

SKRIPSI

**MEMBANDINGKAN PEMERIKSAAN HbA1c MENGGUNAKAN
SPESIMEN DARAH VENA EDTA DENGAN DARAH KAPILER
PADA PASIEN DIABETES MELITUS TIPE 2
DI RUMAH SAKIT UMUM DAERAH ABEPURA**



Oleh:

**IDA FRIDA KAISIRI
NIM: 2410263688**

**PROGRAM STUDI
SARJANA TERAPAN TEKNOLOGI LABORATORIUM MEDIS
FAKULTAS ILMU KESEHATAN
UNIVERSITAS PERINTIS INDONESIA
PADANG
2026**

SKRIPSI

**MEMBANDINGKAN PEMERIKSAAN *HbA1c* MENGGUNAKAN
SPESIMEN DARAH VENA EDTA DENGAN DARAH KAPILER
PADA PASIEN *DIABETES MELITUS TIPE 2*
DI RUMAH SAKIT UMUM DAERAH ABEPURA**

*Skripsi Ini Diajukan sebagai Salah Satu Persyaratan
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Terapan Kesehatan (S.Tr.Kes)*

Oleh:

**IDA FRIDA KAISIRI
NIM: 2410263688**

**PROGRAM STUDI
SARJANA TERAPAN TEKNOLOGI LABORATORIUM MEDIS
FAKULTAS ILMU KESEHATAN
UNIVERSITAS PERINTIS INDONESIA
PADANG
2026**

	No Alumni Universitas	Ida Frida Kaisiri	No Alumni
a).Tempat/Tgl : Biak, 28 Februari 1982; b). Nama Orang Tua: (Ayah) Mesak Kaisiri (Ibu) almh.Yohana Tarasen; c). Program Studi : D.IV Analisis Kesehatan/TLM; d). Fakultas: Ilmu Kesehatan; e). No NIM: 2410263688; f). Tgl Lulus, 08 Maret 2026; g). Predikat lulus: dengan Pujian; h). IPK: 3.91;i) Lama Studi: 1 Tahun; j). Alamat: Jln. Kesehatan No.1 Abepura, Kec. Abepura, Kel. Yobe, Kota. Jayapura, Papua.			

MEMBANDINGKAN PEMERIKSAAN HbA1c MENGGUNAKAN SPESIMEN DARAH VENA EDTA DENGAN DARAH KAPILER PADA PASIEN *DIABETES MELITUS TIPE 2* DI RUMAH SAKIT UMUM DAERAH ABEPURA

SKRIPSI

Oleh: Ida Frida Kaisiri

Pembimbing: 1. Endang Suriani,Am.AK,SKM,M.Kes, 2. Renowati.A.md.AK,S.STT,M.Biomed

Abstrak

Diabetes Melitus (DM) tipe 2 merupakan penyakit metabolik kronis yang ditandai dengan peningkatan kadar glukosa darah akibat gangguan kerja insulin. Pemeriksaan Hemoglobin A1c (HbA1c) digunakan untuk menggambarkan rata-rata kadar glukosa darah selama 2–3 bulan terakhir dan umumnya menggunakan spesimen darah vena EDTA. Namun, pada kondisi tertentu pengambilan darah vena sulit dilakukan sehingga darah kapiler dapat digunakan sebagai alternatif. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan hasil pemeriksaan HbA1c menggunakan spesimen darah vena EDTA dan darah kapiler pada pasien DM tipe 2 di RSUD Abepura.

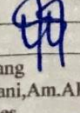
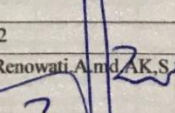
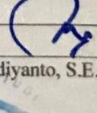
Jenis penelitian yang digunakan adalah deskriptif analitik dengan desain cross-sectional. Sampel penelitian berjumlah 17 pasien DM tipe 2 yang dipilih menggunakan teknik purposive sampling. Pemeriksaan HbA1c dilakukan menggunakan alat Spin XS Fully Automated Biochemistry Analyzer dengan metode Latex Turbidimetric Immunoassay. Analisis data dilakukan secara univariat dan bivariat menggunakan uji normalitas Shapiro-Wilk serta uji t dependen (paired t-test).

Hasil penelitian menunjukkan rata-rata kadar HbA1c darah vena EDTA sebesar 8,12% dengan simpangan baku 1,63, sedangkan rata-rata kadar HbA1c darah kapiler sebesar 8,57% dengan simpangan baku 1,78. Hasil uji normalitas menunjukkan data berdistribusi normal ($p > 0,05$). Hasil uji t dependen diperoleh nilai signifikansi sebesar $p = 0,002$ ($p < 0,05$), yang menunjukkan terdapat perbedaan yang signifikan antara hasil pemeriksaan HbA1c menggunakan darah vena EDTA dan darah kapiler.

Kesimpulan penelitian ini adalah terdapat perbedaan bermakna antara hasil pemeriksaan HbA1c menggunakan spesimen darah vena EDTA dan darah kapiler pada pasien DM tipe 2 di RSUD Abepura, dengan kadar HbA1c darah kapiler cenderung lebih tinggi dibandingkan darah vena EDTA.

Kata kunci: Diabetes Melitus tipe 2, HbA1c, darah vena EDTA, darah kapiler, Spin XS.

Skripsi ini telah dipertahankan di depan sidang penguji dan dintakan lulus pada Maret 2026, Abstrak telah disetujui oleh penguji

Tanda Tangan	1 	2 	3 
Nama Terang	Endang Suriani, Am.AK, SKM, M.Kes	Renowati A. md. AK, S. STT, M. Biomed	Sudiyanto, S.E., M.PH

Mengetahui

Ketua Program Studi: Endang Suriani, AM, AK, SKM., M.Kes



COMPARISON OF HbA1c EXAMINATION USING EDTA VENOUS BLOOD AND CAPILLARY BLOOD SPECIMENS IN PATIENTS WITH TYPE 2 DIABETES MELLITUS AT ABEPURA REGIONAL GENERAL HOSPITAL

SKRIPSI

Oleh: Ida Frida Kaisiri

Mentors: 1. Endang Suriani, Am.AK, SKM, M.Kes, 2. Renowati.A.md.AK, S.SiT, M.Biomed

Abstract

Type 2 Diabetes Mellitus (DM) is a chronic metabolic disease characterized by elevated blood glucose levels due to impaired insulin function. Hemoglobin A1c (HbA1c) examination is used to describe the average blood glucose level over the past 2–3 months and generally uses venous EDTA blood specimens. However, in certain conditions, venous blood collection may be difficult to perform, therefore capillary blood can be used as an alternative specimen. This study aimed to compare the results of HbA1c examination using venous EDTA blood and capillary blood specimens in patients with type 2 DM at RSUD Abepura. This research used a descriptive analytic method with a cross-sectional design. The study sample consisted of 17 patients with type 2 DM selected using purposive sampling technique. HbA1c examination was performed using the Spin XS Fully Automated Biochemistry Analyzer with the Latex Turbidimetric Immunoassay method. Data analysis was carried out using univariate and bivariate analysis, including the Shapiro-Wilk normality test and dependent t-test (paired t-test). The results showed that the mean HbA1c level of venous EDTA blood was 8.12% with a standard deviation of 1.63, while the mean HbA1c level of capillary blood was 8.57% with a standard deviation of 1.78. The normality test results indicated that the data were normally distributed ($p > 0.05$). The dependent t-test results obtained a significance value of $p = 0.002$ ($p < 0.05$), indicating a significant difference between HbA1c examination results using venous EDTA blood and capillary blood. The conclusion of this study is that there is a significant difference between HbA1c examination results using venous EDTA blood specimens and capillary blood in patients with type 2 DM at RSUD Abepura, with capillary blood HbA1c levels tending to be higher than venous EDTA blood.

Keywords: Type 2 Diabetes Mellitus, HbA1c, venous EDTA blood, capillary blood, Spin XS.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Diabetes Melitus (DM) adalah penyakit yang menjadi masalah kesehatan di masyarakat, sebab angka kejadiannya terus meningkat dari tahun ke tahun. Berdasarkan survei dari *World Health Organization* (WHO), terjadi kecenderungan peningkatan jumlah penderita DM di Asia Tenggara, termasuk Indonesia. Berdasarkan data *International Diabetes Federation* (IDF) tahun 2014, Indonesia berada pada urutan kelima sebagai negara dengan jumlah penderita Diabetes Melitus terbanyak di dunia, yaitu sekitar 9,1 juta jiwa. Selain itu, prevalensi DM di Indonesia juga mengalami peningkatan, dari 1,1% pada tahun 2007 menjadi 2,7% pada tahun 2013 (Rokim, 2020).

DM merupakan penyakit kronis yang ditandai dengan meningkatnya kadar glukosa darah karena kekurangan atau tergangguan fungsi hormon insulin. Penyakit ini dapat berlangsung seumur hidup dan sering tidak disadari oleh penderitanya. DM merupakan penyebab kematian keempat secara global dan terbagi menjadi dua tipe: tipe 1 yang dipengaruhi oleh faktor keturunan/genetik dan lingkungan, serta tipe 2 yang lebih sering dikaitkan dengan pola hidup tidak sehat dan obesitas (Lestari, 2022).

DM tipe 2 merupakan salah satu penyakit metabolik dengan angka kejadian yang terus meningkat di seluruh dunia termasuk di Indonesia. DM tipe 2 merupakan jenis diabetes yang paling sering dijumpai dibandingkan dengan tipe

1, diabetes gestasional, maupun tipe lainnya. Penderita DM tipe 2 umumnya tidak memerlukan terapi insulin karena masalah utamanya adalah resistensi insulin pada jaringan tubuh. Penyakit ini juga dikenal sebagai *lifestyle-related diabetes*.

Berdasarkan data dari Rumah Sakit Umum daerah Abepura pasien dengan DM pada tahun 2024 mencapai 106 orang/pasien dengan rata-rata 8 orang perbulan dan di tahun 2025 sebanyak 279 orang dengan rata-rata 14 orang perbulan dari data di atas di ketahui terjadi peningkatan jumlah pasien DM di tahun 2025.

Diagnosis DM tipe 2 dapat dilakukan melalui pemeriksaan HbA1c, yaitu hemoglobin yang mengalami glikasi. Pada penderita DM tipe 2, diagnosis dapat ditegakkan bila kadar HbA1c melebihi 6,5%. Penelitian yang dilakukan oleh Tambunan (2019) terhadap 75 pasien DM tipe 2 menunjukkan bahwa 70 orang memiliki kadar HbA1c yang tinggi, dengan rincian 30 orang (40%) berada pada kisaran 8,1–10%, sebanyak 16 orang (21,3%) memiliki nilai HbA1c 6,5–8%, dan 13 orang (17,3%) memiliki HbA1c di atas 12%.

Pemeriksaan Hemoglobin A1c (HbA1c) merupakan metode baku emas untuk menilai kendali glikemik jangka panjang pada penderita DM. HbA1c menggambarkan rata-rata kadar glukosa darah dalam rentang waktu 2–3 bulan terakhir. Pemeriksaan HbA1c biasanya menggunakan darah vena dengan antikoagulan EDTA. Namun, pengambilan darah vena bisa sulit, terutama pada pasien dengan vena kecil seperti penderita obesitas, anak-anak, atau lansia. Sebagai alternatif, darah kapiler mulai digunakan karena lebih sederhana, minimal

invasif, dan cocok untuk kondisi dengan keterbatasan sarana, termasuk di layanan kesehatan primer atau daerah terpencil (Amelia *et al.*, 2022).

Hasil pemeriksaan laboratorium dapat dipengaruhi oleh beberapa tahapan, yaitu pra analitik, analitik, dan pasca analitik. Salah satu faktor pra analitik yang berperan penting meliputi persiapan alat, bahan, reagen, serta proses pengambilan spesimen. Pada tahap pengambilan spesimen, perlu diperhatikan jenis sampel yang digunakan dan risiko terjadinya hemolisis yang dapat memengaruhi hasil pemeriksaan (Rahmawati, 2020). Perbedaan jenis sampel darah vena EDTA dan darah kapiler berpotensi mempengaruhi hasil pemeriksaan HbA1c.

Darah kapiler maupun darah vena EDTA dapat dipakai dalam pemeriksaan HbA1c. Walaupun keduanya sama-sama digunakan dalam pemeriksaan HbA1c, hasilnya berpotensi berbeda akibat faktor pra-analitik, seperti terjadinya hemolisis, jumlah sampel yang diperoleh, maupun teknik pengambilan darah, variasi tersebut dapat memengaruhi interpretasi hasil pemeriksaan dan juga keputusan klinis (Khasanah & Setyowati, 2023).

Banyak petugas laboratorium yang sepenuhnya belum mengetahui manfaat penggunaan darah kapiler dalam pemeriksaan HbA1c, sehingga sering kali dalam pemeriksaan kadar HbA1c masih menggunakan spesimen darah vena EDTA. Alat otomatis *Chemistry Analyzer* yang digunakan di laboratorium Rumah Sakit Daerah Abepura untuk pemeriksaan HbA1c yaitu *Spin XS Fully Automated Biochemistry Analyzer*.

Penelitian yang dilakukan oleh Nathan *et al.*, (2021) memperlihatkan hasil HbA1c dari darah kapiler sebanding dengan darah vena, dengan korelasi tinggi

($R^2 = 0,993$) dan 96,7% perbedaan $\leq 0,2\%$. Sebagian besar petugas merasa pengambilan darah kapiler mudah dilakukan (97%) dan petunjuknya mudah diikuti (69%).

Menurut Alfawaz *et al*, (2019) dalam studi pada pasien prediabetes di Arab Saudi, hasil HbA1c dari darah kapiler menunjukkan akurasi yang dapat diterima sebagai alat skrining awal, terutama dalam program modifikasi gaya hidup berbasis komunitas. Hasil penelitian Sapkota *et al.*, (2020) menunjukkan bahwa pemeriksaan HbA1c berbasis darah kapiler memiliki sensitivitas dan spesifisitas tinggi, dan layak digunakan dalam skrining massal di wilayah dengan akses laboratorium terbatas.

Pemeriksaan HbA1c di RSUD Abepura selama ini menggunakan spesimen darah vena EDTA menggunakan alat *Spin XS Fully Automated Biochemistry Analyzer*. Kesulitan memperoleh spesimen darah vena pada pasien tertentu seperti pasien autisme, pasien yang terbaring di ICU dan pasien luka bakar. sehingga penulis ingin mencari cara pengambilan spesimen lain yang lebih mudah yaitu menggunakan darah kapiler. Alasan tersebut mendorong penulis untuk melakukan penelitian berjudul “Membandingkan hasil pemeriksaan HbA1c menggunakan spesimen darah vena EDTA dan kapiler pada pasien DM tipe 2 di RSUD Abepura”.

Atas dasar latar belakang di atas, penulis ingin melakukan penelitian tentang membandingkan pemeriksaan HbA1c menggunakan sampel darah Vena EDTA dengan sampel darah kapiler pada pasien DM tipe 2 di RSUD Abepura.

1.2 Rumusan Masalah

Apakah terdapat perbedaan yang signifikan antara hasil pemeriksaan HbA1c menggunakan spesimen darah Vena EDTA dengan spesimen darah kapiler pada pasien diabetes melitus tipe 2 di RSUD Abepura?

1.3 Tujuan Penelitian

1.3.1 Tujuan Umum

Membandingkan hasil pemeriksaan HbA1c menggunakan sampel darah Vena EDTA dan darah kapiler pada pasien diabetes melitus tipe 2 di RSUD Abepura.

1.3.2 Tujuan Khusus

- a. Diketuinya kadar HbA1c menggunakan spesimen darah Vena EDTA
- b. Diketuinya kadar HbA1c menggunakan spesimen darah kapiler
- c. Diketuinya hasil analisis perbedaanantara hasil pemeriksaan HbA1c menggunakan spesimen darahVena EDTA dan darah kapiler menggunakan uji statistic

1.4 Manfaat Penelitian

1.4.1 Bagi Peneliti

Dapat menambah pengetahuan dan wawasan dan keterampilan kerja di laboratorium khususnya bidang kimia klinik.

1.4.2 Bagi Institusi

Untuk bahan wacana untuk evaluasi belajar dalam peningkatan mutu khususnya Tenaga Teknologi Laboratorium Medis serta referensi tambahan di Perpustakaan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Diabetes Melitus

2.1.1 Definisi

Diabetes Melitus adalah penyakit metabolik kronis yang ditandai oleh peningkatan jumlah glukosa dalam darah atau hiperglikemia, terjadi akibat sekresi insulin yang tidak adekuat dan kerja insulin yang tidak optimal, atau kombinasi keduanya. Insulin merupakan hormon yang berfungsi membantu proses masuknya glukosa ke dalam sel tubuh agar dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi. Bila mekanisme ini terganggu, glukosa menumpuk di dalam darah sehingga menimbulkan berbagai komplikasi jangka panjang pada organ vital seperti jantung, pembuluh darah, ginjal, mata, dan saraf (*American Diabetes Association*, 2023).

2.1.2 Epidemiologi

Secara global, prevalensi DM terus meningkat dan menjadi masalah kesehatan utama. terdapat 537 juta penderita diabetes usia 20–79 tahun, yang diperkirakan naik menjadi 643 juta pada 2030 dan 783 juta pada 2045. Mayoritas kasus adalah DM tipe 2, yang berkaitan dengan obesitas, urbanisasi, dan gaya hidup tidak aktif. Sebagian besar kasus ditemukan di negara dengan tingkat pendapatan rendah dan menengah. Wilayah asia tenggara dan pasifik barat mencatat peningkatan prevalensi tertinggi Indonesia termasuk dalam sepuluh negara dengan jumlah penderita DM terbesar di dunia. Sekitar 19,5 juta orang

dewasa di Indonesia menderita DM, menempatkan Indonesia pada posisi kelima secara global (IDF, 2021).

Berdasarkan Riskesdas 2018, prevalensi diabetes melitus di Indonesia terus meningkat, dengan angka mencapai 8,5% pada penduduk usia ≥ 15 tahun, baik yang terdiagnosis maupun tidak.

2.1.3 Diabetes Melitus Tipe 2

Diabetes Melitus Tipe 2 merupakan tipe diabetes yang paling banyak ditemukan pada masyarakat., mencakup sekitar 85–90% dari seluruh kasus dan umumnya dialami oleh kelompok usia lanjut. Penyakit ini menjadi perhatian kesehatan dunia karena angka kejadian, komplikasi, serta tingkat kematian lebih banyak terjadi pada kelompok lanjut usia dibandingkan usia yang lebih muda (Arini, 2022). Beberapa faktor yang memengaruhi kadar glukosa darah pada penderita DM tipe 2 antara lain tingkat aktivitas fisik dan kondisi stres yang dialami (Ekasari & Dhanny, 2022).

Menurut Garcia *et al.*, 2020, DM Tipe 2 (DMT2) merupakan penyakit multifaktorial yang ditandai dengan adanya penurunan sensitivitas terhadap insulin dan gangguan fungsi sel beta yang progresif, serta dipengaruhi oleh faktor genetik, gaya hidup, dan obesitas. Faktor-faktor risiko DM tipe 2 terdiri dari:

- a. Usia: Risiko DMT2 meningkat seiring bertambahnya usia, terutama setelah 45 tahun.
- b. obesitas dan peningkatan berat badan berlebih: Ini adalah faktor risiko paling signifikan. Obesitas, terutama obesitas sentral (penumpukan lemak

di area perut), menyebabkan resistensi insulin dan peradangan kronis tingkat rendah.

- c. Inaktivitas Fisik: Gaya hidup yang tidak aktif mengurangi sensitivitas sel terhadap insulin.
- d. Riwayat Keluarga: Memiliki orang tua atau saudara kandung dengan DM meningkatkan risiko secara signifikan karena komponen genetik penyakit ini (Roder *et al.*, 2020).
- e. Etnis: Kelompok etnis tertentu (misalnya, Asia, Afrika-Amerika, Hispanik) memiliki risiko genetik yang lebih tinggi untuk DM Tipe 2.
- f. Kondisi Klinis Lain: Riwayat diabetes gestasional, hipertensi, dislipidemia (kolesterol tinggi), dan sindrom ovarium polikistik (PCOS) adalah faktor risiko kuat.

2.1.4 Diagnosis

Diagnosis DM dapat ditegakkan berdasarkan salah satu dari kriteria berikut:

- a. Kadar glukosa plasma puasa (FPG) ≥ 126 mg/dL (7,0 mmol/L). Puasa merupakan kondisi ketika tubuh tidak memperoleh asupan kalori selama sekurang-kurangnya delapan jam.
- b. Kadar glukosa plasma ≥ 200 mg/dL (11,1 mmol/L) dua jam setelah Tes Toleransi Glukosa Oral (TTGO) dengan beban glukosa 75 gram.
- c. Kadar hemoglobin terglikasi (HbA1c) $\geq 6,5\%$. Pengukuran harus menggunakan metode yang tersertifikasi oleh *National Glycohemoglobin Standardization Program* (NGSP).

- d. Pada pasien yang menunjukkan tanda dan gejala khas hiperglikemia. (poliuria, polidipsia, polifagia) atau krisis hiperglikemik (misalnya, ketoasidosis diabetik), kadar glukosa plasma acak ≥ 200 mg/dL (11,1 mmol/L) sudah cukup untuk diagnosis (*American Diabetes Association*, 2023).
- e. Target kontrol glikemik pada sebagian besar pasien adalah HbA1c $< 7.0\%$. Pemeriksaan rutin setiap 3-6 bulan sangat dianjurkan untuk mengevaluasi efektivitas terapi dan modifikasi gaya hidup (Shehab & Abdelnaby, 2022).
- f. Kriteria ini berlaku secara global dan umumnya memerlukan konfirmasi dengan tes ulang, kecuali jika terdapat gejala hiperglikemia yang jelas (misalnya, poliuria, polidipsia, penurunan berat badan yang tidak dapat dijelaskan).

Hasil pemeriksaan yang belum memenuhi kriteria normal maupun Diabetes Melitus digolongkan sebagai prediabetes, yang terdiri atas toleransi glukosa terganggu (TGT) dan glukosa darah puasa terganggu (GDPT). TGT ditandai dengan kadar glukosa plasma 2 jam setelah Tes Toleransi Glukosa Oral (TTGO) berkisar antara 140–199 mg/dL, sedangkan kadar glukosa plasma puasa masih di bawah 100 mg/dL. Adapun GDPT ditentukan apabila kadar glukosa plasma puasa berada pada rentang 100–125 mg/dL dan kadar glukosa plasma 2 jam pasca-TTGO kurang dari 140 mg/dL. (Soelistijo, 2021).

Tabel 2.1 Hasil Laboratorium Darah untuk Diagnosis Diabetes dan Pre diabetes

	HbA1c(%)	Glukosa Darah Puasa (mg/dL)	Glukosa Plasma 2Jam setelah TTGO(mg/dL)
Diabetes	≥ 6.5	≥ 126	≥ 200
Pre-Diabetes	5.7-6.4	100– 125	140– 199
Normal	<5.7	70 –99	70 – 139

Sumber: (Kementerian Kesehatan RI.,2020)

Macam - Macam Pemeriksaan Diabetes Melitus

a. Glukosa Darah Sewaktu

Tes gula darah sewaktu digunakan sebagai metode skrining serta pemantauan perkembangan terapi pada pasien Diabetes Melitus. Pemeriksaan kadar glukosa darah dapat dilakukan menggunakan beberapa jenis spesimen, seperti darah utuh, serum, maupun plasma dengan penambahan antikoagulan seperti heparin, EDTA, oksalat, dan fluoride (Harianja, 2019).

b. Glukosa Darah Puasa

Diabetes Melitus dapat ditegakkan salah satunya melalui pemeriksaan Gula Darah Puasa (GDP), yaitu kadar glukosa darah yang diukur setelah seseorang tidak makan selama kurang lebih 10–12 jam. Nilai GDP ini menjadi salah satu acuan dalam penegakan diagnosis DM. Diagnosis dapat ditegakkan apabila hasil GDP menunjukkan nilai ≥ 126 mg/dL disertai dengan gejala khas diabetes. GDP sendiri merupakan parameter kadar glukosa darah yang diperiksa setelah pasien berpuasa minimal 8 jam (Hendrianingtyas, 2018).

c. Glukosa 2 jam Post Pradial (2 jam PP)

Pemeriksaan glukosa darah 2 jam setelah makan (postprandial/PP) merupakan salah satu metode untuk mendeteksi Diabetes Melitus serta kondisi hiperglikemia. Hasil pemeriksaan ini dapat dipengaruhi oleh kontrol kadar gula darah pasien, yang berkaitan dengan terjadinya peningkatan glukosa. Nilai normal gula darah 2 jam PP adalah kurang dari 140 mg/dL. Apabila hasil berada pada rentang 140–199 mg/dL, kondisi tersebut dikategorikan sebagai prediabetes, sedangkan nilai di atas 199 mg/dL mengindikasikan adanya diabetes (Erlangga, 2021).

d. Test Toleransi Glukosa Oral (TTGO)

Pemeriksaan Tes Toleransi Glukosa Oral (TTGO) dilakukan dengan mengukur kadar glukosa darah 2 jam setelah pasien mengonsumsi 75 gram larutan glukosa yang diberikan oleh tenaga kesehatan. Sebelum pemeriksaan, pasien diharuskan berpuasa minimal selama 8 jam. Hasil TTGO dikategorikan normal apabila nilainya ≤ 140 mg/dL, termasuk prediabetes jika berada pada rentang 140–199 mg/dL, dan dinyatakan diabetes bila hasil ≥ 200 mg/dL (Perkeni, 2019).

e. Pemeriksaan HbA1c

Pemeriksaan hemoglobin terglikasi, yang dikenal juga sebagai glikohemoglobin atau HbA1c, digunakan untuk mengevaluasi efektivitas perubahan terapi dalam rentang waktu sekitar 8–12 minggu sebelumnya. HbA1c merupakan indikator pengendalian glukosa darah

jangka panjang, yaitu sekitar 2–3 bulan, sesuai dengan masa hidup eritrosit (Fristiohady and Ruslin, 2020).

2.2 Hemoglobin A1c (HbA1c)

HbA1c merupakan fraksi hemoglobin yang mengalami glikasi, yaitu proses penambahan molekul glukosa yang berikatan secara kovalen pada valin ujung N-terminal rantai beta hemoglobin secara spontan tanpa bantuan enzim. Pembentukan hemoglobin terglykasi ini dipengaruhi oleh kadar glukosa dalam darah, sehingga semakin tinggi konsentrasi glukosa, maka kadar HbA1c yang terbentuk juga akan semakin meningkat.

HbA1c atau hemoglobin terglykasi, merupakan istilah standar internasional yang digunakan untuk menggambarkan hemoglobin yang mengalami proses glikasi dan direkomendasikan oleh *American Diabetes Association* (ADA). HbA1c (Hemoglobin Adult 1c) merupakan bentuk turunan dari hemoglobin dewasa (HbA) yang mengalami penambahan molekul monosakarida seperti glukosa atau fruktosa. Di antara sub tipe hemoglobin terglykasi, HbA1c merupakan komponen utama dan paling signifikan, dengan proporsi sekitar 4–5% dari total hemoglobin dalam darah.

Hemoglobin glikosilat secara umum terdiri atas tiga fraksi, yaitu HbA1a, HbA1b, dan HbA1c. HbA1c terbentuk melalui ikatan antara molekul glukosa dengan hemoglobin. Sementara itu, fraksi lainnya merupakan hasil ikatan antara hemoglobin dengan jenis gula heksosa lain. Setelah terbentuk, HbA1c tersimpan dalam sel darah merah dan tetap berada di dalamnya selama masa hidup sel

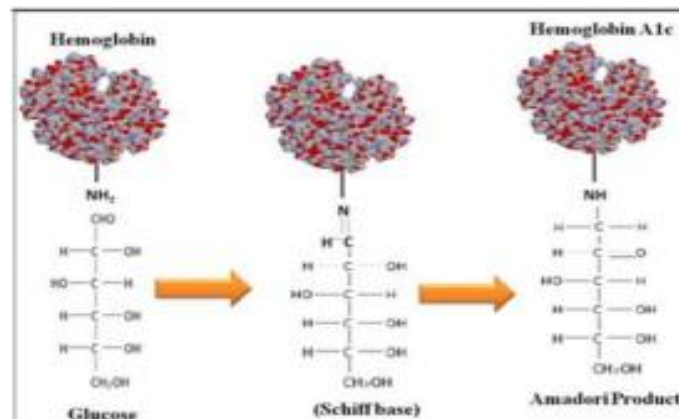
tersebut, yang berkisar hingga 120 hari, sebelum akhirnya terurai (Suryaatmadja, 2013).

2.2.1 Pembentukan HbA1c

Pembentukan Hemoglobin A1c (HbA1c) adalah proses kimia non-enzimatik yang vital dalam diagnosis dan pemantauan DM. Secara fundamental, HbA1c adalah fraksi hemoglobin yang mengalami glikosilasi, yaitu penambahan gugus glukosa secara spontan dan stabil pada molekul hemoglobin (Shrestha & Shrestha, 2020).

Proses pembentukan HbA1c dimulai ketika glukosa dalam aliran darah masuk ke dalam sel darah merah. Di dalam sel, glukosa akan berikatan dengan rantai beta hemoglobin pada valin N-terminal. Jumlah HbA1c yang terbentuk secara langsung bergantung pada konsentrasi glukosa darah rata-rata selama umur sel darah merah 120 hari. Semakin tinggi kadar glukosa darah, semakin banyak glukosa yang terikat pada hemoglobin, sehingga persentase HbA1c juga akan meningkat.

HbA1c merupakan hasil ikatan antara glukosa dengan hemoglobin, di mana glukosa menempel pada asam amino valin di ujung rantai beta hemoglobin. Pada tahap awal, ikatan ini masih bersifat sementara dan mudah terurai. Jika kondisi hiperglikemia hanya berlangsung singkat dan kadar gula kembali normal, ikatan tersebut dapat terlepas kembali. Namun, apabila hiperglikemia terjadi dalam waktu yang lebih lama, ikatan akan menjadi lebih stabil dan menetap sebagai HbA1c (Wulan Kristin, 2024).



Gambar 2.1 Struktur Molekul HbA1C

Sumber:(warsiyatun, 2023)

Pemeriksaan HbA1c merupakan salah satu metode terbaik untuk menilai risiko kerusakan jaringan akibat kadar glukosa darah yang tinggi dalam jangka panjang. Pengendalian glikemik yang baik sangat diperlukan untuk mencegah terjadinya komplikasi pada pasien DM. Namun, di Indonesia target kontrol glikemik masih belum tercapai, terlihat dari rata-rata hasil HbA1c yang masih sekitar 8%, sedangkan nilai normal HbA1c adalah $\leq 6,5\%$ berdasarkan metode terstandarisasi NGSP. Upaya pencegahan dan penatalaksanaan DM dilakukan melalui edukasi pasien, pengaturan pola makan atau terapi gizi medis, aktivitas fisik teratur, serta pemberian terapi farmakologis.

2.2.2 Pemeriksaan HbA1c

Pemeriksaan HbA1c merupakan indikator utama untuk menilai kontrol glikemik jangka panjang, membantu menegaskan diagnosis, manajemen diabetes dan prognosis pada pasien DM tipe 2. Pemeriksaan ini menggambarkan rerata kadar glukosa darah dalam kurun waktu 2–3 bulan terakhir. Peningkatan nilai HbA1c menandakan pengendalian glukosa yang kurang baik, sehingga dapat

digunakan sebagai indikator untuk menilai kepatuhan pasien terhadap terapi maupun pola makan (PERKENI, 2021).

2.2.3 Metode Pengukuran HbA1C

- a. Metode kromatografi pertukaran Ion
(*Ion Exchange Chromatography*)

Prinsip metode ini didasarkan pada perbedaan titik isoelektrik, di mana HbA1c memiliki nilai yang lebih rendah sehingga bermigrasi lebih cepat dibandingkan fraksi hemoglobin lainnya. Dalam penggunaannya, metode ini memerlukan pengendalian suhu reagen dan kolom, serta kestabilan kekuatan ion dan pH buffer (Widijanti dan Ratulangi, 2011). Keterbatasan metode ini yaitu adanya gangguan dari hemoglobinopati, HbF, dan Hb karbamilasi (HbC) yang dapat menyebabkan hasil negatif palsu. Namun demikian, kelebihanannya adalah mampu menganalisis kromatogram varian hemoglobin dengan tingkat ketelitian yang tinggi (Harefa, 2011).

- b. Metode HPLC (*High Performance Liquid Chromatography*)

Metode HPLC mampu mengidentifikasi hemoglobin abnormal serta memiliki tingkat reproduktibilitas yang baik dengan nilai koefisien variasi (CV) < 1%. Meskipun demikian, metode ini memiliki beberapa keterbatasan, seperti memerlukan peralatan khusus, waktu pemeriksaan yang relatif lama, serta tenaga yang terlatih. Oleh karena itu, HPLC kurang efektif digunakan di fasilitas kesehatan dengan jumlah pemeriksaan HbA1c yang tinggi (Prodia, 2016).

c. Metode Elektroforesis

Metode ini menunjukkan hasil yang sebanding dengan HPLC, namun tingkat presisinya relatif lebih rendah. Keberadaan hemoglobin F (HbF) dapat menyebabkan hasil positif palsu, sedangkan faktor seperti kekuatan ion, pH, suhu, dan hemoglobin C (HbC) tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap metode ini (Marbun, 2018).

d. Metode Enzyme Immunoassay (EIA)

Prinsip dari metode ini adalah ikatan yang terjadi antara antibodi dengan glukosa dan antara asam amino-4 dengan 10 N-terminal rantai β (Marbun, 2018). Metode *immunoassay* untuk pengukuran hemoglobin terglikasi (HbA1c) mengandalkan mekanisme ikatan spesifik antara antibodi dan struktur HbA1c. Antibodi monoklonal atau poliklonal yang dirancang secara khusus untuk mengenali epitop glikosilasi (bagian protein hemoglobin yang telah terikat glukosa) akan mengikat HbA1c dalam sampel darah. Kemudian kompleks antigen–antibodi ini diproses lebih lanjut menggunakan sistem deteksi seperti *chemiluminescence*, *fluorescence*, atau *turbidimetri* untuk menghasilkan sinyal proporsional terhadap kadar HbA1c dalam sampel. Menurut Yun *et al*, 2023, metode *immunoassay* menunjukkan korelasi yang sangat tinggi dengan metode rujukan seperti HPLC, baik ketika menggunakan darah vena maupun darah

kapiler (*fingerstick*). Selain itu, metode *immunoassay* tersebut dapat memberikan hasil dengan kecepatan yang cukup tinggi dan akurasi yang baik, sehingga menjadi opsi menarik untuk fasilitas laboratorium dengan sumber daya terbatas atau untuk penggunaan di lapangan/populasi besar). Metode *immunoassay* banyak digunakan di laboratorium rumah sakit maupun pusat kesehatan karena lebih praktis, cepat, dan dapat diintegrasikan dengan analyzer biokimia otomatis. Oleh sebab itu, metode ini sering menjadi pilihan alternatif selain HPLC.

e. *Metode Affinity Chromatography*

Prinsip metode ini didasarkan pada ikatan glukosa dengan asam m-aminofenilboronat. Keterbatasannya adalah pengukuran tidak hanya mencakup glikasi pada valin di ujung N-terminal rantai β , tetapi juga pada bagian lain rantai β serta rantai α , sehingga hasil yang diperoleh cenderung lebih tinggi dibandingkan metode HPLC (Harefa, 2011). Sementara itu, kelebihanannya yaitu hemoglobin non-terglikasi dan bentuk labil HbA1c tidak mengganggu pengukuran hemoglobin glikasi. Metode ini juga tidak dipengaruhi oleh suhu, memiliki presisi yang baik, serta HbF, HbS, dan HbC hanya memberikan pengaruh yang minimal (Widijanti dan Ratulangi, 2011).

f. *Metode Analisis Kimiawi dengan Kolorimetri*

Metode ini membutuhkan waktu inkubasi yang cukup lama, sekitar 2 jam. Namun, kelebihanannya adalah memiliki tingkat spesifisitas yang lebih baik

karena tidak dipengaruhi oleh bentuk hemoglobin yang belum terglukasi maupun HbA1c yang masih labil. Adapun kekurangannya meliputi waktu pemeriksaan yang lama, kebutuhan sampel yang relatif banyak, serta penggunaan satuan hasil (mmol/L) yang kurang familiar bagi sebagian klinisi (Widijanti dan Ratulangi, 2011).

g. *Metode Spektrofotometri*

Prinsip dari metode ini adalah penghilangan fraksi labil dari hemoglobin dengan cara haemolysate kemudian ditambahkan agen penukar ion kationik kemudian dibaca dengan instrument spektrofotometer pada Panjang gelombang 415 nm (Fortress, 2000).

h. *Metode Immunoturbidimetric*

Ikatan antibody dengan glukosa dan antara asam amino-4 dengan 10 N-terminal rantai β . Pemeriksaan tidak dipengaruhi oleh HbE, HbD maupun carbamylated Hb (Karl J *et al.*, 1993).

2.3 Hubungan HbA1c dengan Diabetes Melitus

Diabetes Melitus Hiperglikemia pada DM dapat dicegah melalui pengendalian kadar glukosa darah yang baik serta terapi yang tepat. Pemantauan kontrol glikemik dan evaluasi efektivitas terapi dapat dilakukan dengan pemeriksaan HbA1c. HbA1c merupakan fraksi hemoglobin A yang berikatan dengan glukosa dalam darah, sehingga kadarnya dipengaruhi oleh kadar glukosa serta umur eritrosit yang berkisar sekitar 120 hari (PERKENI. 2021).

Hiperglikemia dapat terdeteksi melalui peningkatan HbA1c. Pada kontrol glikemik yang buruk, glukosa berlebih masuk ke jalur poliol dan diubah menjadi

sorbitol oleh enzim aldosa reduktase. Proses ini menurunkan kadar NADPH, glutathion, dan NO, sehingga meningkatkan stres oksidatif dan merusak sel saraf (Hamida, 2020).

2.4 Jenis Spesimen Darah dalam Pemeriksaan HbA1c

Proses pemeriksaan laboratorium umumnya dibagi menjadi tiga tahapan utama, yaitu tahap pra-analitik, analitik, dan pasca-analitik. Tahap pra-analitik merupakan langkah awal yang sangat krusial karena berperan penting dalam menjamin kualitas sampel darah yang akan dianalisis. Pada tahap ini, kegiatan yang dilakukan meliputi persiapan kondisi pasien, teknik pengambilan spesimen, serta penanganan awal terhadap spesimen yang telah diambil.

Pengambilan spesimen darah harus sesuai dengan prosedur operasional standar (SOP) yang ditetapkan. Beberapa aspek yang perlu diperhatikan meliputi: memastikan volume darah yang diambil mencukupi, darah masih dalam kondisi segar, tidak mengalami hemolisis (pecahnya sel darah), tidak berubah warna, serta tidak mengalami deformasi. Jika pengambilan darah melibatkan penggunaan antikoagulan, maka penting untuk memastikan bahwa darah telah tercampur secara merata dengan antikoagulan tersebut. Rasio antara volume darah dan antikoagulan juga harus tepat, karena ketidakseimbangan dapat memengaruhi keakuratan hasil pemeriksaan laboratorium.

Pemeriksaan laboratorium yang memerlukan spesimen darah dapat digunakan darah vena maupun darah kapiler. Umumnya, analisis HbA1c dengan alat otomatis memanfaatkan darah vena yang disimpan dalam tabung EDTA sebagai sampelnya. Namun, dalam situasi tertentu dimana pengambilan darah

vena sulit dilakukan misalnya akibat kondisi vena yang tidak terlihat jelas karena obesitas atau adanya luka bakar di area pengambilan maka darah kapiler bisa dijadikan alternatif sampel.

Spesimen yang dipakai dalam pemeriksaan HbA1c yaitu darah utuh (*whole blood*), yang dapat diperoleh dari darah vena maupun kapiler dengan penambahan antikoagulan seperti EDTA, sitrat, heparin, atau oksalat. *Whole blood* sendiri merupakan darah lengkap yang mengandung semua komponen seluler (seperti eritrosit, leukosit, dan trombosit) serta bagian plasma, dan telah dicampur dengan antikoagulan untuk mencegah pembekuan.

2.4.1 Darah Vena (EDTA)

Pengambilan sampel darah vena menggunakan tabung yang mengandung EDTA merupakan prosedur yang umum digunakan sebagai standar dalam analisis HbA1c di laboratorium. Penggunaan darah vena dinilai lebih andal karena volume sampel yang cukup serta metode pengujian yang telah terstandarisasi, sehingga mampu memberikan hasil yang konsisten dan akurat.

Darah vena berperan utama dalam membawa darah kembali menuju jantung. Aliran ini bermula dari pembuluh darah kecil yang terbentuk melalui penyatuan kapiler darah. Kapiler-kapiler tersebut kemudian menyatu membentuk vena berukuran kecil, yang selanjutnya bergabung menjadi vena yang lebih besar, hingga akhirnya membentuk batang vena utama yang semakin membesar mendekati jantung. Jumlah vena dalam tubuh lebih banyak dibandingkan arteri, dan diameter vena umumnya lebih besar.

Struktur vena terdiri dari tiga lapisan. Lapisan terluarnya merupakan jaringan ikat yang disebut *tunika adventitia*. Lapisan tengah atau *tunika media* lebih tipis dibandingkan dengan arteri, kurang elastis, dan mudah kolaps. Sementara itu, lapisan terdalam disebut *tunika intima*, terdiri atas sel-sel endotel gepeng yang membentuk permukaan bagian dalam vena. Katup-katup di dalam vena berfungsi untuk menjaga agar darah tetap mengalir menuju jantung dan tidak kembali ke arah semula. Pada orang dewasa, pengambilan darah vena umumnya dilakukan di daerah lipatan siku (*fossa cubiti*), sedangkan pada bayi dapat dilakukan melalui vena di *sinus sagitalis superior* atau vena *jugularis superficialis* (Herawati, 2017).

Prosedur pengambilan darah vena (*venipuncture*) berdasarkan sumber Iskandar (2015):

A. Lokasi utama

Lokasi utama pengambilan darah Vena adalah

- a. *Venamedian cubital* (di sisi dalam lipatan siku) adalah lokasi paling umum karena mudah diakses, dekat permukaan kulit, cukup besar, dan jauh dari saraf besar.
- b. Alternatif: *Venacephalica* dan *vena basilica*. Penggunaan *vena basilica* harus hati-hati karena dekat dengan *arteri brachialis* dan saraf median.
- c. Jika ketiga vena tersebut tidak bisa digunakan, bisa dilakukan di vena pergelangan tangan dengan jarum kecil dan sangat hati-hati.

B. Lokasi yang harus dihindari:

Lokasi pengambilan darah yang harus dihindari adalah Lengan bekas mastektomi, Area dengan edema, hematoma, atau bekas luka, Lokasi transfusi darah, Area dengan kanula, fistula, atau cangkok pembuluh darah. Pengambilan darah di area-area tersebut bisa membuat sampel tidak akurat karena terlalu encer atau mengubah kadar zat kimia tertentu dalam darah. *Ethylene Diamine Tetra Acetate* (EDTA) merupakan jenis antikoagulan yang ditambahkan ke dalam sampel darah untuk mencegah terjadinya pembekuan. Pembekuan darah memerlukan keberadaan ion kalsium, yang berperan dalam mengaktifkan prothrombin menjadi thrombin. Ion kalsium juga dibutuhkan dalam tahap berikutnya, yaitu proses pembentukan fibrin dari fibrinogen, di mana fibrin lunak akan berubah menjadi fibrin padat yang membentuk gumpalan. Jika seluruh faktor pembekuan berada dalam kondisi normal, proses pembekuan darah ini dapat berlangsung dalam waktu sekitar 5 hingga 15 menit.

Tabung vakum yang digunakan dalam pemeriksaan laboratorium sering kali telah berisi antikoagulan EDTA dalam bentuk K₂EDTA maupun K₃EDTA. Di antara keduanya, K₃EDTA merupakan garam yang memiliki kestabilan lebih tinggi dibandingkan jenis garam EDTA lainnya, karena memiliki pH yang lebih mendekati pH normal darah, yaitu sekitar 6,4. Penggunaan tabung EDTA ini direkomendasikan oleh *National Committee for Clinical Laboratory Standards* (NCCLS), karena memberikan dosis antikoagulan yang lebih akurat dibandingkan EDTA konvensional seperti Na₂EDTA (Wahdaniah, 2018).

Menurut Soraya (2017), terdapat beberapa faktor kesalahan yang dapat memengaruhi kualitas sampel darah vena, antara lain:

- a. Terjadinya hemolisis akibat teknik pengambilan darah yang tidak sesuai prosedur.
- b. Penggunaan spuit dan jarum yang masih dalam kondisi basah atau tidak benar-benar kering.
- c. Pengikatan *torniquit* terlalu lama, yang dapat menyebabkan hemokonsentrasi.
- d. Proses pengambilan darah yang terlalu lambat, sehingga darah mulai membeku di dalam spuit.
- e. Sampel darah tidak tercampur secara merata dengan antikoagulan yang digunakan.

2.4.2 Darah Kapiler (Ujung Jari)

Selain darah vena, darah kapiler juga dapat digunakan sebagai spesimen untuk pemeriksaan HbA1c. Darah kapiler merupakan pembuluh darah kecil dan tipis yang dilapisi oleh membran bagian dalam, berperan penting dalam proses pertukaran zat antara darah, jaringan, dan sel-sel tubuh. Kapiler adalah titik pertemuan antara sistem arteri dan vena, mengandung berbagai molekul seperti hormon, karbon dioksida, oksigen, vitamin, mineral, serta senyawa kimia lain.

Pengambilan darah kapiler juga dikenal sebagai prosedur *skin puncture*, yaitu metode pengambilan sampel darah melalui tusukan kecil pada kulit. Lokasi pengambilan yang digunakan untuk prosedur ini adalah ujung jari tangan (*fingerstick*) atau daun telinga. Sementara itu, pada bayi dan anak kecil,

pengambilan darah dilakukan di tumit (*heelstick*) atau jempol kaki, tepatnya pada sepertiga bagian tepi telapak kaki atau ibu jari kaki.

Pemilihan lokasi harus memperhatikan kondisi sirkulasi darah, area yang mengalami gangguan peredaran darah seperti pucat (*vasokonstriksi*), peradangan atau trauma (*vasodilatasi*), pembengkakan akibat penumpukan darah (*kongesti*), atau perubahan warna kebiruan (*sianosis*) tidak dianjurkan untuk digunakan sebagai lokasi pengambilan sampel (Kardi, 2017; Khasanah, 2016).

Teknik pengambilan darah kapiler dianggap lebih sederhana dan bersifat minimal invasif, sehingga banyak dimanfaatkan di fasilitas pelayanan kesehatan tingkat pertama atau di wilayah yang memiliki keterbatasan dalam peralatan laboratorium. Pengukuran HbA1c dengan sampel darah kapiler mampu memberikan hasil dengan cepat, meskipun terdapat kemungkinan sedikit perbedaan tingkat akurasi jika dibandingkan dengan menggunakan darah vena (Amelia *et al.*, 2022).

Salah satu kelemahan dalam penggunaan darah kapiler sebagai sampel pemeriksaan adalah risiko terjadinya pengenceran. Hal ini disebabkan oleh tusukan yang terlalu dangkal, sehingga aliran darah tidak optimal dan memerlukan penekanan atau pemijatan pada area yang ditusuk. Tindakan tersebut dapat menyebabkan tercampurnya darah dengan cairan jaringan, yang berakibat pada penurunan konsentrasi zat atau unsur darah yang diperiksa dan menghasilkan nilai yang lebih rendah dari seharusnya.

Menurut Sholekah (2018), terdapat beberapa faktor kesalahan yang dapat memengaruhi kualitas sampel darah kapiler, antara lain:

- a. Darah diambil pada area yang tidak direkomendasikan atau pada lokasi yang sensitif serta memiliki gangguan sirkulasi darah.
- b. Penusukan jarum yang terlalu dangkal pada jari dapat menyebabkan sampel sulit keluar, sehingga jari perlu ditekan lebih kuat. Kondisi ini dapat mencampurkan darah dengan cairan jaringan sehingga kadar glukosa menjadi lebih encer dan hasil pemeriksaan dapat terpengaruh.
- c. Adanya kontaminasi sisa alkohol 70% pada area pengambilan dapat bercampur dengan darah, sehingga berpotensi memengaruhi keakuratan hasil pemeriksaan.
- d. Mengabaikan penggunaan tetesan darah pertama untuk bahan pemeriksaan.

2.4.3 Faktor Yang Mempengaruhi Pemantapan Mutu Internal HbA1c

- a. Tahap Pra Analitik

Tahap pra-analitik merupakan fase yang sangat berpengaruh terhadap kualitas sampel yang diperoleh serta dapat menentukan kelancaran proses pemeriksaan selanjutnya. Tahapan ini dilakukan agar spesimen yang diambil benar-benar mewakili kondisi pasien, menghindari kesalahan jenis sampel, serta mencegah terjadinya pertukaran spesimen antar pasien (Siregar dkk, 2018). *Whole blood* adalah darah utuh yang masih mengandung seluruh komponen sel darah yang telah dicampur dengan antikoagulan. Penyimpanan *whole blood* pada suhu

lemari pendingin 2–6 °C masih memungkinkan darah berfungsi dalam proses oksigenasi jaringan hingga sekitar 3–5 minggu, tergantung jenis larutan pengawet yang digunakan. Sampel *whole blood* yang berasal dari darah kapiler maupun vena dapat ditambahkan antikoagulan seperti sitrat, EDTA, heparin, atau oksalat. Untuk sampel darah EDTA, sebaiknya pemeriksaan sebaiknya segera dilakukan maksimal 2 jam pada suhu kamar, sedangkan penyimpanan dapat mencapai 10 hari pada suhu 2-8 °C (Prihandono dan Waluyo, 2017).

Pemeriksaan HbA1c adalah salah satu pemeriksaan khusus yang digunakan untuk memantau kondisi pasien Diabetes Melitus. Namun, tidak semua laboratorium klinik mampu melakukan analisis HbA1c karena biaya pemeriksaannya masih relatif tinggi serta masih rendahnya pemahaman mengenai pentingnya pemeriksaan ini dalam pemantauan pasien diabetes. Akibatnya, banyak laboratorium yang mengirimkan sampel ke laboratorium rujukan. Tahapan pengiriman, penundaan pemeriksaan, dan penyimpanan perlu diperhatikan dengan baik, karena kesalahan pada fase pra-analitik dapat memengaruhi kondisi sampel dan berpotensi menghasilkan nilai yang tidak akurat, baik lebih tinggi maupun lebih rendah dari sebenarnya (Prihandono dan Waluyo, 2017).

Tahap pra-analitik mencakup seluruh proses sebelum pemeriksaan laboratorium, mulai dari persiapan pasien, penerimaan spesimen, penanganan dan penyimpanan sampel, hingga pelabelan sampel.

Tahapan ini relatif sulit diawasi dan dikendalikan karena sebagian besar berlangsung di luar lingkungan laboratorium. Kesalahan yang terjadi pada fase pra-analitik diperkirakan mencapai sekitar 60%–70% dari seluruh kesalahan yang ditemukan dalam pemeriksaan laboratorium (Siregar dkk., 2018). Penelitian ini dilakukan di laboratorium Patologi Klinik RSUD Abepura. Pada tahap pra analitik yang dilakukan adalah:

Persiapan pasien:

Memberikan edukasi pada pasien bahwa akan dilakukan pengambilan darah, sesuai dengan permintaan pemeriksaan atau yang dibutuhkan.

Pengumpulan Spesimen:

Melakukan pengecekan data identitas pasien sesuai, jenis pemeriksaan yang akan dilakukan, volume sampel mencukupi, kelayakan sampel yaitu steril, tidak terkontaminasi dan lisis.

- Sampel darah vena

Darah dimasukkan ke dalam tabung EDTA dengan volume yang dibutuhkan, setelah dihomogenkan ambil 10 ul darah menggunakan mikropipet bagian luar dari tip dibersihkan terlebih dahulu menggunakan tisu, kemudian masukkan darah tersebut kedalam tube yang telah berisi aquadest 800 ul homogenkan dan diamkan selama 15 menit sampai terjadi hemolisis sempurna. Sampel siap diperiksa.

- Sampel darah kapiler

Sediakan tube yang diisi 800 aquadest, lakukan penusukan darah kapiler pada pasien, tetesan darah pertama diusap menggunakan tissue, Tetesan darah berikutnya diambil menggunakan mikropipet 10 ul, kemudian masukan darah tersebut kedalam tube yang berisi aquadest 800 ul, homogenkan dan diamkan selama 15 menit sampai terjadi hemolisis sempurna. Sampel siap dipakai.

b. Analitik

Penerapan Pemantapan Mutu Internal (PMI) di laboratorium dilakukan dengan cara memeriksa bahan kontrol terlebih dahulu sebelum menganalisis sampel pasien. Pemeriksaan kontrol ini memiliki peran penting karena dapat memengaruhi keakuratan hasil pemeriksaan. Setiap alat yang akan digunakan harus melewati tahap pengendalian mutu (quality control), yaitu dengan melakukan pengecekan bahan kontrol secara rutin setiap hari sebelum pemeriksaan sampel dilakukan (Rifqi, 2017). Tahap analitik merupakan proses pemeriksaan yang mencakup pengolahan sampel, kalibrasi alat, pengujian mutu reagen, serta uji ketepatan dan ketelitian hasil. Kesalahan yang terjadi pada tahap ini relatif lebih rendah dibandingkan tahap pra-analitik, yaitu sekitar 10%–15%. Selain itu, tahap analitik juga lebih mudah untuk diawasi dan dikendalikan (Siregar dkk., 2018).

Persiapan QC Harian alat Automatic Biochemistry Analyzer *Spin xs*:

- Masuk ke menu Test Request, pilih QC order, lalu pilih QC Position di:

- HbA1c Control Low :1
1 (untuk posisi HbA1c Low) lalu pilih controlnya (HbA1c Low) lalu klik kemudian request.
- HbA1c Control High:
2 (untuk posisi HbA1c High) lalu pilih controlnya (HbA1c LHigh) lalu klik kemudian request.
- Setelah itu pilih ► Kemudian start.

c. Post Analitik

Post-analitik adalah tahap terakhir dari rangkaian pemeriksaan laboratorium yang dikeluarkan untuk meyakinkan bahwa hasil pemeriksaan benar-benar valid dan dapat dipertanggung jawabkan. Kegiatan pencatatan dan pelaporan hasil di laboratorium harus dilaksanakan dengan cermat dan teliti agar tidak mengakibatkan kesalahan dalam penyampaian hasil pemeriksaan (Kemenkes RI, 2018). Pada penelitian ini post analitik yang dilakukan adalah komputer yang telah tersambung dengan alat masuk ke menu “pilih Result, pilih sampel yang akan di print, kemudian print. Hasil di verifikasi dan validasi oleh dokter spesialis Patologi Klinik sebagai penanggungjawab.

2.4.4 Spesifikasi Alat Automatic Biochemistry Spin xs

Alat Spin XS dirancang sebagai analyzer kimia klinis otomatis untuk laboratorium kecil-menengah. Sistem ini dirancang untuk memberikan hasil yang cepat, akurat, dan konsisten dengan tingkat kesalahan minimal:

- Sepenuhnya Otomatis, diskrit, akses acak.
- Terdapat sensor level reagen secara real-time, jarum pengambil reagen dengan sensor volume, dan fungsi anti-collision vertikal untuk mencegah tabrakan jarum
- 48 kuvet reaksi dapat dicuci ulang. Diatur dalam 6 rak x 8 unit.
- 28 posisi untuk reagen. Volume reagen untuk R1 dan R2 dapat diatur dalam rentang 20 μL hingga 350 μL .
- 37 posisi untuk sampel. Volume sampel dapat dari 2 μL hingga 70 μL .
- Sistem pendinginan independen yang menjaga reagen tetap dingin bahkan saat alat dimatikan.
- Antarmuka pengguna memungkinkan pemrograman batch (lot) dan pemilihan profil parameter yang telah dipre-set.
- Windows XP, Windows 7 dan Windows 10.

a. Spesifikasi, Fungsi Sistem

Sepenuhnya otomatis, diskrit, akses acak untuk test imun rutin, STAT; pencucian otomatis: prioritas sampel STAT.

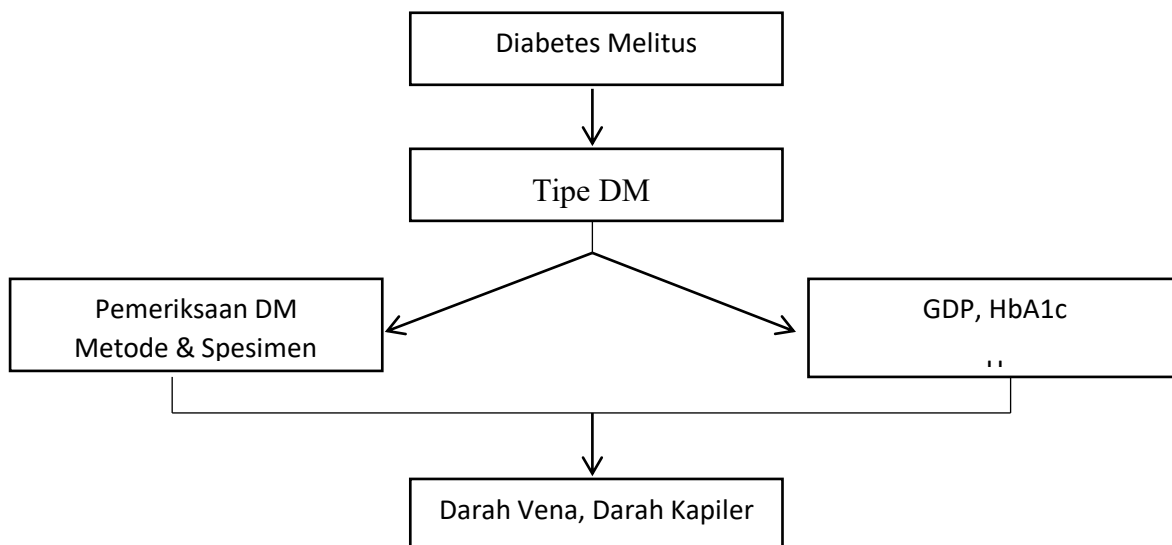
- Prinsip: hingga pengujian per jam, 200 pengujian per jam dengan ISE.
- Uji: *latex turbidimetric immunoassay*.
- *Methodology: One-point Endpoint, Two-point Endpoint, Kinetics, Fixed-time.*

- Kontrol kualitas (QC): Grafis Levey-Jennings, aturan Westgard multi-rule, Twin-Plot.



Gambar 2.2 Alat Automatic Biochemistry Analyzer Spin xs
Sumber: (Buku panduan alat Spin xs)

2.5 Kerangka Teori



Gambar 2.3 Kerangka Teori

2.6 Hipotesis Penelitian

Hipotesis Alternatif (H_1):

Terdapat perbedaan yang signifikan antara hasil pemeriksaan HbA1c menggunakan spesimen darah vena EDTA dan darah kapiler pada pasien DM tipe 2 di Rumah Sakit Umum Daerah Abepura.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Jenis dan Design Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian Deskriptif analitik, peneliti tidak memberikan perlakuan atau intervensi terhadap subjek hanya untuk mendapatkan gambaran perbedaan hasil pemeriksaan secara statistik. Desain penelitian ini menggunakan pendekatan *cross-sectional*, yaitu pengumpulan data variabel independen dan dependen dilakukan secara bersamaan dalam satu periode waktu tanpa adanya tindak lanjut.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Sentral Rumah Sakit Umum Daerah Abepura, Kota Jayapura pada bulan November 2025 – Mei 2026.

3.3 Populasi dan Sampel

3.3.1 Populasi

Pasien yang datang ke RSUD Abepura dengan dengan diagnosis Diabetes Melitus Tipe 2 yang menjalani pemeriksaan HbA1c di RSUD Abepura pada periode bulan September sampai dengan Oktober 2025.

3.3.2 Sampel

Ukuran sampel adalah sebagian dari populasi yang dijadikan objek penelitian atau bagian yang mewakili karakteristik tertentu dari populasi tersebut. Penentuan jumlah sampel dilakukan menggunakan rumus tertentu serta harus memenuhi kriteria inklusi dan eksklusi, yang berfungsi untuk menentukan

kelayakan sampel dalam penelitian. Jumlah dan besarnya sampel dapat diketahui dengan menggunakan rumus Teorema limit pusat dengan tingkat kesalahan (e) = 5 % dan total populasi yang akan diteliti (N) = 508 dalam 1 tahun 2024. Dilihat dari tabel Isaac dan Michael ada 205 sampel ($N = 500$). Dalam setahun 205/12 bulan = 17 sampel. 17 sampel/30 hari (1 bulan) = 1. Untuk penelitian 2 bulan 17 x 2 = 34 sampel. Jumlah sampel dalam penelitian ini adalah 34 sampel.

3.4 Teknik Pengambilan Sampel

Dalam penelitian ini digunakan teknik *purposive sampling*, yaitu pemilihan responden berdasarkan pertimbangan tertentu sesuai kriteria inklusi dan eksklusi. Dengan demikian, hanya pasien Diabetes Melitus tipe 2 yang menjalani pemeriksaan HbA1c dan memenuhi persyaratan yang ditentukan yang dapat diikutsertakan sebagai sampel.

3.4.1 Kriteria Inklusi

Subjek penelitian yang dapat diikutsertakan adalah semua pasien yang telah terdiagnosis Diabetes Melitus tipe 2 dengan pemeriksaan glukosa darah puasa.

1. Menjalani pemeriksaan HbA1c di Laboratorium Sentral RSUD Abepura.
2. Berusia minimal 18 tahun,
3. Bersedia menjadi responden dengan memberikan persetujuan tertulis, serta memungkinkan dilakukan pengambilan sampel darah vena (EDTA) maupun kapiler.

3.4.2 Kriteria Eksklusi

Pasien yang menunjukkan hasil pemeriksaan HbA1c kurang dari 4% atau lebih dari 14%.

3.5 Prosedur Penelitian

Penelitian diawali dengan mengajukan surat permohonan penelitian kepada Ketua Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Laboratorium Medis Universitas Perintis untuk mendapatkan persetujuan penelitian di RSUD Abepura. Setelah mendapatkan persetujuan dari kampus, melakukan langkah administrasi berikutnya dengan mengajukan surat izin penelitian kepada Direktur RSUD Abepura.

3.5.1 Persiapan Alat dan Bahan Penelitian

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. **Alat yang dibutuhkan adalah** *Spin XS Fully Automated Biochemistry Analyzer* (Spinreact, Spanyol), Mikropipet, Tabung EDTA (untuk darah vena), Tabung microtube untuk hemolisis, Rak tabung sampel, *Cuvette* alat *Spin XS* dan Komputer dan perangkat lunak analisis (integrasi *Spin XS*).
2. **Bahan yang dibutuhkan adalah,** Darah vena EDTA, Darah kapiler, Reagen HbA1c, Lancet steril (untuk darah kapiler), Aquades dan tip steril.

3.5.2 Persiapan sampel

1. Sampel darah vena

Prosedur Pengambilan darah Vena

- Pengambilan darah vena dilakukan secara aseptik di vena *difossa cubiti* sebanyak 3 ml. Dan pengambilan sampel 3 ml darah vena untuk pemeriksaan HbA1C dimasukkan kedalam tabung *dipotassium ethylenediamine tetraacetic acid* (K2EDTA)
- Gunakan sampel darah vena yang ditampung dalam tabung K2EDTA.
- Pastikan sampel tercampur homogen dengan cara membalik tabung perlahan beberapa kali, hindari pengocokan keras agar tidak terjadi hemolisis.
- Pipet sampel 10 ul + 800 ul aquades masukkan ke dalam microtube lalu homogenkan dan inkubasi selama 5 menit.

2. Sampel darah kapiler

Prosedur Pengambilan Darah Kapiler

Bersihkan area ujung jari tangan dengan kapas alkohol 70% dan biarkan mengering untuk mencegah hemolisis serta kontaminasi. Gunakan lancet steril sekali pakai untuk menusuk ujung jari. Buang tetesan darah pertama, karena dapat bercampur dengan cairan jaringan. Pipet darah pada tetesan berikutnya sebanyak 10 ul menggunakan mikropipet dan masukkan ke dalam aquades 800 ul pada microtube kemudian homogenkan, inkubasi selama 5 menit.

3.5.3 Pemeriksaan HbA1c metode Latex Turbidimetric Immunoassay

1. Metode Pemeriksaan

Analisis HbA1c dengan reagen Spinreact pada instrumen *Spin XS* bekerja berdasarkan metode *latex turbidimetric immunoassay*.

2. Prinsip Pemeriksaan

Antigen HbA1c yang terdapat dalam sampel darah akan berikatan dengan antibodi monoklonal anti-HbA1c yang telah terkonjugasi pada partikel latex. Proses ikatan antigen–antibodi tersebut menimbulkan aglutinasi sehingga mengurangi intensitas cahaya yang melewati larutan. Perubahan tingkat kekeruhan kemudian dideteksi oleh fotometer dalam alat *Spin XS*. Hasil pengukuran selanjutnya dihitung dengan membandingkan nilai absorbansi terhadap kurva kalibrasi, sehingga diperoleh kadar HbA1c dalam bentuk persentase (%).

3.5.4 Cara kerja alat Spin XS

1. Persiapan Alat

Nyalakan alat Spin XS dan biarkan sistem melakukan self-check otomatis. Pastikan reagen HbA1c Spinreact tersedia dalam kondisi baik dan sudah ditempatkan sesuai posisi pada alat. Cek volume reagen, larutan pencuci (wash solution), dan buangan (waste).

2. Pengaturan dan Kalibrasi

Lakukan kalibrasi sesuai petunjuk pabrik menggunakan kalibrator HbA1c standar yang disediakan. Verifikasi akurasi alat dengan menjalankan kontrol kualitas internal (kontrol rendah dan tinggi).

Pastikan nilai kontrol berada dalam rentang yang ditetapkan sebelum melanjutkan pemeriksaan sampel pasien.

3. Pemeriksaan Sampel

Masukkan data identitas pasien ke sistem (nama, kode sampel, nomor rekam medis). Tempatkan tabung sampel pada posisi rak (sample rack) sesuai slot yang tersedia. Alat akan secara otomatis melakukan pengambilan sampel, pencampuran dengan reagen hemolisis, inkubasi, dan proses analisis. Spin XS bekerja dengan prinsip immunoturbidimetri atau turunan enzimatis (tergantung kit HbA1c yang digunakan), hasil dibaca secara otomatis oleh fotometer internal.

4. Pembacaan Hasil

Setelah analisis selesai, hasil HbA1c akan muncul pada layar monitor. Hasil dapat ditampilkan dalam bentuk persentase (%) HbA1c atau dikonversi ke mmol/mol (IFCC unit). Cetak laporan hasil pemeriksaan melalui sistem alat.

5. Penyelesaian

Keluarkan sampel dari rak, simpan kembali bila diperlukan untuk uji ulang. Bersihkan probe dan lakukan prosedur *maintenance* harian sesuai instruksi manual. Matikan alat bila sudah tidak digunakan lagi.

Tabel 3.1 Nilai Korelasi (Insert Kit)

Kadar HbA1c	Keterangan
HbA1c 4.6 – 6.2 %	Berdasarkan DCCT/NGSP

3.6 Variabel Penelitian

3.6.1 Variabel Independen (Bebas)

Pada penelitian ini variabel Independen (bebas) adalah jenis spesimen darah yang digunakan, yaitu darah vena dengan antikoagulan EDTA dan darah kapiler.

3.6.2 Variabel Dependen (Terikat)

Pada penelitian ini variabel terikat adalah kadar HbA1c yang diperoleh dari hasil pemeriksaan laboratorium.

3.7 Definisi Operasional

Tabel 3.2 Definisi Operasional

No	Definisi Variabel.	Cara Ukur	Alat Ukur	Hasil Ukur	Skala Ukur
1	Kadar HbA1c Merupakan komponen kecil hemoglobin yang berikatan dengan glukosa, atau dikenal sebagai hemoglobin terglikosilasi, yang digunakan untuk menggambarkan kadar glukosa darah selama kurang lebih tiga bulan terakhir pada pasien Diabetes Melitus tipe 2 di RSUD Abepura.	Latex Turbidimetri Immunoassay	Spin XS	Persentase (%) Normal: < 5,7 %	Ratio
2	Pasien Diabetes Melitus Tipe 2 Merupakan keadaan dimana pasien mengalami Resistensi insulin adalah keadaan kemampuan insulin untuk merangsang transpor glukosa di jaringan perifer berkurang, dilakukan pemeriksaan kadar glukosa dan HbA1c pada pasien DM tipe 2 di RSUD Abepura.	Observasi oleh dokter klinisi	Lembar Observasi	Status pasien pada RME	Ordinal

3	a. Darah Vena EDTA adalah jenis darah yang diambil dari pembuluh darah vena <i>difosa cubit</i> dan ditampung dalam tabung yang mengandung antikoagulan EDTA yang dilakukan pada pasien DM Tipe 2 di RSUD Abepura	a. Vacutainer	Tabung vacutainer EDTA	Volume	Ratio
	b. Darah Kapiler adalah Spesimen darah yang diambil dari pembuluh darah kapiler dilakukan dengan cara menusuk salah satu ujung jari tangan pasien DM Tipe 2 di RSUD Abepura.	b. Konvensional/Manual	Autoclick//Blood lancet	Volume	

3.8 Teknik Penyajian Data

Penyajian data dalam penelitian ini akan disajikan dalam bentuk tabel dan diuraikan dalam bentuk narasi. Data penelitian ini disajikan dalam bentuk tabel dan dijelaskan secara naratif. Adapun pengolahan data dilakukan menggunakan bantuan komputer melalui beberapa tahapan, yaitu:

1. Pemeriksaan Data (*Editting*), dilakukan untuk meninjau Kembali data yang telah diperoleh.
2. Pemeriksaan Kode (*Coding*), memberikan kode numerik pada variable agar proses analisis data mudah dilakukan.
3. Entri data, proses memasukkan data yang telah diperoleh ke dalam program komputer untuk kemudian dilakukan pengolahan data.
4. Tabulasi, proses pengelompokan data berdasarkan tujuan penelitian dengan menggunakan tabel distribusi frekuensi sehingga lebih mudah disajikan dan dianalisis.

3.9 Analisis Data

Data penelitian dianalisis secara deskriptif dan analitik untuk melihat hasil perbandingan pemeriksaan HbA1c menggunakan spesimen darah vena dengan darah kapiler pada pasien DM tipe 2 di RSUD Abepura. Dengan melalui tahapan secara univariat dan bivariat sebagai berikut:

3.9.1 Analisis Univariat Variate

Analisis univariate dilakukan terhadap masing-masing variabel penelitian. Tujuan dari analisis ini adalah untuk melihat hasil distribusi frekuensi dan persentase dari tiap variabel yang disajikan dalam bentuk tabel distribusi frekuensi. Analisis univariat mendeskripsikan distribusi frekuensi hasil pengukuran HbA1c menggunakan spesimen darah vena EDTA dan kapiler.

3.9.2 Analisis bivariat

Analisis bivariat dilakukan untuk menganalisa hubungan variabel bebas dengan variabel terikat yaitu hasil pengukuran HbA1c menggunakan sampel darah vena dan kapiler. Nilai α ditentukan sebesar 0,05 dengan tingkat kepercayaan 95%. Data yang terkumpul dianalisis dengan menganalisis distribusi data yang ditampilkan secara deskriptif dalam tabel dan dilanjutkan dengan analisis dengan uji statistik. Data diuji normalitas menggunakan *Shapiro Wilk*. Dan uji statistic yang digunakan adalah uji *T Dependen*. Uji signifikan diantara data yang diobservasi dalam batas kepercayaan tersebut dapat disimpulkan data bermakna apabila $p < 0.05$

dan H_0 ditolak sedangkan dikatakan tidak bermakna apabila $p \geq 0.05$ dan H_0 diterima.

BAB IV

HASIL PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan pada pasien yang telah terdiagnosis Diabetes Melitus tipe 2 dengan jumlah sampel sebanyak 17 orang, terdiri dari 10 laki-laki dan 7 perempuan. Jika dipersentasekan, responden laki-laki mencapai 58,82%, sedangkan perempuan sebesar 41,18%, sehingga secara keseluruhan jumlah responden adalah 100%. Pemeriksaan kadar HbA1c dilakukan menggunakan dua jenis sampel, yaitu darah vena EDTA dan darah kapiler, dengan tujuan untuk mengetahui kadar HbA1c pada masing-masing sampel serta menganalisis perbedaan hasil pemeriksaannya. Sebagian besar responden berada pada usia ≥ 40 tahun, yang merupakan kelompok usia berisiko tinggi terhadap gangguan metabolik seperti diabetes mellitus.

4.1 Hasil Pemeriksaan HbA1c Darah Vena EDTA

Hasil pemeriksaan HbA1c menggunakan sampel darah vena EDTA menunjukkan bahwa data yang diperoleh jumlah responden dalam pemeriksaan kadar HbA1c menggunakan sampel darah Vena EDTA adalah 17 Orang. Distribusi jenis kelamin menunjukkan bahwa respon laki_laki berjumlah 10 orang dengan presentase 58,82%, sedangkan responden perempuan jumlah 41,18% (di bulatkan 41,176%). hal ini menunjukkan bahwa responden laki_laki lebih tinggi di bandingkan perempuan dalam penelitian ini.

Dari segi usia, mayoritas responden berada pada rentang ≥ 40 tahun. Kelompok usia ini merupakan kategori yang berisiko lebih tinggi terhadap terjadinya Diabetes Melitus tipe 2, karena pada usia tersebut terjadi penurunan

fungsi metabolisme tubuh serta peningkatan resistensi insulin. Dengan demikian, distribusi usia dalam penelitian ini sesuai dengan karakteristik umum penderita Diabetes Melitus tipe 2 yang lebih banyak ditemukan pada usia dewasa hingga lanjut usia.

Berdasarkan hasil pemeriksaan kadar HbA1c darah vena EDTA, diperoleh nilai terendah sebesar 5,3% dan nilai tertinggi sebesar 10,9%. Nilai HbA1c terendah yaitu 5,3% termasuk dalam kategori normal, yang menunjukkan bahwa kadar glikemik masih dalam batas wajar serta mencerminkan kontrol glukosa darah jangka panjang yang baik. Sementara itu, nilai HbA1c tertinggi sebesar 10,9% termasuk dalam kategori diabetes melitus tidak terkontrol, yang menunjukkan adanya kontrol glikemik yang buruk dan mengindikasikan terjadinya hiperglikemia kronis dalam kurun waktu sekitar 2–3 bulan terakhir.

4.2 Hasil Pemeriksaan HbA1c Darah Kapiler

Hasil pemeriksaan HbA1c darah kapiler pada 17 pasien menunjukkan nilai terendah 4,7% dan tertinggi 11,5%. Sebagian besar pasien 14 orang termasuk dalam kategori diabetes mellitus, sedangkan 3 pasien memiliki kadar HbA1c normal atau mendekati normal. Secara keseluruhan, data ini menunjukkan variasi kontrol glukosa darah dari normal hingga buruk.

Berdasarkan hasil pemeriksaan HbA1c menggunakan sampel darah kapiler, diperoleh nilai terendah sebesar 4,7% dan nilai tertinggi sebesar 11,5%. Nilai HbA1c terendah 4,7% termasuk dalam kategori normal, yang menunjukkan kontrol glukosa darah jangka panjang yang baik. Sementara itu, nilai HbA1c tertinggi 11,5% termasuk dalam kategori diabetes mellitus dengan kontrol

glikemik yang tidak terkontrol, yang mencerminkan adanya hiperglikemia kronis dalam kurun waktu 2–3 bulan terakhir.

4.3 Hasil Uji Statistik Perbedaan HbA1c Darah Vena dan Kapiler

Tabel 4.3 Hasil Uji Statistik Perbedaan HbA1c darah vena dan kapiler

Parameter	Darah Vena EDTA	Darah Kapiler
Jumlah sampel (n)	17	17
Nilai minimum (%)	5,3	4,7
Nilai maksimum (%)	10,9	11,5
Rata-rata (Mean) (%)	8,12	8,57
Simpangan baku (SD)	1,63	1,78

Berdasarkan Tabel 4.3, dapat dilihat statistik deskriptif kadar HbA1c berdasarkan jenis sampel darah, yaitu darah vena EDTA dan darah kapiler. Jumlah sampel pada masing-masing jenis darah adalah 17 sampel. Pada pemeriksaan darah vena EDTA, nilai kadar HbA1c minimum sebesar 5,3% dan nilai maksimum sebesar 10,9%, dengan nilai rata-rata sebesar 8,12% serta simpangan baku sebesar 1,63.

Pada pemeriksaan darah kapiler diperoleh nilai kadar HbA1c minimum sebesar 4,7% dan nilai maksimum sebesar 11,5%. Nilai rata-rata kadar HbA1c pada darah kapiler adalah 8,57% dengan simpangan baku sebesar 1,78. Hasil menunjukkan bahwa nilai rata-rata kadar HbA1c pada darah kapiler lebih tinggi dibandingkan dengan darah vena EDTA. Selain itu, simpangan baku pada darah kapiler juga lebih besar, yang mengindikasikan variasi data yang lebih tinggi dibandingkan dengan darah vena EDTA. Secara keseluruhan, hasil ini

menunjukkan adanya kecenderungan bahwa kadar HbA1c pada darah kapiler cenderung lebih tinggi dibandingkan darah vena EDTA, meskipun tidak terjadi pada seluruh sampel.

Berdasarkan hasil tersebut, diperlukan uji statistik untuk mengetahui apakah perbedaan kadar HbA1c antara darah vena EDTA dan darah kapiler yang diperoleh benar-benar signifikan atau hanya disebabkan oleh variasi data semata. Meskipun secara deskriptif terlihat bahwa nilai rata-rata kadar HbA1c pada darah kapiler lebih tinggi dibandingkan dengan darah vena EDTA, perbedaan tersebut belum dapat disimpulkan bermakna tanpa dilakukan analisis statistik lebih lanjut. Uji statistik berfungsi untuk menguji hipotesis penelitian serta memberikan dasar ilmiah dalam penarikan kesimpulan, sehingga hasil yang diperoleh tidak bersifat subjektif. Selain itu, penggunaan uji statistik juga penting untuk meminimalkan bias dan memastikan bahwa perbedaan yang terjadi bukan disebabkan oleh faktor kebetulan, tetapi menunjukkan adanya perbedaan nyata antara kedua jenis sampel darah. Dengan demikian, hasil dari penelitian ini bisa dipertanggungjawabkan secara ilmiah dan memiliki validitas yang lebih kuat.

4.3.1 Hasil Uji Normalitas

Pengujian normalitas dilakukan untuk mengetahui apakah distribusi data kadar HbA1c pada darah vena dan darah kapiler memiliki distribusi normal. Pada penelitian ini digunakan uji Kolmogorov–Smirnov dan Shapiro–Wilk karena jumlah sampel kurang dari 50 ($n = 17$). Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai signifikansi (Sig.) HbA1c darah vena pada uji Kolmogorov–Smirnov sebesar 0,200 dan pada uji Shapiro–Wilk sebesar 0,903. Sementara itu, nilai signifikansi

HbA1c darah kapiler pada uji Kolmogorov–Smirnov sebesar 0,200 dan pada uji Shapiro–Wilk sebesar 0,979. Berdasarkan ketentuan pengambilan keputusan, yaitu nilai Sig. > 0,05, maka data HbA1c darah vena maupun darah kapiler dinyatakan berdistribusi normal. Oleh karena itu, data telah memenuhi persyaratan untuk dianalisis menggunakan uji statistik parametrik, yaitu uji *t* dependen (*paired t-test*).

Tabel 4.3.1 Hasil Uji Normalitas

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	Df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Hasil_Darah_Vena	.105	17	.200*	.975	17	.903
Hasil Darah Kapiler	.086	17	.200*	.983	17	.979

Kriteria:

- Sig. > 0,05 → data berdistribusi normal
- Sig. < 0,05 → data tidak normal

4.3.2 Hasil Uji T dependen

Uji statistik yang digunakan adalah uji *t* berpasangan (*paired t-test*) karena data berasal dari subjek yang sama dengan dua jenis sampel darah. Uji *t* dependen ini dilakukan untuk mengetahui adanya perbedaan yang bermakna antara hasil pemeriksaan HbA1c menggunakan darah vena EDTA dan darah kapiler pada pasien yang sama.

Tabel 4.3.2 Hasil Uji T Dependen HbA1c Darah Vena dan Kapiler

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
Pair 1	Hasil_Darah_Vena - Hasil_Darah_Kapiler	-0.3471	0.381	0.0924	-0.5429	-0.1512	-3.756	16	0.002

Dasar Pengambilan Keputusan

- Sig. (2-tailed) $< 0,05 \rightarrow H_0$ ditolak (ada perbedaan bermakna)
- Sig. (2-tailed) $< 0,05 \rightarrow H_a$ diterima (tidak ada perbedaan bermakna)

Berdasarkan hasil uji t dependen (*paired samples test*), diperoleh nilai rata-rata selisih (*mean difference*) sebesar $-0,3471$ yang menandakan bahwa kadar HbA1c pada darah vena rata-rata lebih rendah dibandingkan darah kapiler. Nilai simpangan baku (*standard deviation*) tercatat sebesar $0,3810$. Hasil analisis menunjukkan nilai t hitung sebesar $-3,756$ dengan derajat kebebasan (df) = 16 serta nilai signifikansi Sig. (2-tailed) sebesar $0,002$. Interval kepercayaan 95% berada pada rentang $-0,5429$ hingga $-0,1512$.

Berdasarkan kriteria pengambilan keputusan, yaitu nilai Sig. (2-tailed) $< 0,05$, maka H_0 ditolak dan H_a diterima. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan secara statistik antara hasil pemeriksaan HbA1c menggunakan sampel darah vena EDTA dan darah kapiler. Berdasarkan hasil uji normalitas dan uji t dependen, diketahui bahwa data kadar HbA1c pada darah vena maupun darah kapiler memiliki distribusi normal, sehingga uji t dependen dapat digunakan dalam penelitian ini. Hasil analisis menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan secara statistik antara pemeriksaan HbA1c menggunakan darah vena EDTA dan darah kapiler, dengan kadar HbA1c pada darah kapiler cenderung lebih tinggi dibandingkan darah vena.

BAB V

PEMBAHASAN

5.1 Kadar HbA1c Menggunakan Spesimen Darah Vena EDTA

Pemeriksaan HbA1c menggunakan darah vena EDTA merupakan gold standard dalam pemeriksaan HbA1c. Pada penelitian ini, Sebagian besar pasien memiliki kadar HbA1c melebihi batas normal, yang menunjukkan pengendalian glikemik yang belum optimal. Temuan ini sejalan dengan teori bahwa HbA1c menggambarkan rata-rata kadar glukosa darah selama 2–3 bulan terakhir.

5.2 Kadar HbA1c menggunakan Spesimen Darah Kapiler

Hasil pemeriksaan HbA1c dari sampel darah kapiler menunjukkan kesesuaian yang cukup baik apabila dibandingkan dengan darah vena, meskipun nilai yang diperoleh cenderung sedikit lebih tinggi. Perbedaan tersebut kemungkinan dipengaruhi oleh faktor teknis dalam proses pengambilan sampel, kondisi sirkulasi darah perifer, serta volume darah yang relatif lebih kecil pada sampel kapiler. Kendati demikian, penggunaan darah kapiler masih dapat dipertimbangkan sebagai alternatif pemeriksaan HbA1c, khususnya untuk keperluan skrining maupun pada fasilitas pelayanan kesehatan tingkat pertama.

5.3 Perbandingan Kadar HbA1c Darah Vena EDTA dan Darah Kapiler

Hasil analisis statistik menunjukkan adanya perbedaan antara kadar HbA1c darah vena EDTA dan darah kapiler. Namun, perbedaan tersebut masih dalam rentang yang tidak memberikan perbedaan signifikan secara klinis. Hal ini menunjukkan bahwa pemeriksaan HbA1c menggunakan darah kapiler dapat

digunakan sebagai metode alternatif, dengan tetap mempertimbangkan faktor-faktor yang memengaruhi hasil pemeriksaan. Rentang nilai HbA1c yang cukup lebar antara nilai terendah dan tertinggi tersebut menggambarkan adanya variasi kondisi kontrol glukosa darah pada subjek penelitian, mulai dari kondisi normal hingga kondisi diabetes yang tidak terkontrol. Hal ini dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti kepatuhan terhadap pengobatan, pola makan, aktivitas fisik, serta lamanya menderita diabetes.

Berdasarkan hasil penelitian ini, diketahui bahwa terdapat perbedaan yang bermakna secara statistik antara hasil pemeriksaan HbA1c menggunakan sampel darah vena EDTA dan darah kapiler. Hal ini dibuktikan dengan hasil uji t dependen yang menunjukkan nilai signifikansi $p = 0,002$ ($p < 0,05$), sehingga H_0 ditolak.

Hasil penelitian ini sejalan dengan beberapa penelitian lain yang memiliki judul dan tujuan serupa, yaitu membandingkan kadar HbA1c menggunakan sampel darah vena dan darah kapiler. Penelitian-penelitian tersebut melaporkan bahwa kadar HbA1c darah kapiler cenderung lebih tinggi dibandingkan darah vena, meskipun perbedaannya relatif kecil dan masih dalam batas yang dapat diterima secara klinis.

Penelitian sebelumnya menyebutkan bahwa perbedaan ini dapat disebabkan oleh karakteristik fisiologis darah kapiler, yang merupakan campuran darah arteri, vena, dan cairan interstisial. Kondisi tersebut memungkinkan

terjadinya variasi kadar glukosa dan hemoglobin terglukasi, terutama pada individu dengan kontrol glikemik yang kurang baik.

5.4 Kesesuaian dengan Uji Normalitas dan Uji Statistik Parametrik

Hasil uji normalitas pada penelitian ini menunjukkan bahwa data HbA1c darah vena dan darah kapiler berdistribusi normal (Sig. > 0,05). Hasil ini juga sesuai dengan penelitian lain yang menyatakan bahwa data HbA1c pada populasi dewasa umumnya berdistribusi normal, sehingga uji t dependen merupakan uji statistik yang tepat untuk menganalisis perbedaan dua sampel berpasangan.

Penelitian-penelitian sebelumnya juga menggunakan uji t dependen dan mendapatkan hasil yang serupa, yaitu adanya perbedaan bermakna secara statistik, tetapi tidak selalu bermakna secara klinis. Hal ini menegaskan bahwa darah kapiler dapat digunakan sebagai alternatif pemeriksaan HbA1c, terutama dalam kondisi tertentu.

Meskipun secara statistik terdapat perbedaan yang bermakna, selisih rata-rata HbA1c pada penelitian ini relatif kecil. Temuan ini sejalan dengan penelitian lain yang menyimpulkan bahwa pemeriksaan HbA1c menggunakan darah kapiler memiliki korelasi yang kuat dengan darah vena EDTA.

Sejumlah penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa pemeriksaan HbA1c menggunakan sampel darah kapiler memiliki manfaat yang signifikan, khususnya untuk keperluan skrining diabetes, pemantauan kontrol glikemik secara cepat, serta penerapannya di fasilitas pelayanan kesehatan primer atau wilayah dengan keterbatasan sarana laboratorium. Meskipun demikian, beberapa studi lain

menegaskan bahwa pemeriksaan HbA1c menggunakan darah vena dengan antikoagulan EDTA masih dianggap sebagai metode rujukan utama, terutama untuk kepentingan penegakan diagnosis dan evaluasi terapi dalam jangka panjang.

Penelitian ini memiliki keterbatasan berupa jumlah sampel yang relatif kecil, sama seperti beberapa penelitian lain dengan desain serupa. Meskipun demikian, hasil penelitian ini tetap konsisten dengan penelitian terdahulu, sehingga dapat memperkuat bukti bahwa terdapat perbedaan antara hasil pemeriksaan HbA1c darah vena dan darah kapiler. Penelitian lain dengan jumlah sampel yang lebih besar melaporkan bahwa faktor-faktor seperti teknik pengambilan sampel, alat pemeriksaan, dan kondisi perifer pasien dapat memengaruhi hasil pemeriksaan HbA1c darah kapiler.

Hasil penelitian ini mendukung penelitian-penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa terdapat perbedaan antara kadar HbA1c darah vena EDTA dan darah kapiler. Namun, perbedaan tersebut tidak meniadakan penggunaan darah kapiler sebagai metode alternatif, khususnya untuk skrining dan pemantauan awal. Dengan demikian, penelitian ini memperkuat bukti ilmiah bahwa pemeriksaan HbA1c darah kapiler dapat digunakan secara klinis dengan tetap mempertimbangkan keterbatasannya.

5.5 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Perbedaan Hasil HbA1c Darah Vena EDTA dan Kapiler

Berdasarkan hasil penelitian, terdapat perbedaan yang bermakna secara statistik antara kadar HbA1c yang diperiksa menggunakan darah vena EDTA dan

darah kapiler. Perbedaan tersebut dapat dipengaruhi oleh faktor fisiologis, teknik dan volume pengambilan sampel, sirkulasi perifer, serta faktor pre-analitik dan analitik. Oleh karena itu, meskipun darah kapiler dapat digunakan sebagai alternatif pemeriksaan HbA1c, darah vena EDTA tetap direkomendasikan sebagai standar pemeriksaan.

1. Perbedaan Karakteristik Fisiologis Darah Vena dan Darah Kapiler

Darah kapiler merupakan campuran darah arteri, vena, dan cairan interstisial sehingga lebih sensitif terhadap perubahan metabolik perifer dibandingkan darah vena yang lebih stabil. Pada kondisi hiperglikemia kronis, kadar glukosa perifer dapat lebih tinggi dan berpotensi menghasilkan nilai HbA1c darah kapiler yang lebih tinggi. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian ini, di mana sebagian besar nilai HbA1c darah kapiler menunjukkan angka yang lebih tinggi dibandingkan darah vena.

2. Volume dan Konsentrasi Sampel Darah

Volume darah pada pemeriksaan kapiler biasanya lebih kecil dibanding darah vena, sehingga lebih rentan terhadap kesalahan pengukuran, misalnya akibat hemolisis atau pengenceran oleh cairan jaringan. Selain itu, tekanan saat pengambilan (pemijatan jari) dapat menyebabkan tercampurnya cairan interstisial, yang memengaruhi konsentrasi hemoglobin dan berkontribusi pada perbedaan hasil HbA1c.

3. Teknik Pengambilan Sampel

Teknik pengambilan sampel merupakan faktor penting yang memengaruhi hasil pemeriksaan. Pengambilan darah kapiler yang tidak sesuai prosedur, seperti: penekanan jari yang berlebihan, tusukan yang terlalu dangkal, tidak membuang tetes darah pertama dapat menyebabkan hasil pemeriksaan menjadi tidak akurat. Sebaliknya, pengambilan darah vena EDTA dilakukan dengan prosedur yang lebih terstandar, sehingga hasilnya cenderung lebih konsisten dan stabil.

4. Pengaruh Sirkulasi Perifer

Sirkulasi perifer yang kurang baik, terutama pada pasien usia lanjut atau penderita diabetes dengan komplikasi vaskular, dapat memengaruhi kualitas darah kapiler. Gangguan mikrosirkulasi dapat menyebabkan distribusi glukosa dan hemoglobin terglikasi tidak merata, sehingga hasil HbA1c darah kapiler menjadi lebih bervariasi. Hal ini dapat menjelaskan mengapa pada beberapa responden terdapat selisih nilai HbA1c yang cukup besar antara darah vena dan darah kapiler.

5. Faktor Pre-Analitik dan Analitik

Faktor pre-analitik seperti: waktu antara pengambilan dan pemeriksaan, penyimpanan sampel dan jenis antikoagulan (EDTA pada darah vena) dapat memengaruhi hasil pemeriksaan HbA1c. Selain itu, perbedaan metode dan alat pemeriksaan HbA1c juga berperan. Beberapa alat point-of-care yang menggunakan darah kapiler memiliki sensitivitas yang berbeda dibandingkan

alat laboratorium yang menggunakan darah vena, sehingga dapat menyebabkan variasi hasil.

6. Variasi Biologis Individu

Variasi biologis individu, seperti: kadar hemoglobin, umur eritrosit dan kondisi anemia atau kelainan hemoglobindapat memengaruhi pembentukan HbA1c. Variasi ini dapat memberikan dampak yang berbeda pada darah vena dan darah kapiler, sehingga berkontribusi terhadap perbedaan hasil pemeriksaan.

5.6 Analisis Perbedaan HbA1c Darah Vena dan Kapiler

Perbandingan hasil HbA1c darah vena dan darah kapiler menunjukkan bahwa Pada sebagian besar responden, nilai HbA1c darah kapiler lebih tinggi dibandingkan darah vena. Variasi selisih yang diperoleh berkisar antara $-0,6\%$ hingga $+0,9\%$, yang mengindikasikan adanya perbedaan hasil pengukuran antara kedua jenis sampel darah. Secara keseluruhan, rata-rata selisih kadar HbA1c antara darah vena EDTA dan darah kapiler adalah sebesar $0,34\%$.

