

**MODEL MATEMATIKA DINAMIKA JUMLAH PENDERITA
DIABETES MELITUS DENGAN PENGARUH POLA HIDUP
DAN PERAWATAN BERDASARKAN
FAKTOR RISIKO BIOLOGIS**



SKRIPSI

diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Matematika
Kelompok Bidang Keahlian Terapan

Oleh:

Gloria Angelica Abolla

NIM 2100034

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA
FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA**

2025

**MODEL MATEMATIKA DINAMIKA JUMLAH PENDERITA
DIABETES MELITUS DENGAN PENGARUH POLA HIDUP
DAN PERAWATAN BERDASARKAN
FAKTOR RISIKO BIOLOGIS**

Oleh
Gloria Angelica Abolla

Sebuah skripsi yang diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Matematika pada Fakultas Pendidikan Matematika dan
Ilmu Pengetahuan Alam

© Gloria Angelica Abolla 2025
Universitas Pendidikan Indonesia
Juli 2025

Hak Cipta dilindungi undang-undang.

Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian, dengan dicetak
ulang, difotokopi, atau dengan cara lainnya tanpa izin dari penulis.

LEMBAR PENGESAHAN

GLORIA ANGELICA ABOLLA

MODEL MATEMATIKA DINAMIKA JUMLAH PENDERITA DIABETES
MELITUS DENGAN PENGARUH POLA HIDUP DAN PERAWATAN
BERDASARKAN FAKTOR RISIKO BIOLOGIS

Disetujui dan disahkan oleh:

Pembimbing I



Dr. H. Endang Cahya Mulyaning A., M.Si.

NIP. 196506221990011001

Pembimbing II



Dr. Kartika Yulianti, S.Pd., M.Si.

NIP. 198207282005012001

Mengetahui,

Ketua Program Studi Matematika



Dr. Kartika Yulianti, S.Pd., M.Si.

NIP. 198207282005012001

ABSTRAK

Model Matematika Dinamika Jumlah Penderita Diabetes Melitus dengan Pengaruh Pola Hidup dan Perawatan Berdasarkan Faktor Risiko Biologis

Oleh

Gloria Angelica Abolla

Diabetes melitus (DM) merupakan gangguan metabolisme yang ditandai dengan peningkatan kadar glukosa darah (hiperglikemia), sehingga sering disebut sebagai “*silent killer*” karena dapat memengaruhi seluruh organ tubuh. Jumlah penderita DM terus meningkat secara global, dan Indonesia menempati peringkat keempat negara dengan jumlah kasus terbanyak di dunia. Penelitian ini membangun model matematika *SEITR* (*Susceptible–Exposed–Infected–Treated–Recovered*) untuk menggambarkan dinamika penyebaran DM dengan melibatkan faktor risiko biologis seperti genetik dan non-genetik, serta pengaruh pola hidup dan perawatan. Model dianalisis melalui penentuan titik ekuilibrium, bilangan reproduksi dasar R_0 , serta analisis kestabilan titik ekuilibrium. Hasil analisis menunjukkan bahwa terdapat dua titik ekuilibrium, yaitu ekuilibrium bebas penyakit saat $R_0 < 1$ dan ekuilibrium endemik saat $R_0 > 1$. Simulasi numerik dilakukan dengan memasukkan nilai parameter sesuai data dan literatur untuk menggambarkan dinamika masing-masing subpopulasi menggunakan metode Runge-Kutta Fehlberg (RKF45). Hasil simulasi menunjukkan bahwa pengendalian penyebaran DM dapat dilakukan melalui dua hal, yaitu menurunkan laju pola hidup tidak sehat (β) dan meningkatkan pencegahan sejak fase pradiabetes (ω). Penurunan (β) melalui kebiasaan hidup sehat dan membatasi interaksi dengan individu yang sudah terpapar DM dapat menurunkan nilai R_0 , sehingga memperbesar peluang bebas DM. Sementara itu, peningkatan (ω) melalui dapat menekan jumlah penderita baru secara signifikan.

Kata Kunci: Diabetes Melitus, Model Matematika, Model *SEITR*, Bilangan Reproduksi Dasar, Kestabilan Titik Ekuilibrium

ABSTRACT

A Mathematical Model of the Dynamics of Diabetes Mellitus Cases with the Influence of Lifestyle and Treatment Based on Biological Risk Factors

By

Gloria Angelica Abolla

Diabetes mellitus (DM) is a metabolic disorder characterized by elevated blood glucose levels (hyperglycemia), often referred to as a “silent killer” due to its systemic impact on multiple organs. The global prevalence of DM continues to rise, with Indonesia currently ranking fourth among countries with the highest number of cases. This study develops a mathematical SEITR (Susceptible–Exposed–Infected–Treated–Recovered) model to describe the dynamics of DM transmission by incorporating biological risk factors, including genetic and non-genetic influences, as well as lifestyle and treatment-related aspects. The model is analyzed through the determination of equilibrium points, the basic reproduction number R_0 , and the stability of the equilibrium states. The results reveal the existence of two equilibrium points: a disease-free equilibrium when $R_0 < 1$, and an endemic equilibrium when $R_0 > 1$. Numerical simulations were performed using parameter values derived from empirical data and relevant literature to illustrate the behavior of each subpopulation over time using Runge-Kutta Fehlberg (RKF45) method. The simulation outcomes suggest that effective control of DM spread can be achieved by reducing unhealthy lifestyle rates (β) and enhancing preventive measures (ω). Decreasing (β) through healthy lifestyle promotion and minimizing high-risk contact can reduce R_0 thus promoting the possibility of DM eradication. Furthermore, increasing (ω) through early prevention during the prediabetes phase significantly reduces the emergence of new DM cases.

Keywords: *Diabetes Mellitus, Mathematics Model, SEITR Model, Basic Reproduction Number, Stability of Equilibrium Points*

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA	iv
KATA PENGANTAR.....	v
UCAPAN TERIMA KASIH	vi
ABSTRAK	viii
<i>ABSTRACT</i>	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	6
1.3 Tujuan Penelitian	7
1.4 Batasan Masalah	7
1.5 Manfaat Penelitian.....	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1 Diabetes Melitus	8
2.1.1 Definisi Diabetes Melitus.....	8
2.1.2 Etiologi Diabetes Melitus.....	10
2.1.3 Faktor Pola Hidup	11
2.1.4 Faktor Genetik.....	11
2.1.5 Faktor Non Genetik.....	12
2.1.6 Perawatan DM.....	12

2.2 Sistem Persamaan Diferensial Linier dan Nonlinier	13
2.2.1 Definisi Sistem Persamaan Diferensial Linier	13
2.2.2 Definisi Sistem Persamaan Diferensial Nonlinier.....	14
2.3 Model Matematika.....	15
2.3.1 Model <i>SIR</i>	15
2.3.2 Model <i>SEIITR</i> Diabetes Melitus dengan Pengaruh Pengobatan Insulin dan Faktor Genetik.....	17
2.4 Nilai Eigen dan Vektor Eigen	19
2.5 Titik Ekuilibrium	20
2.6 Titik Ekuilibrium Bebas Penyakit	20
2.7 Titik Ekuilibrium Endemik.....	21
2.8 Linierisasi	21
2.9 Bilangan Reproduksi Dasar	23
2.10 <i>Next Generation Matrix</i>	25
2.11 Metode Runge-Kutta Fehlberg (RKF45).....	26
BAB III METODE PENELITIAN.....	29
3.1 Identifikasi Masalah	29
3.2 Asumsi dan Model.....	29
3.3 Variabel dan Parameter	35
3.4 Titik Ekuilibrium	39
3.5 Titik Ekuilibrium Bebas Penyakit	39
3.6 Titik Ekuilibrium Endemik.....	39
3.7 Bilangan Reproduksi Dasar	39
3.8 Analisis Kestabilan Titik Ekuilibrium	40
3.9 Input Nilai Parameter.....	40

3.10 Simulasi Numerik	40
3.11 Validasi dan Interpretasi	40
3.12 Kesimpulan.....	41
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	42
4.1 Titik Ekuilibrium	42
4.2 Titik Ekuilibrium Bebas Penyakit	44
4.3 Titik Ekuilibrium Endemik.....	44
4.4 Bilangan Reproduksi Dasar	46
4.5 Analisis Kestabilan Titik Ekuilibrium Bebas Penyakit dan Endemik ..	49
4.6 Simulasi Numerik.....	61
4.6.1 Perilaku Populasi untuk Kondisi $R_0 < 1$	61
4.6.2 Perilaku Populasi untuk Kondisi $R_0 > 1$	64
4.6.3 Pengaruh Pola Hidup Buruk (β) Terhadap Jumlah Penderita DM ..	67
4.6.4 Pengaruh Pencegahan DM dengan Melakukan Perawatan (ω) Terhadap Jumlah Penderita DM	73
BAB V SIMPULAN DAN SARAN	79
5.1 Simpulan.....	79
5.2 Saran	81
DAFTAR PUSTAKA.....	82

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Daftar Variabel Model <i>SEITR</i>	35
Tabel 3. 2 Daftar Parameter Model <i>SEITR</i>	38
Tabel 3. 3 Nilai Awal Populasi Kecamatan Sukasari Kota Bandung	38
Tabel 4. 1 Nilai R_0 Berdasarkan Nilai β	67
Tabel 4. 2 Nilai R_0 Berdasarkan Nilai ω	73

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Diagram Model SIR	15
Gambar 2. 2 Diagram Model <i>SEIITR</i>	18
Gambar 3. 1 Diagram Model Matematika <i>SEITR</i> Diabetes Melitus dengan Pengaruh Pola Hidup, Perawatan, dan Faktor Risiko Biologis.....	35
Gambar 4. 1 Grafik Jumlah Populasi Model <i>SEITR</i> Pada Kondisi $R_0 < 1$	63
Gambar 4. 2 Grafik Jumlah Populasi Model <i>SEITR</i> Pada Kondisi $R_0 > 1$	66
Gambar 4. 3 Jumlah Populasi Rentan Terhadap Waktu Berdasarkan Nilai β	68
Gambar 4. 4 Jumlah Populasi Pradiabetes Terhadap Waktu Berdasarkan Nilai β	69
Gambar 4. 5 Jumlah Populasi DM Terhadap Waktu Berdasarkan Nilai β	70
Gambar 4. 6 Jumlah Populasi yang Melakukan Perawatan Terhadap Waktu Berdasarkan Nilai β	71
Gambar 4. 7 Jumlah Populasi yang Kadar Gula Darahnya Kembali Normal Terhadap Waktu Berdasarkan Nilai β	72
Gambar 4. 8 Jumlah Populasi Rentan Terhadap Waktu Berdasarkan Nilai ω	74
Gambar 4. 9 Jumlah Populasi Pradiabetes Terhadap Waktu Berdasarkan Nilai ω	75
Gambar 4. 10 Jumlah Populasi DM Terhadap Waktu Berdasarkan Nilai ω	76
Gambar 4. 11 Jumlah Populasi yang Melakukan Perawatan Terhadap Waktu Berdasarkan Nilai ω	77
Gambar 4. 12 Jumlah Populasi yang Kadar Gula Darahnya Kembali Normal Terhadap Waktu Berdasarkan Nilai ω	78

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Program Matlab Runge Kutta Fehlberg (RK45)	90
Lampiran 2 Simulasi Numerik Nilai β	93
Lampiran 3 Simulasi Numerik Nilai ω	96

DAFTAR PUSTAKA

- Abimanyu, A. R. P., Rahma, A. D., Putri, D. R., Ilham, R. N., Audia, W. A., & Arfania, M. (2023). Pengaruh Terapi Pada Penderita Diabetes Mellitus Sebagai Penurunan Kadar Gula Darah: Review Artikel. *Innovative: Journal Of Social Science Research*, 3(2), 8931-8949.
- Abraham, & San, R. (2015). Analisis Model Matematika Penyebaran Penyakit Diabetes Dengan Faktor Genetik. *Sains*, 15(1), 31–37.
- Afifah. (2011). *Model Matematika Glukosa Dan Insulin Pada Penyakit Diabetes Mellitus*. (Skripsi). Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Alpian, M., & Mariawan Alfarizi, L. (2022). Journal Of Public Health And Medical Studies Diabetes Mellitus Tipe 2 (Dua) Dan Pengobatannya: Suatu Tinjauan Literatur. *Journal of Public Health and Medical Studies*, 1(1).
- American Diabetes Association. (2022). Classification and Diagnosis of Diabetes: Standards of Medical Care in Diabetes—2019. *Diabetes Care* 1 January 2019; 42, 13-28.
- Amir, S. M., Wungouw, H., & Pangemanan, D. (2015). Kadar glukosa darah sewaktu pada pasien diabetes melitus tipe 2 di Puskesmas Bahu kota Manado. *eBiomedik*, 3(1).
- Ardiansah, N., & Kharis, M. (2012). Model Matematika Untuk Penyakit Diabetes Tanpa Faktor Genetik. *Jurnal MIPA*, 35(1). <http://journal.unnes.ac.id/nju/index.php/JM>.
- Asmaidi, & Suryanto, E. D. (2019). Mathematics Modeling of Diabetes Mellitus Type SEIIT by Considering Treatment and Genetics Factors. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 506(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/506/1/012024>.
- Asmaidi, & Suryanto, E.D. (2017). Mathematical Modeling of Seir Type to Controlling Diabetes Mellitus Disease Using Insulin.
- Balk, E. M., Earley, A., Raman, G., Avendano, E. A., Pittas, A. G., & Remington, P. L. (2015). Combined diet and physical activity promotion programs to prevent type 2 diabetes among persons at increased risk: a systematic review for the Community Preventive Services Task Force. *Annals of internal medicine*, 163(6), 437-451.
- Banjarnahor, E., & Wangko, S. (2012). Sel beta pankreas sintesis dan sekresi insulin. *Jurnal Biomedik: JBM*, 4(3).

- Badan Pusat Statistik Kota Bandung. (2024). Kota Bandung dalam angka 2024. Diakses 12 Juni 2025, dari <https://bandungkota.bps.go.id/publication/2024/02/28/991b8451fddb9bdd7d374894/kota-bandung-dalam-angka-2024.html>.
- Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan. (2018). *Laporan Nasional Riskesdas 2018*. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. Diakses pada tanggal 19 Mei 2025 dari https://kemkes.go.id/app_asset/file_content_download/17001182206555becc967274.44607200.pdf
- Brauer, F., Van den Driessche, P., & Allen, L. J. (2008). *Mathematical epidemiology* (Vol. 1945, pp. 163-165). J. Wu (Ed.). Berlin: Springer.
- Cahyono, E. (2013). *Pemodelan Matematika*. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Centers for Disease Control and Prevention. (2024). *Diabetes risk factors*. National Center for Chronic Disease Prevention and Health Promotion. Diakses pada tanggal 18 Juni, 2025, dari <https://www.cdc.gov/diabetes/risk-factors/index.html>.
- Chapra, S. C., & Canale, R. P. Numerical Methods for Engineers. (2015). 7 New York.
- Christakis, N. A., & Fowler, J. H. (2007). The spread of obesity in a large social network over 32 years. *New England Journal of Medicine*, 357(4), 370–379. <https://doi.org/10.1056/NEJMsa066082>.
- Dietrich, S., Jacobs, S., Zheng, J. S., Meidtner, K., Schwingshackl, L., & Schulze, M. B. (2019). Gene-lifestyle interaction on risk of type 2 diabetes: A systematic review. *Obesity Reviews*, 20(11), 1557-1571.
- Dinas Kesehatan Kota Bandung. (2025). Jumlah Pasien Diabetes Melitus (DM) yang Mendapat Pelayanan Kesehatan Berdasarkan Puskesmas di Kota Bandung. Portal Satu Data Indonesia. Diakses 30 Juni 2025, dari <https://opendata.bandung.go.id/dataset/jumlah-pasien-diabetes-melitus-dm-yang-mendapat-pelayanan-kesehatan-berdasarkan-puskesmas-di-kota-bandung>
- Erismis, B., Ozdemir, B., Kocoglu, H., Okuturlar, Y., Kaya, H., Yildirim, B., Hursitoglu, M., Harmankaya, O., & Mert, M. (2016). Management of Hypertriglyceridemia in Uncontrolled Type 2 Diabetes Mellitus Patients: 2 Case Studies. *Journal of Diabetes, Metabolic Disorders & Control*, 3(4). <https://doi.org/10.15406/jdmdec.2016.03.00072>.
- Fajri, N., Sanusi, & Asmaidi. (2020). SEI/TR Model for Diabetes Mellitus Distribution in Case of Insulin and Care Factors. *Jurnal Inotera*, 5(2), 100–106. <https://doi.org/10.31572/inotera.vol5.iss2.2020.id113>

- Fantarika, S., Salam, A. Y., & Rahmat, N. N. (2024). Pengaruh Terapi Tertawa Terhadap Kualitas Hidup Pasien Diabetes Melitus Di Wilayah Kerja Puskesmas Glagah. *Journal Of Nursing Science*, 1, 7–10
- Fathoni, R. S. (2024). Mengusut Asal-usul Diabetes. *WawasanSejarah*. <https://wawasansejarah.com/sejarah-diabetes/>.
- Fitriyah, N., Wakhid Musthofa, M., & Rahayu, P. P. (2021). Mathematics Model of Diabetes Mellitus Illness without Genetic Factors with Treatment.
- Gong, Q., Zhang, P., Wang, J., Ma, J., An, Y., Chen, Y., ... & Roglic, G. (2019). Morbidity and mortality after lifestyle intervention for people with impaired glucose tolerance: 30-year results of the Da Qing Diabetes Prevention Outcome Study. *The lancet Diabetes & endocrinology*, 7(6), 452-461.
- Graciella, S. (2023). Model Matematika Susceptible - Infected - Treated - Recovered (SITR) Penyebaran Rhipicephalus Sanguineus Pada Anjing Dengan Faktor Pengobatan Fipronil [Universitas Pendidikan Indonesia]. Diakses pada tanggal 23 Mei 2025 dari <https://repository.upi.edu/103758/>.
- Hairunnisa, P., Fauziah, N., Rahma Nabila, E., Oktakarita, R., Sopiah, P., Ridwan Program studi, H. S., & Sumedang, K. (2024). Literature Riview: Jejas Dan Atrofi Pada Lansia Penderita Diabetes Melitus. <http://jurnal.globalhealthsciencegroup.com/index.php/JPPP>.
- Haq, N., & Nadhiroh, S. R. (2024). Pemberian Diet Diabetes Melitus Nefropati pada Pasien Hiperglikemia Diabetes Melitus Tipe 2 Non Obesitas dengan Anemia Suspect Hepatitis Akut: Sebuah Laporan Kasus. *Media Gizi Kemas*, 13(1), 133–141. <https://doi.org/10.20473/mgk.v13i1.2024.133-141>.
- Hemminki, K., Li, X., Sundquist, K., & Sundquist, J. (2010). Familial risks for type 2 diabetes in Sweden. *Diabetes care*, 33(2), 293-297.
- Higham, N. J. (2024). *What is the spectral radius of a matrix?* Diakses pada tanggal 21 Juni 2025 dari <https://nhigham.com/2024/>.
- Hostalek, U., Gwilt, M., & Hildemann, S. (2015). Therapeutic use of metformin in prediabetes and diabetes prevention. *Drugs*, 75, 1071-1094.
- Hu, F. B. (2011). *Globalization of diabetes: The role of diet, lifestyle, and genes*. *Diabetes Care*, 34(6), 1249–1257. <https://doi.org/10.2337/dc11-0442>.
- Imelda. (2019). Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Terjadinya diabetes Melitus di Puskesmas Harapan Raya Tahun 2018. *SCIENTIA JOURNAL*, 8(1).

- Irwan, I. (2019). Model Matematika Penyakit Diabetes Melitus. *Jurnal Varian*, 2(2), 68-72.
- Janež, A., Guja, C., Lalic, N., Czupryniak, L., Tabák, A. G., & Prazny, M. (2020). Insulin Therapy in Adults with Type 1 Diabetes Mellitus: a Narrative Review. *Diabetes Therapy*, 11. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.11310668>.
- Juwita, E., Susilowati, S., Mauliku, N. E., & Nugrahaeni, D. K. (2020). Faktor Yang Berhubungan Dengan Kadar Gula Darah Pada Penderita Diabetes Melitus Tipe 2 Di Prolanis Puskesmas Kecamatan Cimahi Tengah. *Journal of Nutrition College*, 9(2), 87-93.
- Kautsar, A. (2024). Indonesia Peringkat Ke-5 dengan Kasus Diabetes Terbanyak di Dunia. Detikhealth. Diakses pada tanggal 12 April 2025 dari <https://health.detik.com/berita-detikhealth/d-7230767/indonesia-peringkat-ke-5-dengan-kasus-diabetes-terbanyak-di->.
- Kemenkes. (n.d.). Diabetes Melitus Tipe 1. Kemenkes. Diakses pada tanggal 4 November 2024 dari <https://ayosehat.kemkes.go.id/topik-penyakit/pencegahan-infeksi-pada-lansia/diabetes-melitus-tipe-1>
- Kemenkes. (2016). Diabetes Fakta dan Angka. Diakses pada tanggal 4 November 2024 dari <https://p2ptm.kemkes.go.id/uploads/2016/11/Diabetes-Fakta-dan-Angka.pdf>.
- Kemenkes. (2021). Pola Hidup Sehat dan Deteksi Dini Bantu Kontrol Gula Darah Pada Penderita Diabetes. Kemenkes. <https://www.kemkes.go.id/id/rilis-kesehatan/pola-hidup-sehat-dan-deteksi-dini-bantu-kontrol-gula-darah-pada-penderita-diabetes>.
- Knowler, W. C., Barrett-Connor, E., Fowler, S. E., Hamman, R. F., Lachin, J. M., Walker, E. A., Nathan, D. M., & Diabetes Prevention Program Research Group (2002). Reduction in the incidence of type 2 diabetes with lifestyle intervention or metformin. *The New England journal of medicine*, 346(6), 393–403. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa012512>
- Lakhtakia, R. (2013). Diabetes mellitus nach Pankreasexstirpation. *Archiv Für Experimentelle Pathologie Und Pharmakologie*, 26(5–6), 371–387. <https://doi.org/10.1007/BF01831214>.
- Lestari, Zulkarnain, & Sijid, S. A. (2021). Diabetes Melitus: Review Etiologi, Patofisiologi, Gejala, Penyebab, Cara Pemeriksaan, Cara Pengobatan, dan Cara Pencegahan. <http://journal.uin-alauddin.ac.id/index.php/psb>.
- Liberty, I. A. (2023). Prediabetes: Update and Overview. Pekalongan: Penerbit NEM.

- Mathews, J. H., & Fink, K. D. (1999). *Numerical Methods Using MATLAB* (Third). Prentice Hall.
- Munir, R. (2015). *Buku Metode Numerik*. Bandung: Informatika.
- Nurazizah S, Sani A, Djafar K, Budiman H, Somayasa W, & Gubu L. (2024). Model Matematika **SEIR** Pada Penyakit Diabetes Mellitus Tipe 2.
- Ndii, M. (2019). *Pemodelan Matematika Dinamika Populasi dan Penyebaran Penyakit: Teori, Aplikasi, dan Numerik*. <https://www.researchgate.net/publication/330840391>.
- Ozougwu, O. (2013). The pathogenesis and pathophysiology of type 1 and type 2 diabetes mellitus. *Journal of Physiology and Pathophysiology*, 4(4), 46–57. <https://doi.org/10.5897/jpap2013.0001>.
- Perkumpulan Endokrinologi Indonesia (PERKENI). (2021). *Pedoman pengelolaan dan pencegahan diabetes melitus tipe 2 di Indonesia 2021* [Pedoman/ebook]. Diakses pada 18 Juni 2025, dari <https://pbperkeni.or.id/wp-content/uploads/2021/11/22-10-21-Website-Pedoman-Pengelolaan-dan-Pencegahan-DMT2-Ebook.pdf>.
- Pirnot, J., Ozgener, A., & Shollar, R. (2020). A Gentle Introduction To Ordinary Differential Equations. https://faculty.scf.edu/OzgeneA/PDF/ODE_2020.pdf.
- Prakoso, D. A., Mahendradhata, Y., & Istiono, W. (2023). Family involvement to stop the conversion of prediabetes to diabetes. *Korean Journal of Family Medicine*, 44(6), 303.
- Putri, A. A., & Icha. (2024). *Analisis kestabilan pada model SEIITRSp penyebaran penyakit diabetes mellitus (DM) dengan pengaruh faktor genetik* [Skripsi tidak dipublikasikan]. Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau. Diakses pada 2 Mei 2025 dari <https://repository.uin-suska.ac.id/81160/>.
- Qin, W., Sun, L., Dong, M., An, G., Zhang, K., Zhang, C., & Meng, X. (2021). Regulatory T cells and diabetes mellitus. *Human gene therapy*, 32(17-18), 875-881.
- Rakhis Sr, S. A. B., AlDuwayhis, N. M., Aleid, N., AlBarrak, A. N., & Aloraini, A. A. (2022). Glycemic control for type 2 diabetes mellitus patients: a systematic review. *Cureus*, 14(6).
- Rammang, S., Nurul Reza, N., Studi Keperawatan, P., & Widya Nusantara, U. (2023). Pengendalian Diabetes Melitus Melalui Edukasi dan Pemeriksaan Kadar Gula Darah Sewaktu.
- Riddle, M. C., Cefalu, W. T., Evans, P. H., Gerich, J. E., Nauck, M. A., & Van Gaal, L. F. (2021). Consensus report: Definition and interpretation of

- remission in type 2 diabetes. *Diabetes, Obesity and Metabolism*, 23(3), 709–716. <https://doi.org/10.1111/dom.15926>.
- Rismayanthi, C., Turusan, D., Kesehatan, P., Rekreasi, D., & Uny, F. (2010). Terapi Insulin Sebagai Alternatif Pengobatan Bagi Penderita Diabetes.
- Roglic, Gojka. (2016). Global report on diabetes. World Health Organization. Diakses pada tanggal 2 Februari 2025 dari <https://www.who.int/publications/i/item/9789241565257>.
- Saragih, V. Y., Surbakti, G. B., Munthe, N. E. B., & Wardani, S. A. (2024). Implementasi Metode Runge-Kutta dalam Simulasi Lintasan Peluru pada Medan Gravitasi. <https://journal.arimsi.or.id/index.php/Bilangan/article/view/272/457>.
- Setianto, D. (2024). Silent Killer: Penyakit yang Dapat Menimbulkan Kematian. IFGLife. Diakses pada tanggal 28 Maret 2025 dari <https://ifg-life.id/berita/article/hidup-sehat/detail/silent-killer-penyakit-yang-dapat-menimbulkan-kematian>.
- Sherwood, A. (2024). Can You Reverse Type 2 Diabetes? WebMD. <https://www.webmd.com/diabetes/can-you-reverse-type-2-diabetes>
- Side, S., Astari, G. P., Pratama, M. I., Irwan, & Sanusi, W. (2019). Numerical Solution of Diabetes Mellitus Model without Genetic Factors with Treatment using Runge Kutta Method. *Journal of Physics: Conference Series*, 1244(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1244/1/012021>.
- Sitompul, H. A., & Siahaan, E. W. B. (2024). Simulasi Solusi Persamaan Diferensial Biasa Orde Tinggi dengan Metode Runge-Kutta-Fehlberg dan Modifikasi Euler. *Jurnal Sains Dan Teknologi ISTP*, 21(01), 50–56. <https://doi.org/10.59637/jsti.v21i01.408>.
- Smith, K., Deutsch, A. J., McGrail, C., Kim, H., Hsu, S., Huerta-Chagoya, A., ... & Udler, M. S. (2024). Multi-ancestry polygenic mechanisms of type 2 diabetes. *Nature medicine*, 30(4), 1065-1074.
- Sugiarta, I. G. R. M., & Darmita, I. G. K. (2020). Profil penderita Diabetes Mellitus Tipe-2 (DM-2) dengan komplikasi yang menjalani rawat inap di Rumah Sakit Umum Daerah (RSUD) Klungkung, Bali tahun 2018. *Intisari Sains Medis*, 11(1), 7–12. <https://doi.org/10.15562/ism.v11i1.515>.
- Sun, H., Saeedi, P., Karuranga, S., Pinkepank, M., Ogurtsova, K., Duncan, B. B., ... & Magliano, D. J. (2022). IDF Diabetes Atlas: Global, regional and country-level diabetes prevalence estimates for 2021 and projections for 2045. *Diabetes research and clinical practice*, 183, 109119.

- Susanto, A., & Rusmono, W. (2016). Senam Kaki Untuk Mengendalikan Kadar Gula Darah Dan Menurunkan Tekanan Brachial Pada Pasien Diabetes Melitus.
- Sutandi, A. (2012). Self Management Education (Dsme) sebagai Metode Alternatif dalam Perawatan Mandiri Pasien Diabetes Melitus di dalam Keluarga. *Jurnal Ilmiah Widya*, 218710.
- Suwinawati, E., Ardiani, H., & Ratnawati, R. (2020). Hubungan Obesitas dengan Kejadian Diabetes Melitus Tipe 2 Di Pos Pembinaan Terpadu Penyakit Tidak Menular Puskesmas Kendal Kabupaten Ngawi. *Journal of Health Science and Prevention*, 4(2), 79-84.
- Taylor, R. (2013). Type 2 diabetes: Etiology and reversibility. In *Diabetes Care* (Vol. 36, Issue 4, pp. 1047–1055). <https://doi.org/10.2337/dc12-1805>.
- Tabák, A. G., Herder, C., Rathmann, W., Brunner, E. J., & Kivimäki, M. (2012). Prediabetes: a high-risk state for developing diabetes. *Lancet*, 379(9833), 2279.
- Tombakan, M., Ardi, M., Hamka, F., Dalle, A., & Kemenkes Makassar, P. (2020). Studi Literatur Pengaruh Slow Deep Breathing (Sdb) Terhadap Kadar Gula Darah Pada Penderita Diabetes Melitus Tipe 2 Literature Study Of The Effect Of Slow Deep Breathing (Sdb) On Blood Sugar Levels In Type 2 Diabetes Mellitus. *Politeknik Kesehatan Makassar*, 11(2), 2087–2122.
- Trisnawati, S. K., & Setyorogo, S. (2013). Faktor Risiko Kejadian Diabetes Melitus Tipe II Di Puskesmas Kecamatan Cengkareng Jakarta Barat Tahun 2012. *Jurnal Ilmiah Kesehatan*, 5(1).
- Udayani, N. N. W., & Meriyani, H. (2016). Perbedaan Efektivitas Penggunaan Obat Antidiabetik Oral Tunggal dengan Kombinasi Pada Pasien DM Tipe 2 di UPT. Puskesmas Dawan II Kabupaten Klungkung Periode November 2015 - Februari 2016.
- Uusitupa, M., Khan, T. A., Viguiliouk, E., Kahleova, H., Rivellesse, A. A., Hermansen, K., ... & Sievenpiper, J. L. (2019). Prevention of type 2 diabetes by lifestyle changes: a systematic review and meta-analysis. *Nutrients*, 11(11), 2611.
- Ulfah, J., Kharis, M., & Chotim, M. (2014). *Unnes Journal of Mathematics*. UJM, 3(1). <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/ujm>
- WHO. (2019). CLASSIFICATION OF DIABETES MELLITUS 2019. WHO. Diakses pada tanggal 7 Juni 2025 dari <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/325182/9789241515702-eng.pdf>

- Yenni, N., & Subhan, M. (2022). Model Matematika Interaksi Glukosa-Insulin Dalam Tubuh Penderita Diabetes Tipe 1. *Journal Of Mathematics UNP*, 7(3), 128–135.
- Yudasubrata, N. S. Y. (2018). Analisis Dinamik Model SIR dengan Skema Beda Hingga Tak-Standar. Diakses pada tanggal 18 Oktober 2024 dari <https://matematika.fmipa.unsoed.ac.id/>