



PENGARUH PENUNDAAN WAKTU DAN SUHU PEMERIKSAAN TERHADAP KADAR GLUKOSA DARAH

Alya Hana Faizzah¹, Edy Haryanto², Museyaroh³, Anik Handayati⁴

Teknologi Laboratorium Medis, Politeknik Kesehatan Kementerian Kesehatan Surabaya^{1,2,3}

e-mail: hanafaizzahalya@gmail.com

Diterima: 28/8/2026; Direvisi: 5/9/2026; Diterbitkan: Tgl/Bulan/Tahun

ABSTRAK

Stabilitas kadar glukosa darah dapat berubah selama spesimen menunggu pemeriksaan, terutama ketika komponen seluler masih berada dalam spesimen dan kondisi penyimpanannya berbeda. Persoalan ini penting diperhatikan karena perubahan pada tahap *pre-analytical* dapat memengaruhi interpretasi hasil pemeriksaan glukosa. Penelitian ini mengevaluasi perubahan kadar glukosa darah puasa setelah penundaan pemeriksaan selama 8 jam dengan mempertimbangkan pemisahan serum dan suhu penyimpanan. Sebanyak 25 spesimen darah puasa diperiksa menggunakan metode *Glucose Oxidase Phenol Aminophenazone* (GOD-PAP) pada Mindray BS-200 Chemistry Analyzer. Setiap spesimen diamati pada lima kondisi, yaitu pemeriksaan segera, serum dipisahkan pada suhu ruang, serum dipisahkan pada suhu *refrigerator*, spesimen tidak dipisahkan dari sel darah pada suhu ruang, dan spesimen tidak dipisahkan pada suhu *refrigerator*. Nilai rerata berturut-turut sebesar 179,80; 176,60; 175,40; 159,00; dan 171,20 mg/dL. Analisis Kruskal-Wallis menghasilkan $p=0,691$ ($p>0,05$), sehingga belum ditemukan perbedaan kadar glukosa yang bermakna secara statistik antar kondisi yang diamati. Secara deskriptif, perubahan terbesar tampak pada spesimen yang tetap bersama sel darah selama penyimpanan suhu ruang. Temuan ini menegaskan pentingnya pengendalian kondisi spesimen selama penundaan pemeriksaan dan menjadi dasar untuk penelitian lanjutan dengan jumlah spesimen lebih besar serta variasi waktu penyimpanan yang lebih luas.

Kata Kunci: *Glukosa Darah Puasa, Penundaan Pemeriksaan, Stabilitas Spesimen, Suhu Penyimpanan, Pre-Analytical*

ABSTRACT

Blood glucose levels may change while specimens are awaiting analysis, particularly when cellular components remain in the specimen and storage conditions vary. This issue warrants attention because changes during the *pre-analytical* stage may affect the interpretation of glucose test results. This study evaluated changes in fasting blood glucose levels following an 8-hour delay in analysis by considering serum separation and storage temperature. A total of 25 fasting blood specimens were examined using the *Glucose Oxidase Phenol Aminophenazone* (GOD-PAP) method with a Mindray BS-200 Chemistry Analyzer. Each specimen was assessed under five conditions: immediate analysis, separated serum stored at room temperature, separated serum stored in a *refrigerator*, unseparated specimens stored at room temperature, and unseparated specimens stored in a *refrigerator*. The respective mean glucose levels were 179.80, 176.60, 175.40, 159.00, and 171.20 mg/dL. Kruskal-Wallis analysis yielded $p=0.691$ ($p>0.05$), indicating no statistically significant difference in glucose levels among the observed conditions. Descriptively, the greatest change occurred in specimens that remained in contact with blood cells during storage at room temperature. These findings highlight the importance



of controlling specimen conditions when analysis is delayed and provide a basis for further studies involving larger sample sizes and broader storage durations.

Keywords: *Fasting Blood Glucose, Delayed Analysis, Specimen Stability, Storage Temperature, Pre-Analytical*

PENDAHULUAN

Variasi kadar glukosa yang terukur di laboratorium dapat bermula sebelum spesimen mencapai instrumen analitik. Darah yang telah dikumpulkan tetap mengalami proses biologis selama berada dalam tabung, sehingga kondisi spesimen pada saat pengukuran belum tentu identik dengan keadaan ketika darah pertama kali diperoleh. Persoalan ini menjadi semakin relevan pada pemeriksaan glukosa karena perubahan konsentrasi dapat berlangsung selama interval antara pengambilan, pemrosesan, penyimpanan, dan analisis. Dalam konteks pemeriksaan diabetes, ketepatan hasil tidak hanya bergantung pada metode pengukuran, tetapi juga pada pengendalian tahapan *pre-analytical* yang menentukan kualitas spesimen sebelum dianalisis. Sacks et al. (2023) menempatkan pengelolaan spesimen, termasuk waktu pemrosesan dan pemisahan komponen darah, sebagai bagian penting dalam memperoleh hasil pemeriksaan glukosa yang dapat dipercaya.

Setelah darah berada di luar sistem fisiologis tubuh, sel-sel darah masih menjalankan aktivitas metabolisme dan menggunakan glukosa sebagai substrat energi. Keadaan tersebut dapat menyebabkan kadar glukosa berangsur menurun apabila serum atau plasma belum dipisahkan dari komponen seluler. Besarnya perubahan tidak bersifat konstan karena dipengaruhi oleh durasi penyimpanan, temperatur, jenis spesimen, serta karakteristik tabung yang digunakan. Hedayati et al. (2020) melalui tinjauan sistematis menunjukkan bahwa stabilitas glukosa dipengaruhi oleh jenis tabung dan keterlambatan sentrifugasi, sedangkan Zhou et al. (2024) memperlihatkan bahwa keterlambatan pemrosesan merupakan salah satu kondisi yang dapat memengaruhi kestabilan sejumlah analit biokimia, termasuk glukosa. Oleh karena itu, jeda waktu sebelum pemeriksaan perlu dipandang sebagai bagian dari kondisi eksperimental spesimen, bukan sekadar persoalan administratif dalam alur pelayanan laboratorium.

Hubungan antara waktu dan suhu penyimpanan juga tidak dapat dilepaskan dari status pemisahan serum. Pendinginan dapat memperlambat proses metabolisme, tetapi efek perlindungan tersebut tidak selalu mampu menghentikan perubahan kadar glukosa ketika sel darah masih berinteraksi dengan bagian cair spesimen. Nevraumont et al. (2024) menemukan bahwa kadar glukosa dapat mengalami penurunan selama periode sebelum sentrifugasi dan bahwa penyimpanan pada suhu rendah tidak sepenuhnya menghilangkan perubahan tersebut. Pada kondisi spesimen yang telah diproses, karakteristik stabilitasnya dapat berbeda dibandingkan darah yang masih mengandung komponen seluler. Temuan Bakkebo et al. (2024) mengenai kestabilan glukosa serum pada suhu ruang setelah sentrifugasi, serta Adhikari et al. (2024) mengenai stabilitas glukosa plasma pada kondisi penyimpanan yang berbeda, semakin memperlihatkan bahwa suhu tidak seharusnya dianalisis secara terpisah dari bentuk dan kondisi spesimen.

Tahap pemisahan serum menjadi penting karena secara langsung menentukan lamanya kontak antara komponen sel darah dan cairan yang akan digunakan untuk pemeriksaan. Penundaan pada tahap tersebut memungkinkan berlangsungnya perubahan metabolisme sebelum analisis dilakukan, sehingga hasil yang diperoleh dapat merepresentasikan kondisi spesimen setelah mengalami perubahan, bukan semata-mata kadar glukosa pada saat pengambilan darah. Azizah (2023) secara khusus mengkaji variasi waktu penundaan pemisahan serum dan



kaitannya dengan hasil pemeriksaan glukosa, sehingga memberikan dasar empiris bahwa interval pengolahan merupakan variabel yang perlu diperhitungkan. Dari sisi analitik, penggunaan metode *glucose oxidase-peroxidase* (GOD-PAP) memberikan pendekatan yang sesuai untuk mengukur glukosa secara kuantitatif pada spesimen darah. Nurhidayanti (2024) membandingkan pemeriksaan glukosa dengan metode GOD-PAP dan POCT pada jenis spesimen darah yang berbeda, sehingga memperkuat relevansi metode GOD-PAP dalam penelitian yang mengevaluasi perubahan kadar glukosa.

Perbedaan karakteristik spesimen dan lingkungan penyimpanan kemudian menimbulkan persoalan lain, yaitu sejauh mana suatu hasil masih dapat dianggap merepresentasikan kadar awal. Dibbasey et al. (2024) membandingkan kestabilan glukosa yang diperoleh dari tabung natrium fluorida dan *serum separator tube*, sedangkan Bakkebø et al. (2024) menguji kestabilan glukosa serum setelah sentrifugasi pada suhu ruang dan membandingkannya dengan spesimen plasma. Adhikari et al. (2024) juga mengevaluasi perubahan glukosa plasma pada beberapa kondisi penyimpanan, sehingga memperlihatkan bahwa respons glukosa terhadap penyimpanan dipengaruhi oleh karakteristik matriks dan kondisi spesimen. Pada konteks pemeriksaan glukosa puasa, Sugito et al. (2025) menemukan perbedaan antara analisis segera dan penyimpanan pada suhu ruang selama dua jam. Rangkaian temuan tersebut menempatkan waktu pemeriksaan, bentuk spesimen, dan temperatur sebagai komponen yang saling berhubungan dalam menentukan kestabilan kadar glukosa.

Persoalan tersebut memiliki relevansi lebih luas karena pemeriksaan glukosa juga menjadi bagian dari pemantauan risiko metabolik pada berbagai kelompok pasien. Azfr Ali (2023), melalui penelitian doktoralnya mengenai skrining dan pemantauan risiko kardiometabolik pada pasien yang mendapatkan obat antipsikotik, menempatkan pemeriksaan parameter metabolik sebagai bagian dari pemantauan klinis pasien. Konteks tersebut memperlihatkan bahwa hasil glukosa bukan sekadar angka laboratorium, melainkan dapat menjadi dasar dalam proses skrining, pemantauan, dan pengambilan keputusan klinis. Ketika pemeriksaan dilakukan setelah adanya penundaan atau ketika spesimen mengalami kondisi penyimpanan yang berbeda, perubahan kadar yang berasal dari proses *pre-analytical* berpotensi memengaruhi interpretasi klinis. Karena itu, pemahaman mengenai batas perubahan kadar glukosa selama penundaan pemeriksaan menjadi relevan tidak hanya bagi aspek teknis laboratorium, tetapi juga bagi keterandalan informasi yang digunakan dalam pelayanan kesehatan.

Namun, bukti yang tersedia masih memperlihatkan variasi rancangan dalam menilai kestabilan glukosa. Sebagian penelitian menekankan perbedaan jenis tabung, sebagian mengamati penyimpanan setelah sentrifugasi, sedangkan penelitian lainnya berfokus pada interval penundaan tertentu tanpa secara bersamaan mempertimbangkan status pemisahan serum dan dua lingkungan temperatur. Kondisi tersebut menyisakan ruang untuk menguji perubahan kadar glukosa darah puasa setelah penundaan pemeriksaan selama delapan jam, dengan membandingkan spesimen yang telah dipisahkan dari sel darah dan yang masih bersentuhan dengan komponen seluler pada suhu ruang 20–25°C dan suhu penyimpanan 2–8°C. Rancangan tersebut memungkinkan pengaruh waktu, pemisahan serum, dan temperatur diamati dalam satu kerangka sehingga karakter perubahan kadar glukosa dapat dipahami secara lebih kontekstual. Atas dasar pertimbangan tersebut, penelitian ini bertujuan menganalisis perubahan kadar glukosa darah puasa setelah penundaan pemeriksaan delapan jam berdasarkan status pemisahan serum dan suhu penyimpanan, menggunakan metode GOD-PAP. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan dasar praktis dalam menentukan penanganan



spesimen ketika pemeriksaan glukosa tidak dapat dilakukan segera serta memperkuat pengendalian tahap *pre-analytical* dalam pelayanan laboratorium.

METODE PENELITIAN

Pelaksanaan penelitian dilakukan di Laboratorium Bakti Analisa, Surabaya, selama Oktober 2025–Juni 2026, dengan pengambilan bahan uji pada Januari 2026. Spesimen yang digunakan berasal dari peserta Program Pengelolaan Penyakit Kronis (Prolanis) Klinik Alamanda yang menjalani pemeriksaan glukosa darah puasa. Sebanyak 25 spesimen darah puasa dipilih secara *purposive* dengan mempertimbangkan kondisi spesimen yang tidak hemolisis, noninfeksius, serta tidak menunjukkan ikterik atau lipemik. Setiap spesimen menjadi unit pengamatan untuk seluruh kondisi perlakuan, sehingga tidak dilakukan pembagian spesimen menjadi kelompok independen. Rancangan ini digunakan untuk membandingkan perubahan kadar glukosa pada kondisi penyimpanan yang berbeda dengan tetap mempertahankan sumber spesimen yang sama. Pengamatan mencakup pemeriksaan segera sebagai kontrol, serum yang telah dipisahkan dan disimpan selama 8 jam pada suhu ruang 20–25 °C, serum yang dipisahkan dan disimpan selama 8 jam pada suhu *refrigerator* 2–8 °C, darah yang masih bercampur dengan sel darah dan disimpan selama 8 jam pada suhu ruang 20–25 °C, serta darah yang masih bercampur dengan sel darah dan disimpan selama 8 jam pada suhu *refrigerator* 2–8 °C.

Darah vena sebanyak 3 mL dikumpulkan menggunakan tabung *plain*, kemudian disentrifugasi pada 3.000 rpm selama 10 menit untuk memperoleh serum yang diperlukan pada kondisi perlakuan dengan pemisahan. Aliquot untuk kondisi tanpa pemisahan tetap dipertahankan bersama sel darah selama periode penyimpanan yang telah ditentukan. Setelah perlakuan selesai, kadar glukosa diperiksa menggunakan metode *Glucose Oxidase Peroxidase Aminoantipyrine* (GOD-PAP) dengan *Chemistry Analyzer* Mindray BS-200. Pemeriksaan kontrol dilakukan segera setelah tahap persiapan awal, sedangkan pengukuran pada kondisi perlakuan dilakukan setelah penyimpanan selama 8 jam sesuai suhu yang ditetapkan. Suhu ruang dan *refrigerator* dipantau secara berkala menggunakan termometer terkalibrasi untuk menjaga kesesuaian kondisi penyimpanan. Data yang diperoleh merupakan data primer dan dianalisis menggunakan SPSS. Karena setiap spesimen menghasilkan pengukuran pada lima kondisi, analisis perbedaan dilakukan dengan pendekatan nonparametrik untuk data berpasangan menggunakan uji *Friedman*, dengan tingkat kemaknaan statistik ditetapkan pada $p < 0,05$.

HASIL DAN PEMBAHASAN

HASIL

Sebanyak 25 sampel digunakan untuk menggambarkan perubahan kadar glukosa darah puasa pada kondisi pemeriksaan yang berbeda. Setiap sampel memperoleh lima kondisi pemeriksaan sehingga perubahan nilai dapat diamati dari kondisi pemeriksaan segera hingga penundaan selama 8 jam. Variasi perlakuan mencakup status pemisahan serum dari sel darah serta kondisi suhu penyimpanan, yaitu suhu ruang dan suhu *refrigerator*. Susunan perlakuan tersebut memungkinkan pola perubahan kadar glukosa diamati secara bersamaan pada kondisi yang berbeda.

Tabel 1. Data Primer Hasil Pemeriksaan Kadar Glukosa Darah

Kode	Kontrol	P1	P2	P3	P4
A1	102	100	101	82	91

A2	99	98	98	83	94
A3	221	220	217	201	204
A4	257	257	242	222	254
A5	220	207	219	207	213

Perbedaan nilai antarkondisi memberikan gambaran awal mengenai arah perubahan kadar glukosa selama periode penundaan. Pada beberapa kode sampel, selisih antara pemeriksaan segera dan pemeriksaan tertunda relatif kecil, sedangkan perubahan yang lebih besar tampak pada kondisi ketika sel darah masih berada bersama spesimen. Pola tersebut belum digunakan untuk menarik kesimpulan inferensial, tetapi memberikan konteks terhadap analisis deskriptif pada tahap berikutnya. Dengan demikian, data primer menjadi dasar untuk melihat apakah variasi kondisi penyimpanan menghasilkan kecenderungan perubahan yang konsisten pada seluruh sampel.

Pengelompokan perlakuan selanjutnya digunakan untuk memperoleh gambaran umum mengenai sebaran nilai pada masing-masing kondisi. P1 merepresentasikan serum yang telah dipisahkan dan ditunda selama 8 jam pada suhu ruang, sedangkan P2 menggunakan kondisi pemisahan yang sama dengan penyimpanan pada suhu *refrigerator*. Dua kondisi lainnya mempertahankan keberadaan sel darah selama masa penundaan, dengan P3 ditempatkan pada suhu ruang dan P4 pada suhu *refrigerator*. Rangkaian kondisi tersebut menjadi dasar perbandingan nilai rerata sekaligus variasi kadar glukosa antarperlakuan.

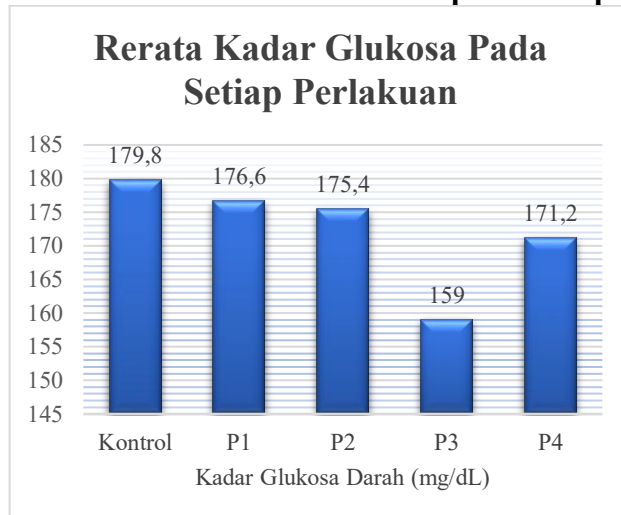
Tabel 2. Statistik Deskriptif Hasil Penelitian

Perlakuan	N	Minimum	Maksimum	Rerata	SD
Kontrol	5	99	257	179,80	73,91
P1	5	98	257	176,60	73,00
P2	5	98	242	175,40	69,98
P3	5	82	222	159,00	70,25
P4	5	91	254	171,20	74,28

Rentang nilai yang cukup lebar pada setiap kondisi memperlihatkan adanya variasi antarspesimen yang perlu diperhatikan ketika membaca perubahan rerata. Nilai rerata pada tiga kondisi yang melibatkan pemisahan serum, yakni kontrol, P1, dan P2, berada pada kisaran yang relatif berdekatan. Kondisi P3 memiliki rerata paling rendah, sementara P4 berada di antara P3 dan kelompok yang serumnya telah dipisahkan. Besarnya simpangan baku yang relatif serupa antarkelompok juga memperlihatkan bahwa variasi individual masih cukup besar, sehingga perbedaan rerata perlu dikaji bersama hasil analisis inferensial.

Perbandingan rerata tersebut memberikan pola yang lebih mudah diamati melalui penyajian visual. Representasi grafis digunakan untuk memperlihatkan arah perubahan nilai antarperlakuan tanpa mengulang seluruh informasi numerik yang telah disajikan pada tabel. Fokus pembacaan diarahkan pada posisi relatif setiap rerata terhadap kondisi kontrol dan pada perbedaan pola antara spesimen yang dipisahkan dengan yang tetap bersama sel darah. Visualisasi ini juga membantu memperjelas bahwa perubahan deskriptif terbesar tampak pada kondisi P3.

Gambar 1. Rerata Kadar Glukosa Darah pada Setiap Perlakuan



Gambar 1 memperlihatkan kecenderungan penurunan rerata setelah pemeriksaan tidak dilakukan secara segera. Penurunan tersebut tampak lebih menonjol pada kondisi ketika spesimen masih bersama sel darah, terutama pada P3, sedangkan kelompok dengan serum yang telah dipisahkan memperlihatkan perubahan rerata yang lebih terbatas. Kondisi P4 memperlihatkan posisi rerata yang lebih dekat dengan kelompok serum terpisah dibandingkan P3, sehingga suhu penyimpanan tampak memiliki pola deskriptif yang berbeda ketika status pemisahan spesimen juga berubah. Temuan visual ini menjadi dasar untuk melanjutkan pengujian statistik guna menentukan apakah variasi antarkondisi cukup kuat untuk dianggap sebagai perbedaan yang bermakna.

Sebelum menentukan analisis perbedaan, karakteristik distribusi data pada setiap kondisi diperiksa menggunakan uji Shapiro-Wilk. Pemeriksaan ini diperlukan untuk memperoleh gambaran mengenai kesesuaian distribusi nilai sebelum hasil antarperlakuan dibandingkan secara inferensial. Sebagian besar kondisi memenuhi kriteria distribusi normal, sedangkan satu kondisi memiliki nilai probabilitas di bawah batas signifikansi yang digunakan. Rincian hasil pemeriksaan distribusi tersebut disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Uji Normalitas Shapiro-Wilk

Kelompok perlakuan	p	Keterangan
Kontrol	0,113	Normal
P1	0,196	Normal
P2	0,063	Normal
P3	0,042	Tidak normal
P4	0,198	Normal

Nilai p pada empat kondisi berada di atas 0,05, sementara P3 memiliki p sebesar 0,042. Dengan demikian, karakteristik distribusi tidak sepenuhnya seragam di antara kondisi yang dianalisis. Keberadaan satu kelompok dengan distribusi tidak normal menjadi pertimbangan dalam pemilihan pendekatan analitik yang digunakan pada penelitian ini. Hasil pemeriksaan distribusi tersebut kemudian diikuti dengan analisis nonparametrik sebagaimana tercantum pada Tabel 4.



Tabel 4. Hasil Uji Kruskal-Wallis

Variabel	N	Kruskal-Wallis H	df	Asymp. Sig.	Keterangan
Kadar glukosa darah pada berbagai perlakuan	25	2,243	4	0,691	Tidak terdapat Pengaruh waktu penundaan dan suhu pemeriksaan terhadap kadar glukosa darah.

Nilai *Asymp. Sig.* sebesar 0,691 berada di atas batas signifikansi 0,05. Secara inferensial, perbedaan yang terlihat pada rerata masing-masing kondisi belum mencapai tingkat signifikansi statistik. Dengan kata lain, variasi kondisi penundaan selama 8 jam, suhu ruang maupun *refrigerator*, serta status pemisahan serum dari sel darah belum memberikan bukti statistik yang cukup untuk menyatakan adanya perbedaan kadar glukosa darah antarperlakuan pada penelitian ini. Temuan tersebut perlu dibaca bersama pola deskriptif sebelumnya, karena perbedaan secara numerik tetap terlihat meskipun belum didukung oleh signifikansi statistik.

PEMBAHASAN

Stabilitas kadar glukosa darah perlu dipahami sebagai hasil dari rangkaian proses yang dimulai sejak spesimen diperoleh hingga memasuki tahap pemeriksaan. Kondisi spesimen selama masa tunggu dapat memunculkan perubahan biologis yang kemudian terbaca sebagai variasi kadar analit, sehingga keterlambatan pemeriksaan tidak dapat dilepaskan dari cara spesimen diperlakukan. Pada penelitian ini, rerata kadar glukosa kontrol sebesar 179,80 mg/dL mengalami perubahan menjadi 176,60 mg/dL pada P1, 175,40 mg/dL pada P2, 159,00 mg/dL pada P3, dan 171,20 mg/dL pada P4. Pola tersebut memberikan gambaran bahwa keberadaan komponen seluler selama penundaan pemeriksaan tampaknya lebih berkaitan dengan perubahan kadar glukosa dibandingkan spesimen yang telah dipisahkan, meskipun kecenderungan deskriptif tersebut tetap harus dibedakan dari bukti statistik. Perspektif ini sejalan dengan Grzych et al. (2025), yang menempatkan penanganan pra-analitik sebagai bagian penting dalam menjaga keandalan pemeriksaan glukosa karena perubahan metabolik dapat berlangsung sebelum proses analitik dimulai.

Perbedaan pola antarperlakuan dapat ditelusuri dari kondisi biologis spesimen selama delapan jam penyimpanan. Pada darah yang belum dipisahkan, sel-sel darah masih berada dalam lingkungan yang menyediakan glukosa sebagai substrat metabolisme, sehingga proses glikolisis dapat terus berlangsung dan secara bertahap mengurangi konsentrasi glukosa yang tersedia untuk pemeriksaan. Fenomena tersebut memberikan penjelasan konseptual terhadap rerata P3 yang paling rendah, yaitu 159,00 mg/dL, terutama karena perlakuan tersebut menggabungkan kondisi darah yang belum dipisahkan dengan penyimpanan pada suhu ruang. Grzych et al. (2026) secara khusus menekankan adanya fase kritis pada stabilitas glukosa darah utuh pada tahap awal pra-analitik, sedangkan Debik et al. (2022) menunjukkan bahwa keterlambatan sentrifugasi dapat mengubah sejumlah metabolit pada sampel plasma dan serum. Dengan demikian, perubahan pada P3 lebih tepat dipahami dalam kerangka keberlanjutan aktivitas metabolik spesimen daripada hanya sebagai konsekuensi sederhana dari penundaan waktu pemeriksaan.

Temperatur penyimpanan memberikan dimensi tambahan dalam memahami dinamika tersebut karena aktivitas metabolik tidak berlangsung dengan intensitas yang sama pada setiap kondisi suhu. Penyimpanan pada temperatur yang lebih rendah secara fisiologis dapat memperlambat proses metabolisme sehingga perubahan konsentrasi analit berpotensi ditekan, tetapi pendinginan tidak selalu berarti seluruh perubahan dapat dihentikan. Islam et al. (2024) menunjukkan bahwa integritas glukosa dipengaruhi oleh faktor pra-analitik, termasuk



temperatur dan durasi penanganan spesimen, sementara Dharmasena et al. (2021) memperlihatkan bahwa penundaan analisis dapat berkaitan dengan perubahan konsentrasi glukosa plasma. Dalam penelitian ini, kondisi P4 menghasilkan rerata 171,20 mg/dL, lebih tinggi daripada P3 sebesar 159,00 mg/dL, sehingga secara deskriptif penyimpanan pada *refrigerator* tampak mempertahankan kadar glukosa lebih baik daripada suhu ruang ketika serum belum dipisahkan. Namun, kecenderungan tersebut tidak boleh ditafsirkan sebagai bukti adanya efek temperatur yang berdiri sendiri karena beberapa faktor pra-analitik bekerja secara bersamaan.

Pemisahan serum sebelum masa penundaan memberikan konteks yang berbeda terhadap stabilitas glukosa. Pada P1 dan P2, rerata kadar glukosa masing-masing sebesar 176,60 mg/dL dan 175,40 mg/dL, sehingga perubahan terhadap kontrol relatif kecil dibandingkan perlakuan ketika sel darah masih berada bersama spesimen. Secara biologis, pemisahan komponen seluler dapat mengurangi keberlanjutan proses metabolisme sel yang berpotensi menggunakan glukosa setelah darah berada di luar tubuh. Seydaffan et al. (2021) membahas stabilitas glukosa dalam serum dan plasma serta menunjukkan pentingnya kondisi penyimpanan dalam mempertahankan konsentrasi analit, sedangkan Szoke et al. (2021) menekankan bahwa optimalisasi fase pra-analitik memiliki konsekuensi terhadap kualitas interpretasi pemeriksaan glukosa. Hasil penelitian ini juga memiliki keterkaitan dengan temuan Dibbasey et al. (2024), yang menunjukkan bahwa penanganan spesimen, termasuk pemisahan dan kondisi penyimpanan, merupakan aspek penting dalam mempertahankan kestabilan pengukuran glukosa. Oleh karena itu, perubahan yang relatif kecil pada P1 dan P2 dapat dipandang sebagai indikasi bahwa pemisahan serum sebelum penundaan merupakan prosedur yang secara praktis berpotensi membantu mempertahankan integritas spesimen.

Jika seluruh perlakuan dipandang secara bersamaan, variasi yang muncul menunjukkan bahwa kestabilan glukosa merupakan persoalan yang bersifat multifaktorial. Tidak cukup hanya mempertimbangkan apakah pemeriksaan dilakukan segera atau ditunda, karena status pemisahan spesimen dan temperatur penyimpanan turut membentuk lingkungan pra-analitik yang berbeda. Jacike et al. (2026) menunjukkan bahwa kondisi sentrifugasi dan penyimpanan dapat berkontribusi terhadap stabilitas analit biokimia, termasuk glukosa, sedangkan Onasanya dan Anong (2026) menempatkan keterlambatan pemrosesan serta kondisi penyimpanan sebagai variabel yang perlu diperhatikan dalam menjaga akurasi pemeriksaan glukosa. Laming et al. (2025), meskipun menggunakan konteks pemeriksaan glukosa kapiler dengan perangkat *point-of-care*, juga memperlihatkan bahwa faktor pra-analitik dapat menjadi sumber variasi hasil pengukuran. Temuan tersebut memperkuat pemahaman bahwa perubahan kadar yang terlihat pada penelitian ini sebaiknya dibaca sebagai konsekuensi dari keseluruhan kondisi penanganan spesimen, bukan dilekatkan secara eksklusif pada satu perlakuan.

Meskipun secara deskriptif seluruh perlakuan menunjukkan kadar glukosa yang lebih rendah dibandingkan kontrol, analisis statistik menghasilkan $H=2,243$, $df=4$, dan $p=0,691$. Hasil tersebut menunjukkan bahwa belum ditemukan bukti adanya perbedaan yang signifikan secara statistik antara kelima kondisi pemeriksaan. Dengan demikian, rerata P3 yang paling rendah tidak dapat digunakan sebagai dasar untuk menyatakan bahwa penyimpanan spesimen tanpa pemisahan pada suhu ruang secara statistik menyebabkan penurunan kadar glukosa. Perbedaan antara perubahan numerik dan perbedaan yang terbukti secara inferensial menjadi penting dalam penelitian ini karena kecenderungan biologis yang terlihat belum cukup untuk menetapkan hubungan sebab-akibat. Dalam konteks yang lebih luas, temuan ini sejalan dengan pemikiran Laming et al. (2025) bahwa variasi pra-analitik perlu ditafsirkan dengan mempertimbangkan keseluruhan kondisi pengukuran, sementara Grzych et al. (2025)



menekankan bahwa berbagai tahapan sebelum analisis dapat berkontribusi terhadap ketidakpastian hasil pemeriksaan glukosa.

Secara keseluruhan, penelitian ini memberikan pemahaman bahwa pengelolaan spesimen merupakan bagian substantif dari mutu pemeriksaan glukosa, terutama ketika pemeriksaan tidak dapat dilakukan segera setelah pengambilan darah. Kombinasi antara status pemisahan serum dan temperatur penyimpanan selama penundaan delapan jam memperlihatkan kecenderungan perubahan yang berbeda secara deskriptif, dengan perubahan paling besar terlihat pada spesimen yang tidak dipisahkan dan disimpan pada suhu ruang. Akan tetapi, nilai $p=0,691$ menunjukkan bahwa kecenderungan tersebut belum mencapai tingkat perbedaan yang signifikan secara statistik, sehingga kesimpulan harus tetap ditempatkan dalam batas desain dan ukuran sampel penelitian. Temuan ini sekaligus memperlihatkan pentingnya pengendalian fase pra-analitik sebagaimana ditekankan oleh Islam et al. (2024), Szoke et al. (2021), Seydaffkan et al. (2021), Grzych et al. (2025), Grzych et al. (2026), Dharmasena et al. (2021), Jacike et al. (2026), Onasanya dan Anong (2026), Laming et al. (2025), serta Debik et al. (2022). Penelitian selanjutnya dapat menggunakan jumlah spesimen yang lebih besar, memperjelas pendekatan statistik untuk data berulang, serta membandingkan lebih banyak interval waktu dan temperatur agar hubungan antara pemisahan spesimen, penyimpanan, dan stabilitas glukosa dapat dijelaskan secara lebih komprehensif.

KESIMPULAN

Penundaan pemeriksaan selama 8 jam pada berbagai kondisi penyimpanan belum menunjukkan bukti adanya perbedaan kadar glukosa darah puasa yang bermakna secara statistik. Meskipun demikian, keberadaan sel darah selama masa penundaan cenderung berkaitan dengan perubahan kadar glukosa yang lebih besar dibandingkan spesimen yang telah dipisahkan, terutama ketika disimpan pada suhu ruang. Temuan ini memperlihatkan bahwa kestabilan glukosa tidak hanya berkaitan dengan lamanya penundaan, tetapi juga perlu dipahami dalam konteks kondisi spesimen selama menunggu pemeriksaan. Dengan demikian, tujuan penelitian untuk menggambarkan perubahan kadar glukosa pada kondisi pemisahan spesimen dan suhu penyimpanan yang berbeda tercapai, dengan catatan bahwa kecenderungan perubahan tersebut belum dapat diposisikan sebagai perbedaan yang signifikan secara statistik.

Secara praktis, pemisahan serum dari komponen seluler dan pengendalian suhu penyimpanan tetap relevan dalam pengelolaan spesimen ketika pemeriksaan tidak dapat dilakukan segera, meskipun penelitian ini belum membuktikan keunggulan salah satu kondisi secara statistik. Temuan tersebut dapat menjadi pertimbangan bagi laboratorium dalam memperkuat pengendalian tahap *pre-analytical*, khususnya pada situasi yang melibatkan penundaan pemeriksaan. Penelitian berikutnya perlu melibatkan jumlah spesimen yang lebih besar, variasi durasi penundaan yang lebih luas, serta pengendalian suhu dan kondisi spesimen yang lebih ketat agar pola kestabilan glukosa dapat dipetakan secara lebih mendalam. Pengembangan kajian tersebut juga berpotensi menghasilkan dasar yang lebih kuat untuk menetapkan batas waktu dan kondisi penyimpanan yang aman bagi pemeriksaan glukosa dalam praktik laboratorium.

DAFTAR PUSTAKA

Adhikari, A. C., Peiris, H. H., & Attanayake, A. P. (2024). Stability of serum total cholesterol, triglycerides, and plasma glucose of healthy individuals at different storage conditions. *Ceylon Journal of Science*, 53(3). <https://cjs.sljol.info/articles/10.4038/cjs.v53i3.8294>



- Azfr Ali, R. S. (2023). *Evaluating cardiometabolic risk screening and monitoring among patients prescribed antipsychotic drugs (ECRSMA study)* [Doctoral dissertation, University of Birmingham]. <http://etheses.bham.ac.uk/id/eprint/13493>
- Azizah, F. N. (2023). Pengaruh variasi waktu penundaan pemisahan serum terhadap hasil pemeriksaan glukosa. *The Journal of Muhammadiyah Medical Laboratory Technologist*, 6(2), 184–191. <https://doi.org/10.30651/jmlt.v6i2.14594>
- Bakkebo, H., Haaland, K. L., Hoff, K. S., & Schwettmann, L. (2024). Five days serum glucose stability at room-temperature in centrifuged fast-clotting serum tubes and the comparability with glucose in heparin-plasma and plasma containing citrate-stabilizer. *Scandinavian Journal of Clinical and Laboratory Investigation*, 84(1), 62–67. <https://doi.org/10.1080/00365513.2024.2318617>
- Debik, J., Isaksen, S. H., Strømmen, M., Spraul, M., Schäfer, H., Bathen, T. F., & Giskeødegård, G. F. (2022). Effect of delayed centrifugation on the levels of NMR-measured lipoproteins and metabolites in plasma and serum samples. *Analytical Chemistry*, 94(49), 17003–17010. <https://doi.org/10.1021/acs.analchem.2c02167>
- Dharmasena, I. A., Siriwardhana, D., & Attanayake, A. P. (2021). Effect of sample volume variation and delay in analysis on plasma glucose concentration in Sri Lankan healthy adults. *Scientifica*, 2021(1), 6061206. <https://doi.org/10.1155/2021/6061206>
- Dibasey, M., Umukoro, S., & Bojang, A. (2024). Comparative and stability study of glucose concentrations measured in both sodium fluoride and serum separator tubes. *Practical Laboratory Medicine*, 39, e00360. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352551724000064>
- Grzych, G., Defauwes, I., De Tullio, P., Pekar, J. D., Brousseau, T., Lippi, G., & Cavalier, E. (2025). Blood glucose measurement inside and outside the laboratory: Both preanalytical and analytical challenges. *Critical Reviews in Clinical Laboratory Sciences*, 62(8), 613–630. <https://doi.org/10.1080/10408363.2025.2533855>
- Grzych, G., Pinsart, A., Defauwes, I., Campas, M., Grifnée, E., De Tullio, P., & Cavalier, E. (2026). Innovative closed tube protocol reveals a super critical early preanalytical phase of whole blood glucose stability in routine matrices. *Clinical Chemistry and Laboratory Medicine*, 64(4), e80–e83. <https://doi.org/10.1515/ccbm-2025-1384>
- Hedayati, M., Razavi, S. A., Boroomand, S., & Kheradmand Kia, S. (2020). The impact of pre-analytical variations on biochemical analytes stability: A systematic review. *Journal of Clinical Laboratory Analysis*, 34(12), e23551. <https://doi.org/10.1002/jcla.23551>
- Islam, M. N., Lyons, C., Griffin, T. P., Hamon, S., Dunne, F. P., & O'Shea, P. M. (2024). Maintaining glucose integrity *ex vivo*: Impact of preanalytical specimen handling. *Annals of Clinical Biochemistry*, 61(2), 133–142. <https://doi.org/10.1177/00045632231199374>
- Jacike, Z., Skripkauske, R., Sauciuniene, Z., Rajackaite, E., Kibisa, P., Lesauskaitė, V., & Sepetiene, R. (2026). Assessment of biochemical analytes stability: The role of centrifugation and storage conditions in the preanalytical phase. *Analytical Science Advances*, 7(2), e70100. <https://doi.org/10.1002/ansa.70100>
- Laming, B., Smee, S., Riddell, H., Spence, A. L., Brade, C. J., & Davey, R. J. (2025). The effect of preanalytical factors on capillary blood glucose readings from point-of-care devices. *Journal of Diabetes Science and Technology*, 19(6), 1687–1689. <https://doi.org/10.1177/19322968251361163>
- Nevraumont, A., Deltombe, M., & Bayart, J. L. (2024). How pre-analytical conditions impact glucose measurement and (gestational) diabetes diagnosis: A real-world stability study



- and a call for harmonization. *Clinica Chimica Acta*, 562, 119875. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0009898124021284>
- Nurhidayanti, N. (2024). Perbedaan kadar glukosa darah metode GOD-PAP dan POCT menggunakan sampel darah vena dan darah kapiler. *Masker Medika*, 12(1), 202–208. <https://doi.org/10.52523/maskermedika.v12i1.626>
- Onasanya, O. M., & Anong, W. A. (2026). Preanalytical variables influence the accuracy of glucose testing for diagnostic purposes. *Integrative Journal of Medical Sciences*, 12. <https://doi.org/10.15342/ijms.2026.752>
- Sacks, D. B., Arnold, M., Bakris, G. L., Bruns, D. E., Horvath, A. R., Lernmark, Å., & Kirkman, M. S. (2023). Guidelines and recommendations for laboratory analysis in the diagnosis and management of diabetes mellitus. *Clinical Chemistry*, 69(8), 808–868. <https://doi.org/10.1093/clinchem/hvad080>
- Seydaffkan, S., Minkowitz, J., Li, G., Cabanero, M., Wang, Z., Wang, H., & Pincus, M. R. (2021). Stability of glucose levels in serum and plasma. *Annals of Clinical & Laboratory Science*, 51(4), 580–583. <http://annclinlabsci.org/content/51/4/580.short>
- Sugito, S., Djohan, H., Tumpuk, S., Sidiq, A. V., & Agum, D. (2025). Pre-analytical stability of fasting blood glucose: A comparison between immediate analysis and two-hour room temperature storage. *Jurnal Laboratorium Khatulistiwa*, 9(1), 69–75. <https://doi.org/10.30602/jlk.v9i1.2138>
- Szoke, D., Borille, S., Cardellicchio, M., Spadaccini, G., Taricco, E., Vignali, M., & Panteghini, M. (2021). Impact of optimizing pre-analytical phase on the diagnosis of gestational diabetes and related outcomes. *Clinical Chemistry and Laboratory Medicine*, 59(12), 1981–1987. <https://doi.org/10.1515/ccm-2021-0706>
- Zhou, J., Fabros, A., Lam, S. J., Coro, A., Selvaratnam, R., Brinc, D., & Di Meo, A. (2024). The stability of 65 biochemistry analytes in plasma, serum, and whole blood. *Clinical Chemistry and Laboratory Medicine*, 62(8), 1557–1569. <https://doi.org/10.1515/ccm-2023-1192>