

SKRIPSI

**PERAN HbA1c SEBAGAI BIOMARKER UTAMA DALAM
DIAGNOSTIK DAN MONITORING DIABETES MELITUS TIPE 2 DI
PUSKESMAS AMPALU**

OLEH:

MASPAUZIA HARAHAHAP

NIM: 2310263535



**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN TEKNOLOGI
LABORATORIUM MEDIS
FAKULTAS ILMU KESEHATAN
UNIVERSITAS PERINTIS
INDONESIA
PADANG
2025**

SKRIPSI
PERAN HbA1c SEBAGAI BIOMARKER UTAMA DALAM
DIAGNOSTIK DAN MONITORING DIABETES MELITUS TIPE 2 DI
PUSKESMAS AMPALU

Skripsi Ini Diajukan Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains Terapan

OLEH:
MASPAUZIA HARAHAHAP

NIM: 2310263535

PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN TEKNOLOGI
LABORATORIUM MEDIS
FAKULTAS ILMU KESEHATAN
UNIVERSITAS PERINTIS
INDONESIA
PADANG
2025



a). Tempat/Tanggal Lahir: Simbolon, 07 Januari 1996 b). Nama Orang Tua: (Ayah) Alm. H. Mulia Bonar Harahap (Ibu) Hj. Paydah Siregar; c). Program Studi: D.IV Analis Kesehatan / TLM; d). Fakultas: Ilmu Kesehatan; e). No NIM: 2310263535; f). Tgl Lulus: 22 April 2025; g). Predikat lulus: Pujian/Cumlaude; h). IPK: 3,89 ; i) Lama Studi: 1 Tahun; j). Alamat: Simbolon, Padang Lawas Utara, Provinsi Sumatera Utara

"Peran HbA1c Sebagai Biomarker Utama Dalam Diagnostik dan Monitoring Diabetes Melitus Tipe 2 di Puskesmas Ampalu"

SKRIPSI

Oleh : Maspauzia Harahap

Pembimbing: 1. Dr. apt. Dewi Yudiana Shinta, M. Si. 2. M. Diki Juliandi, M. Biotek


ABSTRAK

Diabetes Melitus adalah penyakit gangguan metabolik yang disebabkan oleh gagalnya organ pankreas dalam memproduksi hormon insulin secara memadai. Salah satu pemeriksaan diagnostik yang dilakukan yaitu pemeriksaan HbA1c. Indonesia berada pada peringkat ke 7 dengan kejadian kasus DM tertinggi dengan jumlah penderita sebesar 8.5 juta penderita. Manfaat penelitian ini yaitu pengembangan ilmu pengetahuan secara ilmiah yang berkaitan dengan peran HbA1c sebagai biomarker utama dalam diagnostik dan monitoring diabetes melitus tipe 2. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apakah ada peran HbA1c sebagai biomarker utama dalam diagnostik dan monitoring diabetes melitus tipe 2 di puskesmas Ampalu. Metode penelitian yang digunakan adalah deskriptif dengan desain cross sectional. Subyek penelitian yaitu pasien yang menderita diabetes melitus tipe 2. Hasil penelitian bahwa dari 15 responden pasien diabetes melitus tipe 2 mayoritas memiliki kadar HbA1c yang tidak terkontrol yaitu sebanyak 11 responden (73,26%). Pasien diabetes melitus tipe 2 mayoritas memiliki kadar Diabetes Melitus tipe 2 yang tidak normal yaitu sebanyak 10 responden (66,4%). Hasil uji statistika di dapatkan hasil *p-value* yaitu 0.001 ($p < 0.05$). Kesimpulan dari penelitian, menunjukkan bahwa diabetes melitus tipe 2 memiliki hubungan yang signifikan dengan kadar HbA1c di Puskesmas Ampalu.

Kata Kunci : Diabetes Melitus Tipe 2 (DM), HbA1c, Biomarker

Skripsi ini telah dipertahankan di depan sidang penguji dan dinyatakan Lulus pada Tanggal 30 Januari 2025. Abstrak telah di setujui oleh penguji.

Tanda	1.	2.	3.
Tangan			
Nama	Dr. apt. D. Y Shinta, M. Si	M. Diki J, M. Biotek	Adi Hartono, M. Biomed

	<p>a). Tempat/Tanggal Lahir: Simbolon, 07 Januari 1996 b). Nama Orang Tua: (Ayah) Alm. H. Mulia Bonar Harahap (Ibu) Hj. Paydah Siregar; c). Program Studi: D.IV Analis Kesehatan / TLM; d). Fakultas: Ilmu Kesehatan; e). No NIM: 2310263535; f). Tgl Lulus: 22 April 2025 ; g). Predikat lulus: Pujian/ Cumlaude ; h). IPK: 3,89 ; i) Lama Studi: 1 Tahun; j). Alamat: Simbolon, Padang Lawas Utara, Provinsi Sumatera Utara</p>
---	---

"The Role of HbA1c as the Main Biomarker in the Diagnosis and Monitoring of Type 2 Diabetes Mellitus at the Ampalu Health Center"
SKRIPSI

From : Maspausia Harahap



Supervisor : 1. Dr. apt. Dewi Yudianta Shinta, M. Si, 2. M. Diki Juliandi, M. Biotek

ABSTRAK

Diabetes Mellitus is a metabolic disorder caused by the failure of the pancreas to produce insulin hormone adequately. One of the diagnostic tests performed is the HbA1c test. Indonesia ranks 7th with the highest incidence of DM cases, with a total of 8.5 million sufferers. This study aims to find out whether there is a role of HbA1c as the main biomarker in the diagnosis and monitoring of type 2 diabetes mellitus at the Ampalu health center. The research method used is descriptive with a cross-sectional design. The subjects of the study are patients suffering from type 2 diabetes mellitus. The results show that out of 15 respondents with type 2 diabetes mellitus, the majority have uncontrolled HbA1c levels, which amounted to 11 respondents (73.26%). The majority of patients with type 2 diabetes mellitus have abnormal levels of type 2 diabetes mellitus, which amounted to 10 respondents (66.4%). The statistical test results indicate a p-value of 0.001 ($p < 0.05$). The conclusion of the study shows that type 2 diabetes mellitus has a significant relationship with HbA1c levels at the Ampalu Health Center.

Keyword : type 2 diabetes mellitus (DM), HbA1c, Biomarker

This thesis has been defended in front of the examiner's and was declared passed on January 30, 2025. The Abstract has been approved by the examiner

Tanda Tangan	1. 	2. 	3. 
Nama	Dr. apt. D. Y Shinta, M. Si	M. Diki J, M. Biotek	Adi Hartono, M. Biomed

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Diabetes Melitus, atau biasa disebut penyakit kencing manis, adalah gangguan kesehatan jangka panjang yang muncul ketika tubuh tidak mampu menghasilkan insulin secara mencukupi atau ketika sel-sel tubuh tidak merespons insulin dengan baik (terjadi kondisi resistensi insulin). Untuk mendiagnosis diabetes melitus, dilakukan pemeriksaan terhadap tingkat glukosa dalam darah. Hormon insulin, yang dihasilkan oleh organ pankreas, berperan penting dalam mengantarkan glukosa dari pembuluh darah ke dalam sel-sel tubuh agar dapat diubah menjadi energi (IDF, 2019).

Diabetes Melitus adalah kelainan metabolik yang disebabkan oleh ketidakcukupan produksi insulin oleh pankreas. Penyakit ini tergolong kronis karena dapat berlangsung dalam jangka waktu yang lama. Berdasarkan faktor penyebabnya, diabetes melitus dibedakan menjadi tiga jenis utama, yaitu diabetes melitus tipe 1, tipe 2, dan diabetes melitus gestasional. (Kementerian Kesehatan Republik Indonesia Profil Kesehatan Indonesia, 2020).

Diabetes melitus tipe 1 muncul akibat reaksi autoimun, di mana sistem imun tubuh menyerang dan merusak sel beta di pankreas, sehingga tubuh tidak dapat memproduksi insulin sama sekali. Sementara itu, **diabetes melitus tipe 2** terjadi karena adanya resistensi insulin, yaitu kondisi ketika sel-sel tubuh tidak dapat merespons insulin secara optimal. Adapun **diabetes gestasional** disebabkan oleh peningkatan berbagai hormon selama kehamilan yang mengganggu efektivitas kerja insulin. (IDF, 2019). Oleh karena itu, untuk memastikan seseorang menderita diabetes melitus, diperlukan pemeriksaan klinis dengan mengukur kadar glukosa (gula) dalam darah.

Pemeriksaan klinis berperan sebagai data penunjang yang membantu dalam menetapkan diagnosis suatu penyakit. Pada penderita diabetes melitus, pemeriksaan kadar gula darah dapat dilakukan menggunakan alat glukometer. Menurut (PERKENI., 2015) Diagnosis Diabetes Melitus (DM) dapat ditegakkan

berdasarkan empat kriteria, salah satunya adalah pemeriksaan kadar gula darah puasa (antepreandial). Pemeriksaan kadar gula darah dapat dilakukan melalui gula darah post prandial, gula darah acak, dan HbA1c. Namun, saat ini pemeriksaan HbA1c tidak lagi digunakan sebagai alat diagnostik maupun evaluasi karena belum semua laboratorium di Indonesia memenuhi standar yang diperlukan.. Menurut (World Health Organisation, 2020), Seseorang dapat didiagnosis menderita diabetes melitus jika hasil pemeriksaan menunjukkan bahwa seseorang dapat diduga mengalami gangguan gula darah jika kadar gula darah puasa (sebelum makan) mencapai atau melebihi 126 mg/dl, kadar gula darah dua jam setelah makan mencapai atau melebihi 200 mg/dl, atau kadar gula darah sewaktu (acak) juga berada pada angka 200 mg/dl atau lebih.

Penelitian epidemiologi saat ini Terlihat adanya kecenderungan peningkatan angka kejadian (insidensi) dan jumlah kasus yang ada (prevalensi) diabetes melitus tipe 2 di berbagai belahan dunia. Diabetes melitus tipe 2, yang dulu dikenal dengan sebutan Non-Insulin Dependent Diabetes Mellitus (NIDDM), menunjukkan penyebaran yang semakin luas dengan gangguan yang dipengaruhi oleh faktor genetik dan lingkungan. Jenis ini merupakan bentuk diabetes yang paling sering ditemui, mencakup sekitar 90% dari seluruh kasus. Umumnya, diabetes tipe 2 didiagnosis setelah usia 40 tahun dan lebih banyak ditemukan pada orang dewasa yang lanjut usia, individu dengan obesitas, serta kelompok etnis dan ras tertentu. World Health Organization (WHO) memproyeksikan bahwa jumlah kasus diabetes akan terus mengalami peningkatan dan berpotensi menjadi salah satu masalah kesehatan global yang paling serius. Di Indonesia maupun secara global, jumlah kasus diabetes melitus meningkat tajam setiap tahunnya. Berdasarkan data WHO, menunjukkan bahwa jumlah penderita diabetes melitus di Indonesia akan melonjak dari 8,4 juta orang pada tahun 2000 menjadi kurang lebih 21,3 juta orang pada tahun 2030 (PERKENI., 2015).

Tingginya kasus diabetes yang terjadi secara terus-menerus menunjukkan pentingnya upaya penanganan dan pengendalian terhadap faktor-faktor risikonya guna menurunkan kemungkinan terjadinya komplikasi. Faktor risiko diabetes

melitus sendiri terbagi menjadi dua, yaitu Terdapat faktor risiko yang dapat dimodifikasi dan yang tidak dapat diubah. Faktor-faktor yang bisa dikendalikan antara lain kelebihan berat badan, pola makan yang buruk, kurangnya aktivitas fisik, serta konsumsi obat-obatan tertentu. Di sisi lain, faktor-faktor yang tidak dapat diubah meliputi usia, jenis kelamin, dan tingkat pendidikan seseorang.

Tingginya angka prevalensi diabetes melitus tipe 2 sebagian besar disebabkan oleh kombinasi antara faktor genetik yang membuat seseorang rentan, dan pengaruh lingkungan tempat ia hidup. Perubahan dalam pola hidup, seperti pola makan yang tidak sehat dan kurangnya aktivitas fisik, merupakan faktor lingkungan yang diyakini turut meningkatkan risiko terjadinya diabetes tipe 2. Namun demikian, kondisi ini sebenarnya dapat dicegah, ditunda kemunculannya, atau bahkan dikendalikan melalui pengelolaan faktor-faktor risikonya. Faktor risiko diabetes melitus tipe 2 yang bisa dimodifikasi meliputi kebiasaan merokok, tingkat aktivitas fisik, dan pola makan. Sedangkan faktor risiko yang tidak dapat diubah meliputi jenis kelamin, usia, serta faktor genetika (Depkes RI, 2008).

Risiko terkena diabetes melitus cenderung meningkat seiring bertambahnya usia, sehingga lansia lebih rentan dibandingkan dengan individu yang masih berusia muda. Hal ini disebabkan oleh menurunnya proses metabolisme tubuh seiring bertambahnya usia, terutama jika tidak disertai dengan olahraga secara rutin. Namun, diabetes melitus tidak hanya terjadi pada orang dewasa, tetapi juga bisa menyerang remaja. Gaya hidup remaja yang kurang sehat, seperti sering mengonsumsi makanan cepat saji dan mengabaikan pola hidup yang seimbang, turut berkontribusi terhadap meningkatnya risiko terkena penyakit tidak menular. Jika kebiasaan ini terus berlanjut, hal ini sangat disayangkan karena banyak remaja yang masih berada pada masa produktif berpotensi mengalami diabetes.

Dalam hal jenis kelamin, wanita lebih tinggi memiliki risiko untuk mengalami diabetes melitus karena memiliki indeks massa tubuh (IMT) yang lebih besar serta mengalami sindrom siklus haid. Selain itu, penumpukan kolesterol juga terjadi akibat terganggunya proses penyerapan glukosa ke dalam sel yang

dipengaruhi oleh perubahan hormonal. perempuan cenderung memiliki kadar kolesterol yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan laki-laki,.

Tekanan darah merupakan salah satu penyebab kemungkinan terkena diabetes yang dapat diubah. Pada penderita *diabetes melitus* tipe 2, resistensi insulin dapat menyebabkan peningkatan retensi natrium di ginjal serta stimulasi sistem saraf simpatik, yang keduanya berkontribusi pada kenaikan tekanan darah. Selain itu, kepatuhan dalam mengonsumsi obat juga termasuk faktor risiko yang dapat dimodifikasi. Secara umum, perilaku tidak patuh terhadap pengobatan dapat meningkatkan risiko komplikasi kesehatan dan memperburuk kondisi penyakit. Karena masalah dalam menjalani pengobatan rutin, banyak penderita diabetes melitus mengalami ketidakpatuhan dalam mengontrol kadar gula darah. Hal ini juga didukung oleh hasil analisis multivariat dalam suatu penelitian (Hasanah N, Ikawati, 2021), orang yang rutin mengonsumsi obat antidiabetes oral, baik tunggal maupun kombinasi lebih dari satu jenis obat, biasanya memiliki kontrol glikemik yang lebih baik.

Meningkatnya kejadian diabetes dan berbagai penyebab risiko yang dapat membuat penyakit ini menuntut setiap pasien diabetes untuk mengontrol kadar gula darahnya dengan baik guna mengurangi risiko komplikasi. Salah satu pemeriksaan diagnostik yang digunakan untuk tujuan ini adalah tes HbA1c.

Tes HbA1c dianggap sebagai cara paling efektif untuk mengevaluasi risiko kerusakan jaringan akibat tingginya kadar gula darah. Berdasarkan Perkeni (2021), kadar HbA1c yang normal menurut standar National Glycated Hemoglobin Standardization Program (NGSP) adalah di bawah 5,7%. Namun, upaya mencapai kontrol glikemik yang optimal secara konsisten masih belum tercapai di Indonesia, di mana rata-rata penderita diabetes memiliki kadar HbA1c sekitar 8%. Pengendalian glikemik yang baik sangat penting untuk menurunkan risiko komplikasi yang terkait dengan diabetes melitus.

Pasien dengan kadar HbA1c di atas 7% berisiko mengalami komplikasi hingga dua kali lebih tinggi. Diabetes melitus yang tidak terkelola dengan baik berpotensi menyebabkan berbagai komplikasi jangka panjang, baik yang bersifat makrovaskular maupun mikrovaskular. Komplikasi mikrovaskular mencakup kerusakan pada mata (retinopati), ginjal (nefropati), dan saraf (neuropati). Sementara itu, komplikasi makrovaskular meliputi gangguan pada jantung, stroke, serta penyakit pada pembuluh darah perifer. Penyakit pembuluh darah perifer ini dapat menyebabkan luka yang sulit sembuh dan berpotensi berujung pada amputasi, biasanya akibat infeksi pada kaki yang berkembang menjadi ulkus diabetik.

Angka prevalensi diabetes melitus di seluruh dunia terus menunjukkan tren peningkatan. Menurut data dari International Diabetes Federation (IDF), pada tahun 2019 jumlah penderita diabetes melitus secara global mencapai 135,6 juta orang atau sekitar 19,3%. Diperkirakan jumlah ini akan bertambah menjadi 195,2 juta pada tahun 2030 dan terus meningkat hingga mencapai 276,2 juta pada tahun 2045.(IDF, 2019). Menurut data dari World Health Organization (WHO), Indonesia berada di peringkat ketujuh negara dengan jumlah penderita diabetes terbanyak di dunia, dengan sekitar 8,5 juta kasus, setelah Cina (98,4 juta), India (65,1 juta), Amerika Serikat (24,4 juta), Brazil (11,9 juta), Rusia (10,9 juta), dan Meksiko (8,7 juta) (Huang, 2018).

Indonesia menempati peringkat ketujuh dunia dengan jumlah penderita diabetes mencapai **10,7 juta orang**. Menurut **IDIABETIC FOOT**, diprediksi pada tahun **2045** angka penderita diabetes global dapat melonjak hingga **700 juta kasus**.. Selain itu, Menurut (Riskesdas, 2018) Data terbaru menunjukkan bahwa sekitar 2% penduduk Indonesia berusia 15 tahun ke atas telah didiagnosis menderita diabetes melitus oleh dokter. Angka ini mengalami kenaikan dibandingkan tahun 2013 yang hanya sebesar 1,5%. Secara geografis, DKI Jakarta menjadi provinsi dengan prevalensi tertinggi (3,4%), sementara Nusa Tenggara Timur (NTT) mencatat angka terendah, yakni 0,9%.

Prevalensi diabetes melitus di Sumatera Barat yaitu meningkat setiap tahunnya, Data epidemiologi menunjukkan bahwa pada tahun 2018, Sumatera Barat mencatat 44.280 kasus Diabetes Melitus (DM), dengan Kota Padang sebagai wilayah dengan beban tertinggi (12.231 kasus). Dua tahun kemudian (2020), prevalensi DM di provinsi ini mencapai 1,8% dari total 3,7 juta penduduk berusia ≥ 15 tahun dan pada tahun 2021 kembali meningkat yaitu hampir mencapai angka prevalensi nasional yaitu 1,5%, dengan kasus tertinggi berada di wilayah Kota Padang sebanyak 12.231 kasus. Serta di kabupaten Pariaman kasus Diabetes melitus pada tahun 2018 berjumlah 12.231 kasus, dengan prevalensi sebesar 1,2% dari total populasi. Ini merupakan salah satu daerah dengan jumlah kasus tertinggi di Sumatera Barat. Survey pendahuluan yang dilakukan peneliti di puskesmas Ampalu dari data Diabetes melitus terdapat 25 kasus DM tipe 2 di tahun 2024 sejak Januari-Juni.

Tingginya prevalensi diabetes menjadi perhatian serius karena berbagai karakteristik penyakit ini sering kali tidak disadari oleh penderitanya, yang pada akhirnya dapat menimbulkan komplikasi dan memperburuk kondisi kesehatan mereka. Kondisi ini mendorong para peneliti untuk mengeksplorasi peran HbA1c sebagai indikator utama dalam proses diagnosis dan pemantauan diabetes melitus tipe 2 di Puskesmas Ampalu. Penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan kesadaran masyarakat terhadap pentingnya deteksi dini serta pemahaman mengenai faktor-faktor risiko yang berkaitan dengan diabetes melitus.

1.2 Rumusan Masalah

Apakah ada peran HbA1c sebagai biomarker utama dalam diagnostik dan monitoring diabetes melitus tipe 2 di puskesmas Ampalu.

1.3 Tujuan Penelitian

1.3.1 Tujuan Umum

Untuk mendeskripsikan peran HbA1c sebagai biomarker utama dalam diagnostik dan monitoring dan karakteristik pasien diabetes melitus tipe 2 di puskesmas Ampalu.

1.3.2 Tujuan Khusus

1. Mengetahui peran HbA1c sebagai biomarker utama dalam diagnostik dan monitoring diabetes melitus tipe 2 di puskesmas Ampalu.
2. Mengetahui gambaran karakteristik (usia, jenis kelamin, kepatuhan minum obat dan tekanan darah) pasien diabetes melitus tipe 2 di puskesmas Ampalu.

Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat antara lain:

1.3.3 Peneliti

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan kompetensi peneliti sekaligus menjadi dasar ilmiah untuk penyusunan materi edukasi dan program penyuluhan kesehatan.

1.3.4 ATLM

Penelitian ini dapat menyajikan bukti ilmiah mengenai peran krusial HbA1c sebagai biomarker diagnostik dan pemantauan DM tipe 2, sekaligus memberikan kontribusi berarti bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan praktik profesi ATLM.

1.3.5 Universitas

Penelitian ini dapat memberikan referensi bagi kepastakaan dan khasanah ilmu mengenai peran HbA1c sebagai biomarker utama dalam diagnostik dan monitoring diabetes melitus tipe 2.

BAB V

PEMBAHASAN

5.1 Karakteristik Pasien

5.1.1 Jenis Kelamin

Apabila diabetes melitus tidak mendapat penanganan yang tepat, penyakit ini berisiko menimbulkan berbagai komplikasi. Pada diabetes melitus tipe 2, lonjakan kadar glukosa darah dapat memicu munculnya komplikasi. Dalam jangka panjang, kondisi ini dapat berdampak pada sistem peredaran darah, sistem saraf perifer, kondisi psikologis, serta meningkatkan kemungkinan terjadinya infeksi. Salah satu komplikasi serius yang bisa terjadi adalah aterosklerosis pada tungkai bawah, yang dapat berujung pada tindakan amputasi (Lawolo, Lase, Harefa., 2023).

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Ahmed et al. (2023) menunjukkan bahwa adanya korelasi signifikan antara jenis kelamin dengan kejadian Diabetes Melitus tipe 2, dimana wanita memiliki kerentanan lebih tinggi dibandingkan pria. Perbedaan gender ini dipengaruhi oleh interaksi kompleks berbagai faktor, meliputi: (1) variasi hormonal khususnya fluktuasi estrogen dan progesteron, (2) norma sosial-budaya yang mempengaruhi akses terhadap pelayanan kesehatan, (3) determinan lingkungan termasuk pola konsumsi tinggi kalori dan sedentary lifestyle, serta (4) epigenetik berupa interaksi faktor genetik-lingkungan.

Secara klinis, wanita cenderung mengembangkan kondisi ini pada usia lebih muda dengan manifestasi komorbiditas yang lebih berat, didukung oleh kecenderungan nilai Indeks Massa Tubuh (IMT) yang secara signifikan lebih tinggi dibanding populasi pria. Kondisi obesitas sebagai faktor risiko utama Diabetes Melitus tipe 2 menunjukkan prevalensi lebih tinggi pada populasi wanita pasca diagnosis. Fenomena ini menjelaskan mengapa wanita dengan Indeks Massa Tubuh (IMT) elevasi memiliki kecenderungan mengalami onset penyakit lebih dini dibanding pria. Secara fisiologis, hal ini disebabkan oleh: (1) kapasitas adiposit wanita yang secara alamiah lebih besar, memfasilitasi akumulasi lipid berlebihan, dan (2) perubahan endokrin signifikan selama menopause dimana defisiensi estrogen memicu redistribusi lemak visceral abdominal. Jaringan adiposa visceral ini bersifat aktif secara metabolik, menghasilkan sitokin pro-inflamasi yang

memperburuk resistensi insulin. Kombinasi faktor anatomis dan hormonal ini menciptakan "*perfect storm*" patofisiologis yang mempercepat progresivitas diabetes pada wanita. (Oktavia, dkk, 2022) .

Secara prevalensi, risiko perempuan dan laki-laki untuk terkena diabetes relatif sama. Namun, jika ditinjau dari faktor risikonya, perempuan cenderung lebih rentan terhadap diabetes. Hal ini disebabkan oleh kecenderungan fisik perempuan yang lebih mudah mengalami peningkatan berat badan, yang berdampak pada naiknya indeks massa tubuh (IMT). Selain itu, wanita pascamenopause yang mengalami sindrom pramenstruasi (PMS) cenderung mengalami perubahan hormonal yang mendorong penumpukan lemak tubuh. Kondisi ini turut meningkatkan risiko perempuan untuk mengembangkan diabetes melitus tipe 2 (Oktavia, dkk, 2022).

Penelitian ini mengidentifikasi bahwa prevalensi Diabetes Melitus tipe 2 pada perempuan lebih tinggi, dengan 9 dari 15 responden (60,04%) merupakan perempuan. Temuan ini mengindikasikan bahwa perempuan secara signifikan lebih rentan terhadap kondisi tersebut dibandingkan laki-laki. Faktor-faktor yang berkontribusi terhadap peningkatan risiko ini meliputi karakteristik biologis seperti pertumbuhan fisik, nilai Indeks Massa Tubuh (IMT) yang cenderung lebih tinggi, fluktuasi hormonal selama sindrom pramenstruasi, serta perubahan distribusi lemak tubuh pasca-menopause akibat penurunan produksi estrogen. Studi pendukung oleh Arania et al. (2021) memperkuat temuan ini, menunjukkan bahwa risiko perempuan mengembangkan Diabetes Melitus tipe 2 mencapai 3-7 kali lipat, sementara laki-laki hanya memiliki risiko 2-3 kali lipat. Data tersebut menegaskan adanya disparitas risiko yang nyata antara kedua gender, dengan perempuan berada pada posisi yang lebih rentan secara klinis.

5.1.2 Umur

Diabetes melitus dipengaruhi oleh dua kategori faktor risiko, yaitu faktor yang bersifat modifikasi dan non-modifikasi. Faktor risiko yang dapat dikendalikan meliputi kebiasaan nutrisi (pola konsumsi makanan), frekuensi dan intensitas

olahraga, serta status berat badan yang tercermin dari nilai Indeks Massa Tubuh (IMT). Di sisi lain, faktor seperti usia, jenis kelamin, dan keturunan diabetes melitus termasuk dalam faktor risiko yang tidak dapat diubah (Bingga, 2021). Risiko diabetes melitus meningkat seiring pertambahan usia, khususnya pada orang di atas 45 tahun. Penyebabnya adalah penurunan fungsi sel beta pankreas dalam memproduksi insulin akibat proses penuaan. (Saroh et al., 2019).

Penelitian ini menunjukkan bahwa usia 51-60 (66,6%) tahun lebih banyak menderita DM tipe 2. Hal ini menunjukkan bahwa usia yang sudah >50 tahun lebih tinggi risikonya terkena DM tipe 2 dibandingkan dengan pasien <50 tahun. Hal ini sesuai dengan penelitian (Scarton et al., 2023) kelompok usia di atas 45 tahun menunjukkan kerentanan lebih tinggi terhadap diabetes melitus tipe 2 dibanding kelompok yang lebih muda. Fenomena ini terkait dengan penurunan toleransi glukosa akibat proses degeneratif yang mengganggu regulasi glukosa tubuh (Zulkarnain, 2021). mengungkapkan bahwa riwayat pola hidup tidak sehat orang tua turut berkontribusi terhadap peningkatan risiko diabetes pada keturunannya. Dampak klinis yang serius terlihat pada penderita diabetes tipe 2 usia 55-64 tahun, dimana terjadi pengurangan harapan hidup hingga 8 tahun. Mekanisme patologisnya melibatkan efek kumulatif hiperglikemia kronis yang memicu: Peningkatan stres oksidatif, Gangguan fungsi endotel menyeluruh, Munculnya komplikasi vaskuler jangka panjang (Suastika, 2022).

Di Indonesia, prevalensi diabetes melitus menunjukkan peningkatan signifikan pada kelompok usia 55-64 tahun. Fenomena ini terutama dipengaruhi oleh tiga faktor utama yang terjadi sejak usia 40 tahun: penurunan aktivitas fisik, reduksi massa otot (sarkopenia), dan akumulasi lemak tubuh. Perubahan fisiologis akibat penuaan pada dewasa >40 tahun secara progresif memengaruhi fungsi metabolik, termasuk Disfungsi sel beta pankreas dalam memproduksi insulin, Peningkatan resistensi insulin Perubahan komposisi tubuh yang tidak menguntungkan (Suastika, 2022). Jaringan, neuron, dan hormon lainnya semuanya berperan dalam mengatur kadar gula darah. Perubahan dimulai pada tingkat sel, proses patofisiologis diabetes melitus pada lansia terjadi secara bertahap, dimulai dari tingkat seluler hingga mencapai tingkat organ. Pada tingkat seluler, sel beta

pankreas mengalami penurunan kapasitas dalam memproduksi insulin sekaligus penurunan sensitivitas sel terhadap insulin.

Seiring bertambahnya usia, penurunan fungsi fisiologis tubuh semakin nyata akibat gangguan produksi insulin dan meningkatnya resistensi insulin. Kondisi ini menyebabkan mekanisme regulasi glukosa darah menjadi tidak optimal, dimana tubuh kehilangan kemampuannya untuk merespon secara efektif terhadap peningkatan kadar glukosa dalam darah. (Torres et al., 2023). Proses penuaan ini berpotensi memicu berbagai komplikasi kesehatan, termasuk perkembangan diabetes melitus dan gangguan kardiovaskular. Perlu diketahui bahwa setelah melewati usia 40 tahun, tubuh mengalami perlambatan signifikan dalam berbagai proses fisiologisnya (Riry et al., 2022).

5.1.3 Tekanan Darah

Dalam penelitian ini, sebanyak 12 responden (79,02%) mengalami hipertensi, sementara hanya Tiga partisipan dengan tekanan darah normal. Temuan ini menunjukkan bahwa kelompok responden dengan tekanan darah tinggi memiliki kerentanan lebih terhadap diabetes melitus tipe 2 daripada dengan responden yang tekanan darahnya normal. Hasil analisis memperlihatkan adanya korelasi antara kondisi hipertensi dengan peningkatan risiko perkembangan DM tipe 2 pada populasi yang diteliti. Hasil penelitian oleh (Aynalem SB, 2018), Penelitian ini mengungkapkan bahwa individu dengan hipertensi rentan 5,257 kali lebih besar untuk mengembangkan diabetes melitus tipe 2 dibandingkan mereka dengan tekanan darah normal. Keterkaitan antara hipertensi dan DM tipe 2 ini dapat dijelaskan melalui beberapa mekanisme. Pertama, kedua kondisi ini memiliki faktor risiko yang sama, antara lain obesitas, gaya hidup sedentari, dan faktor usia lanjut. Kedua, hipertensi dapat memicu resistensi insulin yang berujung pada kondisi hiperinsulinemia. Secara progresif, hal ini akan menyebabkan tidak berfungsinya sel beta pankreas yang bertanggung jawab dalam produksi insulin, sehingga semakin memperburuk regulasi glukosa dalam tubuh.

Penelitian yang dilakukan oleh (Damayanti., 2016) menyebutkan salah ipertensi Termasuk faktor risiko utama dalam terjadinya diabetes mellitus tipe 2 Mekanisme hubungan ini dapat dijelaskan melalui dua proses fisiologis utama.

Pertama, peningkatan volume cairan intravaskular menyebabkan elevasi tekanan darah sistemik. Kedua, terjadi perubahan struktural pada dinding arteri yang mengurangi elastisitas pembuluh darah, sehingga mengganggu mekanisme regulasi tekanan darah yang normal. Kondisi hipertensi yang berlangsung kronis akan memicu terjadinya kekebalan insulin, suatu keadaan patologis dimana sel-sel tubuh menjadi kurang responsif terhadap aksi insulin. Proses ini kemudian menciptakan lingkaran setan yang semakin memperburuk kontrol glikemik dalam tubuh. Kondisi ini membuat sel-sel tubuh lebih sulit untuk menggunakan insulin secara efektif, sehingga mengakibatkan peningkatan kadar glukosa darah resistensi insulin merupakan ciri khas diabetes tipe dua. Faktor gaya hidup yang sering terkait dengan hipertensi, seperti pola makan tinggi garam, kurangnya aktivitas fisik, dan obesitas, juga merupakan faktor risiko utama diabetes tipe 2.

5.1.4 Kepatuhan Minum Obat

Kepatuhan dalam mengonsumsi obat memegang peranan krusial dalam menentukan efektivitas terapi diabetes mellitus, sebagaimana dikemukakan oleh Loghmani (2018). Namun, masalah ketidakpatuhan pengobatan masih menjadi tantangan signifikan dalam penatalaksanaan DM. Data berbagai penelitian menunjukkan variasi tingkat kepatuhan, dimana penderita DM tipe 1 menunjukkan kepatuhan 70-83%, sementara penderita DM tipe 2 sekitar 64-78%. Sebuah temuan penelitian mengungkapkan bahwa pasien DM tipe 2 yang mendapat terapi sulfonilurea sekali sehari mencapai tingkat kepatuhan 94%, jauh lebih tinggi dibandingkan regimen dua atau tiga kali sehari yang hanya 57% (Bulu, A., Wahyuni, T. D., & Sutriningsih, 2019).

Temuan penelitian ini mengungkapkan bahwa proporsi pasien yang patuh mengonsumsi obat lebih tinggi dibandingkan dengan yang tidak patuh. Kondisi ini menunjukkan bahwa kepatuhan pengobatan berperan penting dalam menurunkan risiko perkembangan diabetes melitus tipe 2. Tingginya tingkat kepatuhan pada pasien DM tipe 2 ini dipengaruhi oleh beberapa faktor kunci, terutama pemahaman pasien tentang manfaat terapi obat dalam proses penyembuhan dan pencegahan komplikasi, serta edukasi berkelanjutan yang diberikan oleh tenaga kesehatan di puskesmas. Analisis lebih lanjut menunjukkan korelasi positif antara kepatuhan

minum obat dengan kontrol glikemik, dimana pasien yang patuh cenderung memiliki kadar glukosa darah dalam batas normal, sementara yang tidak patuh menunjukkan kadar glukosa darah yang lebih tinggi (Amir, S., Wungouw, H., & Pangemanan, 2020).

5.2 Hubungan Diabetes Melitus dengan Kadar HbA1c

Proses diagnosis diabetes melitus (DM) secara klinis selalu melibatkan pemeriksaan hemoglobin terglikasi (HbA1c) sebagai parameter utama. Dalam praktik diagnostik, terdapat beberapa indikator glikemik yang menjadi acuan, Apabila kadar HbA1c seseorang berada di bawah 5,5%, maka dianggap normal; rentang antara 5,6% hingga 6,5% menunjukkan gangguan toleransi glukosa, dan nilai di atas 6,5% diklasifikasikan sebagai diabetes (American Diabetes Association., 2020). Hemoglobin A1c (HbA1c) dianggap sebagai tolok ukur utama dalam menegakkan diagnosis diabetes, namun berbagai kondisi medis dapat memengaruhi tingkat HbA1c seseorang. (Katwal et al., 2020). Dalam praktik klinis kontemporer, evaluasi manajemen glikemik umumnya mengacu pada pengukuran hemoglobin terglikasi (HbA1c) sebagai parameter utama. Nilai HbA1c secara biologis merepresentasikan kadar glukosa darah rata-rata selama periode sekitar 90 hari, karena siklus hidup eritrosit yang menjadi dasar pengukuran ini (Association, 2021).

Komplikasi diabetes melitus telah menjadi tantangan kesehatan global yang signifikan di abad ke-21 (Li et al., 2023). Data epidemiologi menunjukkan tren peningkatan yang konsisten dalam insidensi DM tipe 2 selama 30 tahun terakhir (Lin et al., 2020). Dari total 422 juta penyandang diabetes secara global, mayoritas terkonsentrasi di negara berkembang dengan tingkat ekonomi rendah hingga menengah. Angka mortalitas terkait diabetes mencapai 1,5 juta jiwa per tahun, menjadikannya salah satu penyebab kematian utama dunia. Fenomena peningkatan prevalensi kasus diabetes ini terus berlanjut secara progresif dalam beberapa dekade terakhir, menunjukkan urgensi penanganan yang lebih komprehensif.

Temuan penelitian ini Menyatakan adanya hubungan yang signifikan secara statistik dengan *diabetes melitus* tipe 2 dengan kadar HbA1c ($p=0,001 < 0,05$). Sebanyak 10 responden dengan *diabetes melitus* tipe 2 menunjukkan kadar HbA1c

tidak terkontrol ($>7\%$), mengindikasikan manajemen glikemik yang suboptimal. Hasil ini konsisten dengan penelitian sebelumnya oleh Tri Alan Mugi Rahayu (2020). Analisis statistik menggunakan uji Chi Square memperkuat temuan ini dengan nilai $p=0,017$ ($<0,05$), yang secara jelas menunjukkan korelasi bermakna antara kontrol HbA1c dengan kualitas hidup pasien diabetes melitus tipe 2 yang mengikuti program Prolanis di Gracia Ungaran.

Temuan penelitian mengungkapkan bahwa dari seluruh responden, terdapat 10 pasien yang mengalami kondisi diabetes melitus tipe 2 dengan parameter abnormal. Analisis lebih lanjut menunjukkan bahwa sebanyak 11 responden (73,23%) mengalami ketidakoptimalan kontrol glikemik, yang ditandai dengan kadar HbA1c melebihi 7%. Angka ini merepresentasikan mayoritas subjek penelitian yang belum mencapai target terapi yang direkomendasikan untuk pengendalian diabetes, hal ini menandakan bahwa pasien tersebut memiliki control glikemik yang tidak baik atau bisa dikatakan dalam kategori buruk.

Hal ini dapat menyebabkan terjadinya komplikasi. Penelitian yang dilakukan oleh Kumamoto dan *United Kingdom Prospective Diabetes Study* (UKPDS) menegaskan bahwa pengendalian glukosa darah yang ketat secara bermakna dapat menurunkan insiden komplikasi mikrovaskular pada penderita diabetes tipe 2 dalam periode jangka pendek. Pencapaian kadar HbA1c di bawah 7% telah terbukti efektif dalam menurunkan risiko komplikasi mikrovaskular, baik pada diabetes melitus tipe 1 maupun tipe 2, terutama jika dilakukan sejak tahap awal perkembangan penyakit.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa dari total sampel yang diteliti, 10 pasien terdiagnosis diabetes melitus tipe 2 dengan kondisi tidak terkontrol. Lebih rinci lagi, data mengindikasikan bahwa 11 responden (73,23%) memiliki kadar HbA1c di atas 7%, menunjukkan kegagalan dalam mencapai target kontrol glikemik yang ideal. Temuan ini mengungkap bahwa sebagian besar peserta penelitian belum berhasil memenuhi standar pengelolaan diabetes yang direkomendasikan dalam praktik klinis.

Kadar HbA1c merupakan indikator yang akurat untuk menilai kontrol glikemik selama siklus hidup eritrosit (rata-rata 120 hari). Dalam praktik klinis, pengukuran HbA1c dapat dilakukan melalui dua pendekatan metodologis utama: (1) teknik pemisahan yang meliputi kromatografi pertukaran ion, elektroforesis kapiler, dan kromatografi afinitas; serta (2) metode berbasis reaksi kimia seperti immunoassay dan uji enzimatis. Berbagai metode ini telah terintegrasi dalam sistem analisis laboratorium otomatis dan semakin berkembang dalam bentuk perangkat point-of-care yang memungkinkan pengukuran menggunakan sampel darah kapiler dari tusukan jari. Pemantauan HbA1c secara berkala memberikan manfaat klinis yang signifikan. Pasien yang melakukan pemeriksaan rutin memiliki peluang lebih besar untuk mencapai target terapi (HbA1c <7%), sehingga dapat menekan risiko komplikasi diabetes. Pencapaian target ini akan mengoptimalkan kontrol metabolik pasien, yang pada akhirnya berdampak pada perbaikan outcome klinis secara menyeluruh.