 2 diabetes increases with age. However, the onset of type 2 diabetes now occurs earlier in individuals, starting at the age of twenty. In addition to the effects of high sugar consumption, micronutrient deficiencies are also a factor in the occurrence of type 2 diabetes. Micronutrients play a role in increasing the work of the insulin hormone in regulating blood sugar in the body. This study aims to analyze the relationship between micronutrient intake and the incidence of type 2 diabetes in adults in the Mojo Health Center work area, Surabaya. This study employs a case-control study design with a sample size of 33 subjects for each case and control group, resulting in a total of 66 subjects. Data collection was carried out using an SQ-FFQ. Random blood sugar level data were obtained through blood tests with a glucometer. Data analysis was carried out using the Chi-square correlation test. The results show that there is a relationship between zinc intake ($p=0.014$; $OR=4.025$) and manganese ($p=0.049$; $OR=3.316$) with the incidence of type 2 diabetes. There is no relationship between selenium intake ($p=1.000$) and chromium intake ($p=1.000$) with the incidence of type 2 diabetes. Based on the results of the study, it can be concluded that insufficient zinc intake increases the risk of type 2 diabetes 4.025 times, and insufficient manganese intake increases the risk of type 2 diabetes 3.316 times. Diabetes mellitus patients can consume foods containing high levels of zinc and manganese, such as shellfish, beef, nuts, milk, eggs, and brown rice in an effort to reduce the severity of the disease.

Keywords: adults; insulin; micronutrient; type 2 diabetes mellitus

ABSTRAK

Diabetes melitus tipe 2 merupakan masalah kesehatan yang memiliki dampak jangka panjang sehingga dapat menyebabkan kerusakan pembuluh darah di hati, mata, ginjal, dan saraf. Diabetes melitus tipe 2 dapat disebabkan oleh dua faktor utama, yaitu sekresi insulin yang tidak sempurna oleh sel- β pankreas dan kurangnya sensitivitas jaringan untuk merespons insulin. Risiko diabetes melitus tipe 2 semakin meningkat seiring dengan usia. Tetapi, *onset* diabetes melitus tipe 2 kini terjadi lebih awal pada individu mulai usia dua puluh tahun. Selain akibat dari tingginya konsumsi gula, defisiensi mikronutrien juga menjadi faktor terjadinya diabetes melitus tipe 2. Zat gizi mikro berperan dalam meningkatkan kerja hormon insulin dalam mengatur gula darah dalam tubuh. Studi ini bertujuan untuk menganalisis hubungan asupan mikronutrien dengan kejadian diabetes melitus tipe 2 pada dewasa di wilayah kerja Puskesmas Mojo, Surabaya. Penelitian ini memiliki desain studi *case-control* dengan besar sampel 33 subjek untuk setiap kelompok kasus dan kontrol, sehingga total subjek adalah 66. Pengumpulan data dilakukan menggunakan kuesioner SQ-FFQ. Data kadar gula darah sewaktu didapatkan melalui pemeriksaan darah dengan glukometer. Analisis data dilakukan menggunakan uji korelasi *Chi-square*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat hubungan antara asupan seng ($p=0,014$; $OR=4,025$) dan asupan mangan ($p=0,049$; $OR=3,316$) dengan kejadian diabetes melitus tipe 2. Tidak terdapat hubungan antara asupan selenium ($p=1,000$), asupan kromium ($p=1,000$) dengan kejadian diabetes melitus tipe 2. Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa ketidakcukupan asupan seng meningkatkan risiko diabetes melitus tipe 2 sebesar 4,025 kali dan ketidakcukupan asupan mangan meningkatkan risiko diabetes

melitus tipe 2 sebesar 3,316 kali. Pasien diabetes melitus dapat mengonsumsi bahan pangan mengandung seng dan mangan tinggi, seperti kerang, daging sapi, kacang-kacangan, susu, telur, dan nasi merah dalam upaya menurunkan tingkat keparahan penyakit.

Kata kunci: dewasa; diabetes melitus tipe 2; insulin; mikronutrien

PENDAHULUAN

Diabetes Melitus (DM) adalah penyakit metabolik yang ditandai dengan adanya hiperglikemia kronis akibat dari gangguan sekresi insulin, gangguan kerja insulin, atau keduanya (Punthakee *et al.* 2018). *International Diabetes Federation* mencatat bahwa Indonesia menduduki peringkat kelima tertinggi dengan jumlah penderita DM pada tahun 2021 sebanyak 19,5 juta jiwa. Diprediksi angka tersebut akan terus meningkat pada tahun 2045 hingga 28,6 juta jiwa (IDF 2021). Profil Kesehatan Kota Jawa Timur Tahun 2023 menunjukkan bahwa Kota Surabaya menempati posisi tertinggi dengan penderita diabetes melitus sebesar 104.363 jiwa (Dinkes Jatimprov 2024). Terdapat dua faktor utama yang menjadi penyebab terjadinya diabetes melitus tipe 2, yaitu sekresi insulin yang tidak sempurna oleh sel- β pankreas dan kurangnya sensitivitas jaringan untuk merespons insulin (Roden & Shulman 2019). Diabetes melitus tipe 2 terjadi karena respon insulin yang berkurang atau yang disebut dengan resistensi insulin. Pada awalnya, diabetes melitus tipe 2 ditandai dengan adanya peningkatan produksi insulin untuk mempertahankan homeostasis glukosa. Namun, semakin lama maka produksi insulin akan menurun. Hal ini menyebabkan peningkatan kadar glukosa darah semakin tinggi (Goyal *et al.* 2023).

Semakin meningkatnya usia seseorang maka akan semakin meningkat juga risiko menderita penyakit diabetes karena penurunan fungsi sistem tubuh. Fungsi tubuh yang mengalami penurunan salah satunya adalah fungsi endokrin (Arania *et al.* 2021). Sehingga, kelompok dengan risiko tinggi menderita diabetes melitus tipe 2 adalah individu dengan usia lebih dari 45 tahun. Namun, IDF (*International Diabetes Federation*) menunjukkan bahwa terdapat peningkatan prevalensi penderita diabetes pada usia di bawah 40 tahun dan diperkirakan akan meningkat menjelang tahun 2050 (IDF 2025). Diabetes melitus tipe 2 kini menunjukkan onset yang lebih awal (Strati *et al.* 2024). Berbagai penelitian membuktikan bahwa pola makan berpengaruh signifikan terhadap kejadian diabetes melitus tipe 2. Kepatuhan diet berperan dalam mengontrol kadar gula darah dalam tubuh (Elya & Nurdin 2024).

Selain akibat dari tingginya konsumsi gula, defisiensi mikronutrien juga menjadi faktor terjadinya diabetes melitus tipe 2. Zat gizi mikro berperan dalam meningkatkan kerja hormon insulin dalam mengatur gula darah dalam tubuh (Kusnadi *et al.* 2017). Kekurangan mikronutrien merupakan masalah global yang penting, karena defisiensi mikronutrien tidak memunculkan manifestasi klinis secara jelas seperti defisiensi makronutrien. Sehingga, dampak kesehatannya tidak dapat langsung diketahui. Tetapi, permasalahan tersebut dapat mengakibatkan perburukan perkembangan fisik dan mental, kerentanan atau eksaserbasi penyakit, keterbelakangan mental, kebutaan, dan hilangnya produktivitas dan potensi secara umum (Ritchie & Roser 2017).

Defisiensi mikronutrien mempengaruhi aktivitas kerja insulin, sehingga jika jumlahnya tidak adekuat akan memengaruhi proses fisiologis yang mengarah pada serangkaian gangguan metabolik dan biokimia. Mekanisme gangguan yang terjadi meliputi apoptosis sel β , hilangnya massa sel islet, aktivitas tirosin kinase yang rusak, stres oksidatif, disfungsi sel β pankreas, penurunan massa tubuh tanpa lemak, mekanisme pensinyalan insulin yang rusak, peningkatan aktivitas protein kinase C, dan kelebihan kalsium intraseluler (Ekpenyong 2018). Mikronutrien hingga saat ini masih menjadi permasalahan karena lebih dari 2 milyar orang di dunia diperkirakan mengalami defisiensi vitamin dan mineral (Bailey *et al.* 2015). Penelitian yang menilai hubungan asupan makronutrien terhadap kejadian diabetes melitus tipe 2 sudah banyak dilakukan di Surabaya, tetapi penelitian terkait mikronutrien masih sangat jarang. Maka dari itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hubungan asupan mikronutrien terhadap kejadian diabetes melitus tipe 2 di Surabaya.

METODE

Desain, tempat, dan waktu

Penelitian ini memiliki desain studi *case control*. Penelitian dilakukan di Puskesmas Mojo, Mojo Klanggru Wetan II No.11, Mojo, Kec. Gubeng, Surabaya, Jawa Timur 60285. Penelitian dilakukan pada bulan Februari 2025. Penelitian ini telah dikaji dan mendapat keterangan layak etik dari Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Airlangga dengan nomor 234/EA/KEPK/2024.

Jenis dan cara pengambilan subjek

Populasi adalah pasien yang berkunjung di poli umum Puskesmas Mojo, Surabaya. Pasien yang melakukan kunjungan pemeriksaan di Puskesmas Mojo kemudian diskriminasi melalui beberapa kriteria. Pasien diabetes melitus tipe 2 berdasarkan rekam medis puskesmas akan masuk ke dalam kelompok kasus. Pasien yang berdasarkan rekam medis tidak menderita diabetes melitus tipe 2 akan masuk ke dalam kelompok kontrol. Setelah itu pasien juga diskriminasi berdasar usia yang memenuhi kriteria, serta tidak termasuk pasien yang sedang hamil dan memiliki riwayat gagal ginjal.

Jenis dan cara pengumpulan data

Variabel terikat dalam penelitian ini adalah kejadian diabetes melitus tipe 2. Data tersebut diperoleh melalui catatan rekam medis pasien Puskesmas Mojo Surabaya. Variabel independen yang dihimpun meliputi data demografi dan asupan mikronutrien. Data demografi meliputi usia, jenis kelamin, riwayat keluarga, lama menderita diabetes melitus tipe 2, pendapatan, pendidikan, dan gula darah sewaktu (GDS) yang didapatkan melalui pemeriksaan menggunakan *glucometer*. Asupan mikronutrien yang meliputi asupan seng, selenium, mangan, dan kromium didapatkan melalui kuesioner SQ-FFQ. *Cut-off* yang digunakan untuk menilai kecukupan mikronutrien adalah USDA (*United States Department of Agriculture*) tahun 2020.

Pengolahan dan analisis data

Pengolahan dan analisis data dilakukan menggunakan *Statistical Program for Social Science* versi 25. Data yang diperoleh selanjutnya dilakukan uji korelasi *Chi-square* dan *Odds Ratio (OR)*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Subjek penelitian ini terdiri atas 33 subjek kelompok kasus dan 33 subjek kelompok kontrol. Tabel 1 menunjukkan nilai *mean variable independen*. Usia kelompok kasus berkisar antara 42-59 tahun dengan rata-rata 51,2 tahun. Sedangkan, usia kelompok kontrol berkisar antara 20-58 tahun dengan rata-rata 43,6 tahun. Tabel 2 menunjukkan distribusi karakteristik subjek. Jenis kelamin pada kedua kelompok didominasi oleh perempuan, yaitu sebesar 81,8% pada kelompok kasus dan 69,7% pada kelompok kontrol. Sebesar 60% subjek kelompok kasus berusia diatas 50 tahun dan 64% subjek kelompok kontrol berusia antara 19-50 tahun. Riwayat menderita diabetes paling banyak dimiliki kelompok kasus, yaitu sebesar 63,6% subjek. Sedangkan, hanya terdapat 30,3% subjek kelompok kontrol memiliki riwayat menderita diabetes. Pendapatan keluarga kelompok kasus sebagian besar <Rp.2.000.000, yaitu sebanyak 57% subjek. Sedangkan, pada kelompok kontrol didominasi oleh subjek yang memiliki pendapatan antara Rp.2.000.000-Rp.4.200.000, yaitu sebesar 61% subjek. Pendidikan kedua kelompok didominasi oleh lulusan SMA/ sederajat, yaitu sebesar 54,5% subjek. Selanjutnya, pada kelompok kasus terdapat 64% pasien memiliki kadar GDS ≥ 200 mg/dL. Sedangkan, pada kelompok kontrol terdapat 100% subjek yang memiliki GDS <200 mg/dL.

Hubungan Asupan Seng dengan Kejadian Diabetes Melitus Tipe 2

Penelitian telah menunjukkan bahwa defisiensi seng dapat berkontribusi pada perkembangan penyakit kronis dan metabolik, seperti diabetes, gangguan neurodegeneratif, kanker, dan penyakit usus. Seng dapat memberikan efek seperti insulin pada adiposit, memengaruhi adipogenesis dan metabolisme glukosa, serta berperan dalam meningkatkan sensitivitas insulin dalam jaringan adiposa (Ahmad *et al.* 2024). Menurut Ahmad *et al.* (2024) pada keadaan obesitas, status seng dalam tubuh memiliki pengaruh pada profil lipid, fungsi jaringan adiposa, produksi adipokine, dan sensitivitas insulin. Sehingga, kadar seng dalam tubuh memiliki keterkaitan pada kejadian diabetes melitus tipe 2 (Fukunaka *et al.* 2018).

Penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat hubungan antara asupan seng dengan kejadian diabetes melitus tipe 2 ($p\text{-value}=0,013$). Subjek dengan asupan seng yang kurang memiliki risiko 4,025 (1,442- 11,238) kali lebih besar menderita diabetes melitus tipe 2 dibandingkan dengan subjek yang memiliki asupan seng cukup. Penelitian yang dilakukan oleh Widiastuti (2016) menunjukkan hal yang sama, yaitu asupan seng berhubungan dengan kejadian diabetes melitus tipe 2. Dalam penelitian tersebut dijelaskan bahwa asupan seng berhubungan dengan kadar HbA1C (%) seseorang. Subjek yang kekurangan asupan seng memiliki HbA1C >7%. Seng memiliki fungsi protektif terhadap kerusakan sel beta pankreas, sehingga asupan seng yang kurang dari kecukupan akan mempengaruhi sel beta pankreas dalam proses pensinyalan. Hasilnya, insulin akan mengalami kegagalan produksi atau menurunkan sekresi insulin dan meningkatkan resistensi insulin.

Tabel 1. Karakteristik subjek

Kategori	Kasus		Kontrol	
	n	%	n	%
Jenis Kelamin				
- Laki-laki	6	18,2	10	30,3
- Perempuan	27	81,8	23	69,7
Usia				
- 19-50	13	40	21	64
- >50	20	60	12	36
Riwayat Keluarga				
- Ya	21	63,6	10	30,3
- Tidak	12	36,4	23	69,7
Pendapatan				
- <Rp.2.000.000	19	57	5	15
- Rp. 2.000.000- Rp. 4.200.000	13	40	20	61
- >Rp. 4.200.000	1	3	8	24
Pendidikan				
- Tidak Sekolah	4	12,1	0	0
- Tidak Tamat SD/Sederajat	1	3	0	0
- Tamat SD/ sederajat	1	3	3	9,1
- Tamat SMP/ sederajat	6	18,2	3	9,1
- Tamat SMA/ sederajat	18	54,5	18	54,5
- Tamat Perguruan Tinggi	3	9,1	9	27,3
Gula darah sewaktu (GDS)				
- <200	12	36	33	100
- ≥200	21	64	0	0

Tabel 2. Rata-rata asupan zat gizi mikro

Rata-rata asupan	Kasus	Kontrol
Seng	4,8±2,7 (1,5 – 10)	6,3±2,5 (2,1 – 11)
Selenium	61,9±20,6 (25,6 – 125,8)	73,4±23,5 (38,4 – 126)
Mangan	2,1±1,4 (1 – 8,1)	1,9±0,63 (1 – 4)
Kromium	11,9±9,5 (1,3 – 31)	13±9,2 (3 – 31)

Tabel 3. Hubungan asupan mikronutrien dengan kejadian diabetes melitus tipe 2

Zat gizi mikro	Kasus		Kontrol		Nilai Statistik	
	n	%	n	%	p-value	OR* (CI:95%)
Seng						
- Kurang	23	69,7	12	36,4	0,014*	4,025 (1,442 – 11,238)
- Cukup	10	30,3	21	63,6		
Selenium						
- Kurang	4	12,1	3	9,1	1,000	1,379 (0,284 – 6,707)
- Cukup	29	87,9	30	90,9		
Mangan						
- Kurang	14	42,4	6	18,1	0,049*	3,316 (1,080 – 10,184)
- Cukup	19	57,6	27	81,8		
Kromium						
- Kurang	23	69,7	23	69,7	1,000	1,000 (0,350 – 2,857)
- Cukup	10	30,3	10	30,3		

Keterangan: *p-value signifikan pada CI:95%; **OR (Odds Ratio)

Studi yang dilakukan oleh Farooq *et al.* (2020) mengamati adanya defisiensi seng yang dialami oleh penderita diabetes melitus. Defisiensi seng yang diamati pada individu dengan diabetes melitus terutama disebabkan oleh dua mekanisme utama: (1) gangguan penyerapan seng di usus (perubahan gastrointestinal terkait diabetes dan perubahan mekanisme transpor seng dapat menyebabkan berkurangnya penyerapan mikronutrien esensial ini di usus); dan (2) peningkatan ekskresi seng melalui urin (hiperglikemia dan gangguan metabolik terkait pada diabetes dapat menyebabkan peningkatan kehilangan seng melalui urin, yang selanjutnya memperburuk defisiensi). Asupan seng yang kurang akan semakin memperparah kondisi kesehatan pasien diabetes melitus tipe 2. Defisiensi tersebut diduga menjadi penyebab perkembangan komplikasi diabetes, salah satunya neuropati diabetik (Migdalís *et al.* 2005).

Penurunan risiko menderita diabetes melitus tipe 2 jika asupan seng terpenuhi juga diamati oleh Fernández-Cao *et al.* (2019) dalam studi meta-analisisnya hingga 13% dan hingga 41% di daerah pedesaan. Sun *et al.* (2009) dalam penelitiannya menyebutkan bahwa peningkatan asupan seng berkaitan dengan risiko diabetes melitus tipe 2 yang lebih rendah. Selain itu, keadaan hiperglikemia juga dipicu oleh adanya ketidakcukupan asupan seng. Hal ini diteliti oleh Wardani dan Sholihah (2025) yang menyebutkan bahwa asupan seng yang tidak cukup akan meningkatkan risiko hiperglikemia 2,8 kali lebih besar.

Hubungan Asupan Selenium dengan Kejadian Diabetes Melitus Tipe 2

Selenium yang merupakan zat gizi mikro memiliki pengaruh pada kapasitas antioksidan seluler melalui keberadaannya dalam enzim seperti glutathione peroksidase (GPx) yang terkait dengan kejadian diabetes melitus tipe 2. Tetapi, efek selenium terhadap diabetes melitus tipe 2 masih menjadi kontroversi (Casanova & Monleon 2023).

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa asupan selenium tidak berhubungan dengan kejadian diabetes melitus tipe 2 ($p\text{-value}=1,000$). Berdasarkan kecukupan asupan selenium subjek, diketahui bahwasanya hanya terdapat 12,1% subjek kelompok kasus dan 9,1% subjek kelompok kontrol yang kurang asupan selenium. Rata-rata asupan selenium pada kedua kelompok juga semuanya di atas kebutuhan harian yang direkomendasikan oleh AKG 2019 (Permen 2019) dan USDA (2020). Defisiensi selenium sangat jarang dilaporkan karena kebutuhannya yang sedikit dan keberadaannya di alam yang cukup banyak (Siregar & Riyadi 2022). Hal ini juga disebutkan oleh Altmayer *et al.* (2024) bahwa defisiensi selenium jarang terjadi.

Penelitian terkait hubungan asupan selenium dengan diabetes melitus tipe 2 yang dilakukan oleh Li *et al.* (2024) menunjukkan hasil yang tidak pasti. Hasilnya mengungkapkan korelasi berbentuk V antara asupan selenium dan risiko diabetes melitus tipe 2, yang artinya konsumsi selenium sangat rendah dan sangat tinggi dapat meningkatkan risiko diabetes tipe 2. Karena, paparan selenium yang berlebihan, terutama melalui suplementasi, dapat meningkatkan risiko diabetes tipe 2 dengan menambah produksi Sepp1 hati, yang diketahui sebagai penginduksi resistensi insulin. Penelitian Thompson *et al.* (2016) juga tidak menemukan adanya perbedaan yang signifikan antara munculnya diabetes melitus tipe 2 pada kelompok kasus dan kontrol. Penelitian Ogawa-Wong *et al.* (2016) juga menemukan korelasi berbentuk U yang artinya timbulnya penyakit terjadi dalam situasi tingkat selenium yang sangat rendah atau sangat tinggi.

Berdasarkan data dari penelitian yang dilakukan oleh penulis, asupan semua subjek berada dalam kisaran yang dapat diterima. Sebuah studi menyebutkan bahwa asupan selenium dari makanan 80 mcg/hari atau 120 mcg/L meningkatkan risiko diabetes melitus tipe 2 (Zhao *et al.* 2022). Penelitian *Kohort* lainnya yang dilakukan oleh Cheng *et al.* (2022) menyebutkan bahwa asupan selenium dari makanan sebesar 95 mcg/hari dapat meningkatkan risiko diabetes melitus tipe 2. Sedangkan, dalam penelitian yang dilakukan oleh Li *et al.* (2024) disebutkan bahwa asupan selenium 18,05 mcg/hari meningkatkan risiko diabetes melitus tipe 2. Risiko terendah diabetes melitus tipe 2 yang dikaitkan dengan asupan selenium berada pada asupan selenium sebesar 45 mcg/hari. Toksisitas selenium adalah 400 mcg (Harvard School of Public Health 2023).

Beberapa faktor lain yang mungkin menjadi alasan atas hasil yang tidak berhubungan antara asupan selenium dengan kejadian diabetes melitus tipe 2 pada penelitian ini, yaitu latar belakang subjek pada kedua kelompok yang heterogen. Studi meta analisis yang dilakukan oleh Guilbert *et al.* (2022) juga menyebutkan bahwa heterogenitas status sosial ekonomi, pendidikan, dan konteks sistem kesehatan akan membatasi kemampuan untuk menarik kesimpulan tentang efektivitas terapi gizi pada kontrol glikemik. Heterogenitas tersebut dapat mengaburkan hubungan yang signifikan.

Hubungan Asupan Mangan dengan Kejadian Diabetes Melitus Tipe 2

Mangan dalam makanan telah diteliti dapat meningkatkan MnSOD dan berpartisipasi dalam pertahanan antioksidan dalam tubuh manusia. MnSOD melindungi mitokondria dari ROS yang dapat memicu resistensi insulin (Shan *et al.* 2016). Dalam penelitian ini diketahui bahwasanya terdapat hubungan (p

$value=0,049$) antara asupan mangan dengan kejadian diabetes melitus tipe 2. Penelitian ini sejalan dengan yang dilakukan oleh Eshak *et al.* (2020) yang menunjukkan bahwa terdapat hubungan terbalik yang kuat antara asupan mangan dari makanan dengan risiko diabetes melitus tipe 2. Asupan mangan yang tinggi akan menurunkan risiko diabetes melitus tipe 2, dan sebaliknya asupan mangan rendah akan meningkatkan risiko diabetes melitus tipe 2.

Penelitian *case-control* yang dilakukan oleh Khameed dan Al-Yassin (2023) juga menunjukkan adanya hubungan antara asupan mangan dan risiko kejadian diabetes melitus tipe 2. Pada penelitian tersebut disebutkan bahwa asupan mangan yang cukup dapat menurunkan kadar HbA1C (%). Penelitian yang dilakukan oleh Gong *et al.* (2020) juga menunjukkan bahwa asupan mangan yang lebih tinggi secara langsung dikaitkan dengan risiko diabetes melitus tipe 2 yang lebih rendah. Dalam penelitian tersebut, penurunan risiko diabetes melitus tipe 2 bisa mencapai 30% lebih rendah.

Hubungan antara mangan dan risiko diabetes melitus tipe 2 yang lebih rendah dimediasi oleh glukosa puasa, insulin puasa, resistensi insulin, dan biomarker inflamasi (Gong *et al.* 2020). Studi yang dilakukan oleh Lee *et al.* (2013) pada tikus membuktikan bahwa mangan yang diberikan berpengaruh signifikan pada penurunan kadar gula darah puasa dengan hasil rata-rata 162 ± 7 mg/dL untuk kelompok kontrol dan 129 ± 10 mg/dL untuk kelompok kasus. Penelitian tersebut juga membuktikan bahwa nilai HOMA-IR (*Homeostasis Model Assessment of Insulin Resistance*) dua kali lipat lebih tinggi pada tikus yang tidak diberi mangan. Hubungan antara mangan dengan inflamasi diteliti dan menunjukkan bahwa nilai CRP (*C-Reactive Protein*) berhubungan signifikan dengan diabetes melitus tipe 2.

Hubungan Asupan Kromium dengan Kejadian Diabetes Melitus Tipe 2

Kromium dapat mengurangi resistensi insulin dan meningkatkan sensitivitas insulin melalui reseptor sel. Sebaliknya, jika asupan kromium melalui makanan kurang dari kecukupan maka akan berkontribusi dalam perkembangan diabetes melitus tipe 2 (Derakhshanian *et al.* 2017). Namun, peran kromium mengenai dampak pastinya terhadap sensitivitas insulin masih belum bisa dipastikan (Landman *et al.* 2014).

Penelitian ini dapat menunjukkan bahwasanya tidak terdapat hubungan antara asupan kromium dengan kejadian diabetes melitus tipe 2 ($p-value=1,000$). Pada kedua kelompok kasus dan kontrol diketahui bahwa 69,7% subjek memiliki asupan kromium kurang dan 30,3% memiliki asupan kromium cukup. Pada kedua kelompok, subjek dominan memiliki asupan kromium yang masih kurang dari kecukupan. Hasil tersebut sejalan dengan penelitian *case-control* yang dilakukan oleh Ngaisyah (2010) yang menunjukkan bahwa defisiensi kromium dialami oleh kedua kelompok kasus dan kontrol yaitu sebesar 83,25% dan 81,35%. Defisiensi kromium pada pasien diabetes melitus tipe 2 dapat dikaitkan dengan perubahan metabolisme kromium melalui peningkatan kehilangan, penurunan penyerapan, dan asupan makanan yang tidak memadai (Basaki *et al.* 2012).

Hasil *Odds ratio* yang didapatkan dari uji statistik menunjukkan hasil 1,000 (0,350- 2,857) yang berarti paparan tidak mempengaruhi kemungkinan hasil atau tidak terdapat risiko dari kekurangan kromium terhadap kejadian diabetes melitus tipe 2. Studi acak, *double-blind*, *placebo-control* yang dilakukan oleh Gunton *et al.* (2005) membuktikan bahwa tidak ada efek menguntungkan signifikan yang dihasilkan dari suplementasi kromium pada subjek. Penjelasan mengenai sebab hubungan negative tersebut kemungkinan berkaitan dengan ketidakpatuhan, dosis yang tidak memadai, masalah dengan bioavailabilitas, dan kurangnya kemanjuran suplementasi kromium.

Salah satu mekanisme yang mungkin menjadi alasan asupan kromium tidak berhubungan dengan kejadian diabetes melitus tipe 2 adalah adanya inhibitor kromium, yaitu fitat. Asam fitat bertindak sebagai antinutrisi dengan menghalangi penyerapan mineral. Pengikatan tersebut menghasilkan garam yang tidak larut dengan bioavailabilitas mineral yang buruk (Gupta *et al.* 2013). Tidak berbeda dengan asupan selenium, hasil yang tidak signifikan dari penelitian ini kemungkinan bisa juga disebabkan oleh heterogenitas latar belakang pendidikan dan pendapatan yang tidak diteliti.

Keterbatasan pada studi ini ialah tidak adanya *matching* pada karakteristik subjek yang meliputi usia yang lebih spesifik, gender, pendidikan, pendapatan, dan penyakit penyerta lain yang menyebabkan hasil data yang heterogen. Pengambilan data dengan kuesioner SQ-FFQ juga dapat menimbulkan bias ingatan dari subjek. Selain itu, Indonesia belum memiliki tabel bahan makanan sumber kromium sehingga peneliti menggunakan acuan dari USDA.

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat hubungan antara asupan seng ($p=0,014$; $OR=4,025$) dan asupan mangan ($p=0,049$; $OR=3,316$) dengan kejadian diabetes melitus tipe 2. Tidak terdapat hubungan antara

asupan selenium ($p=1,000$), asupan kromium ($p=1,000$) dengan kejadian diabetes melitus tipe 2. Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa ketidakcukupan asupan seng meningkatkan risiko diabetes melitus tipe 2 sebesar 4,025 kali dan ketidakcukupan asupan mangan meningkatkan risiko diabetes melitus tipe 2 sebesar 3,316 kali. Pasien diabetes melitus dapat mengonsumsi bahan pangan mengandung seng dan mangan tinggi, seperti kerang, daging sapi, kacang-kacangan, susu, telur, dan nasi merah dalam upaya menurunkan tingkat keparahan penyakit.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih sebesar-besarnya ditujukan kepada pihak Puskesmas Mojo beserta responden yang telah memberikan penulis ruang untuk melakukan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad R, Shaju R, Atfi A, Razzaque MS. 2024. Zinc and diabetes: a connection between micronutrient and metabolism. *Cell*. 13(16):1359. <https://doi.org/10.3390/cells13161359>
- Altmayer LA, Lang M, Schleicher JT, Stuhler C, Wörmann C, Scherer LS, Thul IC, Spennler LS, Simon JA, Wind A, et al.. 2024. A plea for monitoring serum selenium levels in breast cancer patients: selenium deficiency is rare during the first year of therapy, and selenium supplementation is associated with elevated risk of overdosing. *Nutrients*. 16(13):2134. <https://doi.org/10.3390/nu16132134>
- Arania R, Triwahyuni T, Esfandiari F, Nugraha FR. 2021. Hubungan antara usia, jenis kelamin, dan tingkat pendidikan dengan kejadian diabetes mellitus di klinik mardhi waluyo lampung tengah. *Jurnal Medika Malahayati*. 5(3):146-153. <https://doi.org/10.33024/jmm.v5i3.4200>
- Bailey RL, West Jr KP, Black RE. 2015. The epidemiology of global micronutrient deficiencies. *Annals of nutrition and metabolism*. 66(Suppl. 2):22-33. <https://doi.org/10.1159/000371618>
- Basaki M, Saeb M, Nazifi S, Shamsaei HA. 2012. Zinc, copper, iron, and chromium concentrations in young patients with type 2 diabetes mellitus. *Biological Trace Element Research*. 148:161-164. <https://doi.org/10.1007/s12011-012-9360-6>
- Casanova P, Monleon D. 2023. Role of selenium in type 2 diabetes, insulin resistance and insulin secretion. *World J Diabetes*. 14(3):147-158. <https://doi.org/10.4239/wjd.v14.i3.147>
- Cheng Z, Li Y, Young JL, Cheng N, Yang C, Papandonatos GD, Bai Y. 2022. Long-term association of serum selenium levels and the diabetes risk: Findings from a case-control study nested in the prospective Jinchang Cohort. *Science of the Total Environment*. 818:151848. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.151848>
- Derakhshanian H, Javanbakht MH, Zarei M, Djalali E, Djalali M. 2017. Vitamin D increases IGF-I and insulin levels in experimental diabetic rats. *Growth Hormone & IGF Research*. 36:57-59. <https://doi.org/10.1016/j.ghir.2017.09.002>
- [Dinkes Jatimprov] Dinas Kesehatan Provinsi Jawa Timur. 2024. Profil Kesehatan Provinsi Jawa Timur Tahun 2023. Surabaya: Dinas Kesehatan Provinsi Jawa Timur. <https://dinkes.jatimprov.go.id/userfile/dokumen/PROFIL%20KESEHATAN%20PROVINSI%20JAWA%20TIMUR%20TAHUN%202023.pdf>
- Ekpenyong CE. 2018. Micronutrient deficiency: a novel nutritional risk factor for insulin resistance and syndrom X. *Archives of Food and Nutritional Science*. 2(1):16-30. <https://doi.org/10.29328/journal.afns.1001013>
- Elya RS, Nurdin NM. 2024. Hubungan kepatuhan diet, kualitas diet, dan aktivitas fisik dengan kadar glukosa darah penderita diabetes melitus tipe 2. *J. Gizi Dietetik*. 3(4):286-294. DOI: <https://doi.org/10.25182/jigd.2024.3.4.286-294>
- Eshak ES, Muraki I, Imano H, Yamagishi K, Tamakoshi A, Iso H. 2021. Manganese intake from foods and beverages is associated with a reduced risk of type 2 diabetes. *Maturitas*. 143:127-131. <https://doi.org/10.1016/j.maturitas.2020.10.009>
- Farooq DM, Alamri AF, Alwhahabi BK, Metwally AM, Kareem KA. 2020. The status of zinc in type 2 diabetic patients and its association with glycemic kontrol. *Journal of Family and Community Medicine*. 27(1):29-36. https://doi.org/10.4103/jfcm.JFCM_113_19
- Fernández-Cao JC, Warthon-Medina M, H Moran V, Arija V, Doepking C, Serra-Majem L, Lowe NM. 2019. Zinc intake and status and risk of type 2 diabetes mellitus: a systematic review and meta-analysis. *Nutrients*. 11(5):1027. <https://doi.org/10.3390/nu11051027>
- Fukunaka A, Fujitani Y. 2018. Role of zinc homeostasis in the pathogenesis of diabetes and obesity. *International Journal of Molecular Sciences*. 19(2):476. <https://doi.org/10.3390/ijms19020476>

- Gong, JH, Lo K, Liu Q, Li J, Lai S, Shadyab AH, Arcan C, Snetselaar L, Liu S. 2020. Dietary manganese, plasma markers of inflammation, and the development of type 2 diabetes in postmenopausal women: findings from the Women's Health Initiative. *Diabetes Care*. 43(6):1344-1351. <https://doi.org/10.2337/dc20-0243>
- Goyal R, Singhal M, Jialal I. 2023. Type 2 Diabetes. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing.
- Guilbert E, Perry R, Whitmarsh A, Sauchelli S. 2022. Short-term effectiveness of nutrition therapy to treat type 2 diabetes in low-income and middle-income countries: systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. *BMJ open*. 12(3):e056108. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2021-056108>
- Gunton JE, Cheung NW, Hitchman R, Hams G, O'Sullivan C, Foster-Powell K, McElduff A. 2005. Chromium supplementation does not improve glucose tolerance, insulin sensitivity, or lipid profile: a randomized, placebo-controlled, double-blind trial of supplementation in subjects with impaired glucose tolerance. *Diabetes Care*. 28(3):712-714. <https://doi.org/10.2337/diacare.28.3.712>
- Gupta RK, Gangoliya SS, Singh, NK. 2013. Reduction of phytic acid and enhancement of bioavailable micronutrients in food grains. *Journal of food science and technology*. 52:676-684. <https://doi.org/10.1007/s13197-013-0978-y>
- Harvard School of Public Health. 2023. Selenium. <https://nutritionsource.hsph.harvard.edu/selenium/>
- [IDF] International Diabetes Federation. 2021. IDF Diabetes Atlas (10th ed.). Brussels: International Diabetes Federation.
- [IDF] International Diabetes Federation. 2025. IDF Diabetes Atlas (11th ed.). Brussels: International Diabetes Federation.
- Khameed AZ, Al-Yassin HD. 2023. Correlation of serum levels of chromium, copper, and manganese with the glucose levels in type 2 diabetes mellitus in Iraq. *Journal of the Faculty of Medicine Baghdad*. 65(4):382-385. <https://doi.org/10.32007/jfacmedbagdad.2126>
- Kusnadi G, Murbawani EA, Fitranti DY. 2017. Faktor risiko diabetes melitus tipe 2 pada petani dan buruh. *Journal of Nutrition College*. 6(2):138-148. <https://doi.org/10.14710/jnc.v6i2.16905>
- Landman GW, Bilo HJ, Houweling ST, Kleefstra N. 2014. Chromium does not belong in the diabetes treatment arsenal: Current evidence and future perspectives. *World journal of diabetes*. 5(2):160 <https://doi.org/10.4239/wjd.v5.i2.160>
- Lee SH, Jouihan HA, Cooksey RC, Jones D, Kim HJ, Winge DR, McClain DA. 2013. Manganese supplementation protects against diet-induced diabetes in wild type mice by enhancing insulin secretion. *Endocrinology*. 154(3):1029-1038. <https://doi.org/10.1210/en.2012-1445>
- Li F, Hong X, Wang H, Li W, Chen L, Wang L, Zhao B, Wang S, Jiang H. Wang Z. 2024. Association of dietary selenium intake with type 2 diabetes in middle-aged and older adults in China. *Nutrients*. 16(14):2367. <https://doi.org/10.3390/nu16142367>
- Migdalís IN, Triantafílou P, Petridou E, Varvarigos N, Totolos V. Rigopoulos A. 2005. Lipid peroxides in type 2 diabetic patients with neuropathy. *Research Communications in Molecular Pathology and Pharmacology*. 117:5-12.
- Ngaisyah RRD. 2010. Hubungan asupan kromium dengan tingkat gula darah pada anggota Persadia Samarinda tahun 2010 [tesis]. Depok: Universitas Indonesia.
- Ogawa-Wong AN, Berry MJ, Seale LA. 2016. Selenium and metabolic disorders: an emphasis on type 2 diabetes risk. *Nutrients*. 8(2):80. <https://doi.org/10.3390/nu8020080>
- [Permen] Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 28 Tahun 2019. Angka Kecukupan Gizi yang Dianjurkan untuk Masyarakat Indonesia. 2019.
- Punthakee Z, Goldenberg R, Katz P. 2018. Definition, classification and diagnosis of diabetes, prediabetes and metabolic syndrome. *Can J Diabetes*. 42 Suppl 1:S10-S15. <https://doi.org/10.1016/j.jcjd.2017.10.003>
- Ritchie H, Roser M. 2017. Micronutrient deficiency. *Our World in Data*. <https://ourworldindata.org/micronutrient-deficiency>
- Roden M, Shulman GI. 2019. The integrative biology of type 2 diabetes. *Nature*. 576(7785):51-60. <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1797-8>
- Shan Z, Chen S, Sun T, Luo C, Guo Y, Yu X, Liu L. 2016. U-shaped association between plasma manganese levels and type 2 diabetes. *Environmental health perspectives*. 124(12):1876-1881. <https://doi.org/10.1289/EHP176>
- Siregar MH, Riyadi H. 2022. Pengaruh asupan selenium terhadap kejadian obesitas. *Gorontalo Journal Of Nutrition And Dietetic*. 2(1):1-9.

- Strati M, Moustaki M, Psaltopoulou T, Vryonidou A, Paschou SA. 2024. Early onset type 2 diabetes mellitus: an update. *Endocrine*. 85(3):965-978. <https://doi.org/10.1007/s12020-024-03772-w>
- Sun Q, van Dam RM, Willett WC, Hu FB. 2009. Prospective study of zinc intake and risk of type 2 diabetes in women. *Diabetes Care*. 32(4):629-34. <https://doi.org/10.2337/dc08-1913>
- Thompson PA, Ashbeck EL, Roe DJ, Fales L, Buckmeier J, Wang F, Bhattacharyya A, Hsu CH, Chow HS, et al.. 2016. Selenium supplementation for prevention of colorectal adenomas and risk of associated type 2 diabetes. *Journal of the National Cancer Institute*. 108(12):152. <https://doi.org/10.1093/jnci/djw152>
- [USDA] United States Department of Agriculture. 2020. Dietary Guidelines for Americans, 2020-2025 (9th ed.). Available at [DietaryGuidelines.gov](https://www.dietaryguidelines.gov).
- Wardani NFD, Sholihah LS. 2025. Hubungan asupan serat, seng dan aktivitas fisik dengan status hiperglikemia pasien diabetes melitus tipe 2. *Journal Health and Nutrition*. 11(1):7-17.
- Widiastuti IKSJY. 2016. Aspek molekuler hubungan asupan zinc dan selenium dengan hemoglobin glikosilasi pada pasien diabetes mellitus tipe 2. *Biota: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Hayati*. 19-25. <https://doi.org/10.24002/biota.v1i1.708>
- Zhao J, Zou H, Huo Y, Wei X, Li Y. 2022. Emerging roles of selenium on metabolism and type 2 diabetes. *Frontiers in Nutrition*. 9. 1027629. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.1027629>