

## PENGARUH WAKTU PENUNDAAN PEMERIKSAAN DAN SUHU PENYIMPANAN SPECIMEN DARAH EDTA TERHADAP JUMLAH TROMBOSIT DAN *PLATELET DISTRIBUTION WIDTH* (PDW)

I Gusti Putu Agus Ferry Sutrisna Putra<sup>1)</sup>, Diah Prihatiningsih<sup>2)</sup>\*

<sup>1,2)</sup>STIKES Wira Medika Bali, Jalan Kecak No 9A Gatot Subroto Timur Denpasar, Bali

\*corresponding author, e-mail: [diahciprik@gmail.com](mailto:diahciprik@gmail.com)

### Abstrak

Pemeriksaan jumlah trombosit merupakan uji penyaring penting dalam membantu penegakan diagnosis. Namun, penundaan pemeriksaan darah utuh sering terjadi di berbagai fasilitas pelayanan kesehatan, sehingga dapat memengaruhi stabilitas sel darah. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh waktu penundaan dan suhu penyimpanan terhadap jumlah trombosit dan Platelet Distribution Width (PDW). Penelitian ini merupakan eksperimen laboratorium dengan rancangan posttest only control group design. Sampel darah dari 20 responden dibagi menjadi enam kelompok perlakuan berdasarkan kombinasi waktu penundaan (segera, 1 jam, 3 jam, dan 6 jam) dan suhu penyimpanan (18–27 °C dan 2–8 °C). Data dianalisis menggunakan uji general linear model. Hasil menunjukkan bahwa suhu penyimpanan berpengaruh signifikan terhadap nilai trombosit dan PDW. Selain itu, interaksi antara waktu penundaan dan suhu juga menunjukkan perbedaan yang signifikan. Penyimpanan pada suhu ruang menyebabkan penurunan jumlah trombosit dan peningkatan PDW seiring lamanya waktu penundaan, sedangkan penyimpanan pada suhu 4–8 °C menunjukkan perubahan yang minimal. Temuan ini menegaskan bahwa waktu dan suhu penyimpanan berperan penting dalam menjaga keandalan hasil pemeriksaan trombosit dan PDW.

*Kata Kunci: trombosit, platelet distribution width, penundaan pemeriksaan, suhu penyimpanan,*

### Abstract

*Platelet count examination is an important screening test that supports diagnostic accuracy. However, delays in whole blood examination frequently occur in various healthcare settings, potentially affecting the stability of blood cells. This study aimed to determine the effects of delayed processing time and storage temperature on platelet count and Platelet Distribution Width (PDW). This was a laboratory experimental study using a posttest-only control group design. Venous blood samples from 20 respondents were divided into six treatment groups based on the combination of storage time (immediate, 1 hour, 3 hours, and 6 hours) and temperature (18–27 °C and 2–8 °C). Data were analyzed using the general linear model. The results showed that storage temperature significantly affected platelet count and PDW values. Furthermore, the interaction between storage time and temperature was also significant. Storage at room temperature led to a decrease in platelet count and an increase in PDW over time, whereas storage at 4–8 °C resulted in minimal changes. These findings emphasize that both storage time and temperature play a critical role in maintaining the reliability of platelet count and PDW test results.*

*Keywords: platelet count, platelet distribution width, processing delay, storage temperature*

### PENDAHULUAN

Darah merupakan jaringan ikat khusus yang beredar di seluruh tubuh dan berperan penting dalam pengangkutan gas pernapasan, zat gizi, serta sisa metabolisme. Komponen darah terdiri atas sel-sel darah (eritrosit, leukosit, dan trombosit) serta plasma sebagai bagian cairannya. Masing-masing sel memiliki fungsi penting untuk menunjang aktivitas tubuh (Keohane et al., 2015). Pemeriksaan laboratorium terhadap darah merupakan salah satu pemeriksaan penunjang yang sangat membantu dalam menegakkan diagnosis suatu penyakit (Arif, 2006). Salah satu pemeriksaan hematologi rutin yang penting adalah pemeriksaan jumlah trombosit, yang berfungsi sebagai uji penyaring untuk membantu penegakan diagnosis, penilaian terapi,

pemantauan perjalanan penyakit, serta penentuan prognosis (Sujud et al., 2015).

Hasil pemeriksaan trombosit sangat dipengaruhi oleh kualitas proses pemeriksaan yang mencakup tiga tahap utama, yaitu pra-analitik, analitik, dan pasca-analitik. Di antara ketiganya, tahap pra-analitik merupakan faktor yang paling dominan terhadap mutu hasil, dengan kontribusi kesalahan mencapai sekitar 61% dari total kesalahan pemeriksaan (Yaqin & Dian, 2015). Salah satu kesalahan pra-analitik yang paling sering terjadi adalah penundaan pemeriksaan dan penyimpanan sampel darah dalam waktu lama, yang dapat menyebabkan perubahan morfologi sel darah (Hardisari, 2018). Dalam praktik sehari-hari, penundaan tidak selalu dapat dihindari, misalnya

akibat sampel rujukan, keterlambatan pengiriman, penanganan sampel yang kurang cepat, atau gangguan teknis seperti kerusakan alat dan reagen (Charlian et al., 2011).

Permasalahan ini juga tercermin dari kondisi di berbagai fasilitas kesehatan. Berdasarkan survei di rumah sakit, puskesmas, dan laboratorium klinik, penanganan darah utuh sering tertunda lebih dari satu jam sebelum pemeriksaan (Muslim, 2015). Penundaan tersebut umumnya disebabkan oleh tingginya jumlah spesimen, pergantian shift petugas, dan keterlambatan pengiriman dari bangsal ke laboratorium (Sujud et al., 2015). Kondisi ini berpotensi memengaruhi keandalan hasil, terutama pada pemeriksaan trombosit. Pemeriksaan trombosit menggunakan hematology analyzer juga menghasilkan parameter Platelet Distribution Width (PDW), yang mencerminkan variasi ukuran trombosit dalam darah perifer. Trombosit muda memiliki ukuran lebih besar dibandingkan trombosit tua, sehingga dalam sirkulasi darah terdapat variasi ukuran yang dapat dinilai melalui PDW (Kiswari, 2014).

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh waktu penundaan pemeriksaan dan suhu penyimpanan spesimen terhadap jumlah trombosit dan PDW. Hingga saat ini, belum banyak penelitian yang secara bersamaan menguji kedua faktor tersebut, sehingga penelitian ini memiliki nilai kebaruan (novelty) dalam memberikan gambaran komprehensif mengenai pengaruh waktu dan suhu penyimpanan terhadap parameter trombosit.

## METODE

Penelitian ini merupakan eksperimen laboratorium dengan rancangan posttest only control group design yang digunakan untuk mengetahui pengaruh waktu penundaan dan suhu penyimpanan terhadap jumlah trombosit dan Platelet Distribution Width (PDW). Rancangan ini melibatkan dua kelompok yang dipilih secara acak, yaitu kelompok kontrol dan kelompok perlakuan. Kelompok kontrol diperiksa segera setelah pengambilan, sedangkan kelompok perlakuan diberi perlakuan penundaan dan penyimpanan pada suhu yang berbeda (Sugiyono, 2011).

Sampel penelitian berupa darah vena dengan antikoagulan EDTA dari 20 pasien yang melakukan pemeriksaan darah rutin di Klinik "X" Kota Denpasar. Teknik pengambilan sampel menggunakan simple random sampling, yaitu pemilihan anggota sampel secara acak tanpa mempertimbangkan strata populasi (Sugiyono, 2011). Pengambilan darah dilakukan melalui

prosedur venipuncture dan ditampung dalam tabung EDTA tutup ungu.

Setelah pengambilan, sampel darah dibagi menjadi enam kelompok perlakuan berdasarkan kombinasi waktu penundaan dan suhu penyimpanan. Waktu penundaan terdiri atas pemeriksaan segera (kontrol), serta penundaan selama 1, 3, dan 6 jam. Suhu penyimpanan yang digunakan adalah suhu ruang (18–27 °C) dan suhu lemari pendingin (2–8 °C). Setelah waktu penundaan sesuai perlakuan tercapai, pemeriksaan jumlah trombosit dan PDW dilakukan menggunakan hematology analyzer.

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah waktu penundaan dan suhu penyimpanan, sedangkan variabel terikatnya adalah jumlah trombosit dan PDW. Data primer diperoleh dari hasil pemeriksaan laboratorium sesuai perlakuan, sedangkan data karakteristik responden (nama, umur, dan jenis kelamin) dikumpulkan melalui wawancara singkat. Analisis data diawali dengan uji Saphiro–Wilk untuk menilai normalitas distribusi data. Selanjutnya, dilakukan uji general linear model (GLM repeated measure) dengan pendekatan Greenhouse–Geisser untuk mengevaluasi pengaruh waktu penundaan, suhu penyimpanan, dan interaksi keduanya terhadap jumlah trombosit dan PDW. Tingkat signifikansi ditetapkan pada  $\alpha = 0,05$ .

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini melibatkan 20 responden dengan rentang usia 20–40 tahun, terdiri dari 9 laki-laki (45%) dan 11 perempuan (55%). Pemeriksaan dilakukan segera setelah pengambilan (kontrol), serta setelah penundaan 1, 3, dan 6 jam pada suhu ruang (18–27 °C) dan suhu lemari pendingin (2–8 °C).

Tabel 1. Rerata Jumlah Trombosit dan PDW Berdasarkan Waktu Penundaan dan Suhu Penyimpanan

| Parameter                                      | Waktu (jam) | Suhu Ruang (18–27 °C) | Suhu 2–8 °C |
|--|-------------|-----------------------|-------------|
| Jumlah trombosit ( $\times 10^3/\mu\text{L}$ ) | 0 (kontrol) | 270,7                 | 270,7       |
|  | 1           | 268,7                 | 270,6       |
|  | 3           | 251,6                 | 270,1       |
|  | 6           | 245,5                 | 269,9       |
| PDW  | 0 (kontrol) | 10,31                 | 10,31       |
|  | 1           | 11,05                 | 10,34       |
|  | 3           | 11,43                 | 10,35       |
|  | 6           | 11,95                 | 10,34       |

### **Pengaruh Waktu Penyimpanan Terhadap Nilai Trombosit pada suhu ruang**

Nilai trombosit tertinggi diperoleh pada pengukuran langsung sebesar  $270,65 \times 10^3/\mu\text{L}$ , kemudian menurun pada penundaan 1 jam ( $268,70 \times 10^3/\mu\text{L}$ ), 3 jam ( $251,55 \times 10^3/\mu\text{L}$ ), dan 6 jam ( $245,45 \times 10^3/\mu\text{L}$ ). Perbedaan nilai trombosit pada suhu ruang yang dievaluasi secara langsung, 1 jam, 3 jam, dan 6 jam dianalisis menggunakan uji Friedman, karena data tidak berdistribusi normal dan setiap sampel diukur berulang sebanyak empat kali. Hasil uji Friedman menunjukkan nilai signifikansi  $0,000 (< 0,05)$ , yang berarti terdapat perbedaan bermakna antar waktu pengukuran. Hasil pairwise comparison menunjukkan perbedaan signifikan antara pengukuran langsung dengan 3 jam dan 6 jam, sedangkan perbedaan antara pengukuran langsung dan 1 jam tidak signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa penundaan lebih dari 1 jam pada suhu ruang menyebabkan penurunan jumlah trombosit yang bermakna secara statistik.

### **Pengaruh Waktu Penyimpanan Terhadap Nilai Trombosit pada suhu 4-8°C**

Rerata nilai trombosit pada pengukuran langsung, 1 jam, dan 3 jam relatif stabil (sekitar  $270,65 \times 10^3/\mu\text{L}$ ), dengan sedikit penurunan pada 6 jam ( $270,10 \times 10^3/\mu\text{L}$ ). Hasil uji Friedman menunjukkan nilai signifikansi  $0,000 (< 0,05)$ , dengan perbedaan signifikan pada pasangan 3 jam–langsung, 3 jam–1 jam, dan 3 jam–2 jam. Namun, perubahan ini sangat kecil secara klinis. Stabilitas nilai trombosit pada suhu 4–8 °C menunjukkan bahwa suhu rendah memperlambat metabolisme dan perubahan bentuk trombosit, sehingga jumlahnya tetap stabil meskipun pemeriksaan tertunda hingga 6 jam.

### **Pengaruh Waktu Penyimpanan terhadap Nilai PDW pada Suhu Ruang.**

Rerata nilai PDW menunjukkan peningkatan seiring waktu penyimpanan: pengukuran langsung 10,31; 1 jam 11,05; 3 jam 11,43; dan 6 jam 11,95. Analisis Friedman menunjukkan  $p = 0,000 (< 0,05)$ , menandakan adanya perbedaan signifikan antar waktu. Hasil pairwise comparison menunjukkan perbedaan bermakna pada semua pasangan waktu pengukuran. Peningkatan PDW ini terjadi karena penundaan menyebabkan trombosit mengalami aktivasi dan agregasi, membentuk kelompok sel yang lebih besar dan terbaca sebagai peningkatan variasi ukuran oleh alat hematologi.

### **Pengaruh Waktu Penyimpanan Terhadap Nilai PDW pada suhu 4-8°C**

Pada suhu 4–8 °C, rerata nilai PDW tetap relatif stabil: pengukuran langsung 10,31; 1 jam 10,335; 3 jam 10,34; dan 6 jam 10,345. Hasil uji Friedman menunjukkan  $p = 0,000 (< 0,05)$ , dengan perbedaan signifikan hanya pada pasangan 2 jam–langsung ( $p = 0,041$ ). Secara klinis, perubahan ini sangat kecil sehingga dianggap stabil. Penyimpanan pada suhu rendah menghambat proses agregasi dan perubahan ukuran trombosit, sehingga variasi ukuran tetap konstan selama penyimpanan hingga 6 jam.

### **Pengaruh Suhu Penyimpanan Terhadap Nilai Trombosit**

Analisis menggunakan GLM repeated measure dengan pendekatan Greenhouse–Geisser menunjukkan suhu penyimpanan berpengaruh signifikan terhadap jumlah trombosit ( $p = 0,000$ ). Terdapat interaksi bermakna antara suhu dan waktu, yang menunjukkan bahwa penurunan jumlah trombosit lebih besar pada suhu ruang dibandingkan suhu 4–8 °C. Hasil ini konsisten dengan penelitian Marpiah (2017) yang melaporkan penurunan signifikan jumlah trombosit pada penyimpanan suhu kamar, serta Gandasoebrata (2013) yang menyatakan bahwa suhu rendah dapat mempertahankan stabilitas sel darah.

### **Pengaruh Suhu Penyimpanan Terhadap Nilai PDW**

Evaluasi pengaruh suhu penyimpanan terhadap nilai PDW menggunakan uji GLM (*general linear model*) repeated measure yang melibatkan variable suhu pada pengamatan berulang. Proses analisis diawali dengan sphericity untuk mengetahui varian selisih antar antar grup tidak berbeda. Hasil nilai signifikansi yang diperoleh sebesar 0,000, maka persyaratan sphericity tidak terpenuhi, maka pendekatan yang digunakan menggunakan Greenhouse-Geisser dengan hasil nilai signifikansi yang diperoleh pada bagian Greenhouse-Geisser sebesar 0,000, maka dapat disimpulkan bahwa terdapat pengaruh suhu terhadap nilai PDW. Begitu juga saat waktu diinteraksikan dengan suhu, menghasilkan perbedaan nilai PDW yang signifikan.

Fungsi utama trombosit adalah pembentuk sumbatan mekanis selama respon hemostatis normal terhadap luka vaskuler. Darah yang sudah tersimpan lebih dari 24 jam tidak lagi mengandung trombosit yang masih berfungsi. Nilai Normal untuk trombosit yaitu  $150.000\text{--}450.000 \text{ sel/mm}^3$  dan trombosit tidak normal yaitu  $<150.000 \text{ sel/mm}^3$  dan  $>450.000 \text{ sel/mm}^3$ . Kecilnya konsentrasi trombosit

dalam tubuh individu mengandung komponen-komponen yang penting sehingga perannya menjadi mutlak diperlukan oleh tubuh. Berkurangnya jumlah trombosit dibawah ketentuan medis ( $<150.000 \text{ sel/mm}^3$ ) akan menyebabkan kesulitan dalam pembekuan darah, karena dengan berkurangnya jumlah trombosit maka fungsi trombosit dalam tubuh akan menurun (Siswanto, 2017). Ada beberapa cara penyimpanan sampel darah antara lain: darah disimpan pada suhu kamar ( $18-25^{\circ}\text{C}$ ) dan suhu lemari pendingin ( $4-8^{\circ}\text{C}$ ). Darah yang telah diberi antikoagulan ketika disimpan pada suhu ruang dapat mengalami beragam perubahan, ini bisa terjadi lebih cepat pada suhu yang lebih tinggi dari suhu ruang tanpa memandang jenis antikoagulan yang dipakai. Sedangkan lemari es mampu menunjukkan perubahan yang signifikan secara statistik (Arif, 2015). Sampel darah ketika ditunda pada suhu kamar trombosit akan mengalami agregasi, adhesi sehingga trombosit mengalami penurunan tetapi ketika disimpan dalam suhu kulkas metabolisme trombosit akan lebih terhambat kerjanya yaitu tidak terjadi agregasi dan adhesi pada suhu  $4-8^{\circ}\text{C}$ , sehingga trombosit akan stabil (Marpiyah, 2017). Spesimen darah yang disimpan baik pada suhu kamar ( $18-25^{\circ}\text{C}$ ) atau suhu lemari pendingin ( $4-8^{\circ}\text{C}$ ) hingga 24 jam dapat memiliki hasil yang dapat dipercaya untuk pemeriksaan darah lengkap (Zini, 2014).

Penyimpanan darah pada suhu  $4^{\circ}\text{C}$  terhadap pemeriksaan hitung jumlah trombosit dilakukan untuk menghambat metabolisme trombosit agar tidak terjadi agregasi dan adhesi dan sampel darah yang sudah ditampung tidak dapat segera dilakukan pemeriksaan, sehingga disimpan dalam lemari pendingin suhu  $4-8^{\circ}\text{C}$ , setelah kegiatan selesai barulah pemeriksaan dapat dilakukan. Darah yang disimpan pada suhu  $4^{\circ}\text{C}$  berfungsi menjaga metabolisme trombosit agar tidak terjadi agregasi dan adhesi, sehingga trombosit akan stabil penyimpanan 24 jam (Gandasoebrata, 2013).

Pemeriksaan hitung jumlah trombosit sebaiknya harus segera dilakukan, jika ditunda sebaiknya harus di perhatikan batas waktu penyimpanannya. Batas waktu pemeriksaan darah untuk jumlah trombosit adalah 1 jam, darah stabil disimpan pada suhu  $4^{\circ}\text{C}$  selama 12-18 jam untuk menghambat metabolisme trombosit agar tidak terjadi agregasi dan adhesi. Darah disimpan lebih dari 1 jam pada suhu kamar dapat menyebabkan agregasi atau adhesi. Dimana agregasi yang disebabkan karena terjadinya pembengkakan pada trombosit sehingga trombosit rusak dan jumlah

trombosit menjadi berkurang (Gandasoebrata, 2013).

Penyimpanan bahan pemeriksaan perlu memperhatikan stabilitas sampel. Suhu dan lamanya waktu penyimpanan dapat berpengaruh pada hasil pemeriksaan. Batas waktu pemeriksaan darah untuk jumlah trombosit adalah 1 jam pada suhu kamar. Penundaan pemeriksaan jumlah trombosit lebih dari 1 jam menyebabkan penyimpangan hasil jumlah trombosit. Darah disimpan lebih dari 1 jam pada suhu kamar akan mudah sekali menempel antara trombosit dengan trombosit yang lain (agregasi) atau menempel pada benda asing (adhesi) (Gandasoebrata, 2013).

Pada pemeriksaan hitung trombosit biasanya stabil selama 8 jam setelah pengambilan darah, akan tetapi paling baik untuk pemeriksaan adalah kurang 2 jam (Dahlan, 2014). Pemeriksaan sampel darah yang baik harus dilakukan segera setelah pengambilan spesimen darah. Pemeriksaan harus dilakukan setelah pengambilan sampel. Setelah pengambilan spesimen darah, spesimen yang disimpan dalam beberapa jam sebelum pemeriksaan akan terjadi lisis sel, dan pertumbuhan bakteri. Hal tersebut dapat terjadi tergantung pada lama waktu penyimpanan dan suhu penyimpanan. Pemeriksaan jumlah trombosit biasanya menggunakan darah vena karena disertai pemeriksaan laboratorium.

*Platelet Distribution Width (PDW)* mengukur variasi ukuran trombosit yang beredar dalam darah perifer, trombosit muda berukuran lebih besar dan trombosit tua mempunyai ukuran yang lebih kecil. Jadi, dalam sirkulasi darah terdapat trombosit bifasik trombosit muda mempunyai ukuran yang lebih besar dan ukuran trombosit akan menurun seiring dengan makin bertambahnya usia. Sampel darah ketika ditunda pada suhu kamar trombosit akan mengalami agregasi, adhesi sehingga trombosit mengalami penurunan. Trombosit yang mengalami agregasi membentuk gabungan sel dengan volume yang lebih besar dari normal sehingga pembacaan pada alat hematologi dianggap sebagai sel muda yang berukuran besar. Menurut penelitian yang dilakukan Buttarello M dan Plebani M (2008), PDW dan MPV dapat digunakan dalam mengetahui etiologi keadaan trombositopenia, didapatkan hasil bahwa trombositopenia yang diakibatkan infeksi virus akan menyebabkan peningkatan nilai PDW dan MPV.

## KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa waktu penundaan dan suhu penyimpanan berpengaruh

signifikan terhadap jumlah trombosit dan nilai PDW pada sampel darah EDTA. Pada suhu ruang, jumlah trombosit mengalami penurunan bermakna setelah penundaan lebih dari 1 jam, disertai peningkatan nilai PDW seiring bertambahnya waktu. Sebaliknya, pada suhu 4–8 °C, jumlah trombosit dan PDW relatif stabil hingga 6 jam setelah pengambilan darah. Secara praktis, hasil ini menegaskan pentingnya melakukan pemeriksaan trombosit dan PDW sesegera mungkin setelah pengambilan sampel. Jika pemeriksaan tidak dapat dilakukan segera, penyimpanan pada suhu 2–8 °C direkomendasikan untuk menjaga stabilitas dan keakuratan hasil pemeriksaan hematologi.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada STIKES Wira Medika Bali untuk dukungan dan fasilitasnya selama penulis melakukan penelitian ini.

#### DAFTAR RUJUKAN

- Arif, M. (2015). *Pemeriksaan Laboratorium Hematologi*. Jakarta: Salemba Medika.
- Bartoszko, J., Lee, J., & Tran, P. (2024). Delayed cold-stored vs. room temperature stored platelet units: a pilot feasibility study. *Pilot and Feasibility Studies*, 10, 48. <https://doi.org/10.1186/s40814-024-01518-z>
- Buttarelo, M., & Plebani, M. (2008). Automated blood cell counts: State of the art. *American Journal of Clinical Pathology*, 130(1), 104–116. <https://doi.org/10.1309/5F7RP8WQGFKQY8R4>
- Charlian, M., Sudiana, I. K., & Fitriani, L. (2011). Pengaruh lama penyimpanan terhadap stabilitas darah EDTA. *Jurnal Teknologi Laboratorium*, 2(1), 12–18.
- Dahlan, S. (2014). *Statistik untuk Kedokteran dan Kesehatan*. Jakarta: Salemba Medika.
- Denessen, E. J. S., Van Dongen, M., Koornneef, J. M., & Leebeek, F. W. G. (2022). Determining the optimal storage time and temperature for platelet function assays and global haemostasis assays. *Platelets*, 33(1), 72–79. <https://doi.org/10.1080/09537104.2021.1934666>
- Gandasoebrata, R. (2013). *Penuntun Laboratorium Klinik* (Edisi 16). Jakarta: Dian Rakyat.
- Hardisari, D. (2018). Pengaruh penundaan terhadap hasil pemeriksaan hematologi rutin. *Jurnal Analis Kesehatan Indonesia*, 7(1), 44–49.
- Ji, S., Yao, Y., Kong, X., & Chen, Q. (2019). Platelet distribution width, platelet count, and plateletcrit in diabetic retinopathy patients. *Medicine (Baltimore)*, 98(28), e16361. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000016361>
- Kang, T., Lee, Y.-J., & Ha, C. (2025). Comparative evaluation of serum separator V-Tube and VQ-Tube: Stability of analytes and hematology. *Diagnostics*, 15(14), 1775. <https://doi.org/10.3390/diagnostics15141775>
- Karadibi, H., et al. (2024). Stability of complete blood count parameters depends on tube type, transportation, and storage duration. *Journal of Clinical Laboratory Analysis*, 38(5), e2569834. <https://doi.org/10.1002/jcla.2569834>
- Marpiah, S. (2017). Pengaruh penundaan waktu terhadap jumlah trombosit darah EDTA pada suhu ruang dan suhu dingin. *Jurnal Teknologi Laboratorium*, 6(2), 56–62.
- Mousa, S. O., Moustafa, A. N., & Aly, H. M. (2019). Prognostic value of RDW, platelet parameters, and hematological scoring system in neonatal sepsis. *Egyptian Journal of Haematology*, 44(3), 183–189. [https://doi.org/10.4103/ejh.ejh\\_12\\_19](https://doi.org/10.4103/ejh.ejh_12_19)
- Perez-Ecija, A., Buzon-Cuevas, A., Aguilera-Aguilera, R., González-DeCaro, C. A., & Mendoza, F. J. (2020). Blood storage conditions affect hematological analysis in samples from healthy donkeys and donkeys with experimentally induced endotoxemia. *Frontiers in Veterinary Science*, 7, 640. <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.00640>
- Sharma, A., et al. (2025). Effect of interrupted agitation on quality of random donor platelets. *Vox Sanguinis*, 120(1), 37–45. <https://doi.org/10.1016/j.vx.2024.01.006>
- Siswanto, H. (2017). *Hematologi Klinik*. Yogyakarta: Deepublish.
- Sun, Y., Wang, D., Zhang, H., & Liu, Y. (2025). Platelet ultrastructural changes stored at room temperature: Implications for storage strategies. *Journal of Structural Biology*, 213, 108784. <https://doi.org/10.1016/j.jsb.2024.108784>
- Trochanowska-Pauk, N., et al. (2024). Platelet storage — problems, improvements, and new directions. *Frontiers in Hematology*, 15, Article 11277025. <https://doi.org/10.3389/fhema.2024.11277025>

- Yaqin, I., & Dian, N. (2015). Kontribusi tahap pra-analitik terhadap kesalahan laboratorium. *Jurnal Analis Kesehatan Indonesia*, 4(1), 23–30.
- Zini, G. (2014). Stability of blood samples for complete blood count. *International Journal of Laboratory Hematology*, 36(1), 111–116. <https://doi.org/10.1111/ijlh.12118>