

Stabilitas Pemeriksaan Hematologi Rutin Pada Sampel Darah Yang Didiamkan Pada Suhu Ruang Menggunakan Cell-Dyn Ruby

Gilang Nugraha¹, Nur Anita Ningsih¹, Titik Sulifah¹, Sitti Fitria¹

¹) D-IV Analis Kesehatan, Fakultas Kesehatan, Universitas Nahdlatul Ulama Surabaya
Email : gilang@unusa.ac.id

ABSTRACT

Tanggal Submit:
7 Desember 2020

Tanggal Review:
22 Februari 2021

Tanggal Publish
Online: 18 Juni 2021

Complete blood count (CBC) is one of the laboratory tests most often influenced by doctors. The use of a hematology analyzer offers a wider range of probe parameters. The pre-analytic stage accounts for 70% of errors, one of which is the delay of the examination. Changes in report results were reported due to changes in blood cell morphology due to EDTA additives and room temperature. The aim of this research is the disturbance of stability of the results of examination of various CBC parameters in blood samples that are left at room temperature for 24 hours using a hematology analyzer. This experimental laboratory research was conducted at the Pramita Jemur Andayani Clinical Laboratory. Blood samples were obtained from volunteers, stored at room temperature and subjected to immediate examination (control) and after a delay of 6, 12 and 24 hours (treatment). A total of 30 respondents, consisting of 8 men and 22 women. The mean age of the respondents was 22 ± 1 year. There was no difference in the results of the examination (p -value > 0.05) in the RBC, Hct, MCV, MCHC, PLT and PDW. The results of the examination (p -value < 0.05) were found on Hgb, MCH, RDW, WBC, NEU, IG, MONO, EO, BASO, LYM, PLT and PDW. Delayed CBC examinations using the CELL-DYN Ruby hematology analyzer directly gave different results on several parameters ranging from 6 hours delay of examination.

Keywords : Stability, complete blood count, room temperature, CELL-DYN Ruby

PENDAHULUAN

Hematologi rutin adalah salah satu pemeriksaan laboratorium yang paling sering diminta dokter untuk diagnosis, pemantauan terapi, bahkan untuk menilai kesehatan secara

keseluruhan (Nugraha, 2017; Nah *et al.*, 2018). Parameter hematologi rutin digunakan untuk menyaring berbagai kondisi kesehatan seperti anemia, infeksi, kanker tertentu, alergi hingga

trombositopenia (Keohane, Smith and Walenga, 2016; Tang *et al.*, 2019).

Pemeriksaan hematologi rutin umumnya terdiri dari parameter pemeriksaan jumlah eritrosit (*red blood cells*, RBC), hemoglobin (Hgb), hematokrit (Hct), jumlah leukosit (*white blood cell*, WBC) dan jumlah trombosit (*platelets*, PLT) (Wu *et al.*, 2015). Akan tetapi pemeriksaan hematologi rutin berkembang pada era otomatisasi dan parameter pemeriksaan disesuaikan dengan penggunaan alat *hematology analyzer* di masing-masing laboratorium. Penggunaan *hematology analyzer* menawarkan lebih banyak parameter pemeriksaan, seperti hitung jenis leukosit (*differential counting*), indeks eritrosit dan indeks platelet (Keohane, Smith and Walenga, 2016; Revin *et al.*, 2017).

Pemeriksaan laboratorium, termasuk juga pemeriksaan hematologi rutin dilakukan melalui tahap pra-analitik, analitik dan pasca-analitik. Bagian pra-analitik merupakan tahapan yang sangat rawan kesalahan dan dapat menyumbang 70%. Salah satu jenis kesalahan yang sering terjadi pada tahap pra-analitik adalah penanganan sampel yang tidak tepat termasuk penundaan pemeriksaan (Plebani, 2012). Alasan penundaan dapat disebabkan karena jauhnya tempat pengambilan darah

dengan laboratorium, jumlah sampel yang banyak sehingga terjadi antre pemeriksaan, pemeriksaan tertunda akibat petugas laboratorium sibuk melakukan pelayanan atau sampel yang disimpan untuk keperluan konfirmasi pemeriksaan jika terjadi komplain (Tang *et al.*, 2019).

Penundaan sampel darah EDTA dapat mengubah hasil pemeriksaan hematologi rutin, sehingga menurunkan akurasi dan hasil tidak dapat digunakan (Zini, 2014; Jain *et al.*, 2018; Rahmanitarini, Hernaningsih and Indrasari, 2019; Tang *et al.*, 2019). Eritrosit yang didiamkan dalam beberapa jam akan mengalami penyusutan sedangkan trombosit akan mengalami perubahan dari bentuk diskoidal (pipih) menjadi sferis (bulat). Leukosit mengalami perubahan yang signifikan, beberapa neutrofil mengalami pembengkakan inti dengan perubahan kromatin, hilangnya struktur lobus, vakuolisasi dan hilangnya granula. Sedangkan monosit dan limfosit mengalami vakuloisasi serta lobulasi nukleus yang tidak teratur (Zini, 2014).

Perubahan hasil pemeriksaan dilaporkan karena adanya perubahan morfologi sel darah akibat dari penggunaan zat aditif EDTA yang mengakibatkan perbedaan pH dan pada suhu kamar metabolisme sel darah tetap

berlangsung karena sel masih dalam keadaan hidup (Zini, 2014; Rahmanitarini, Hernaningsih and Indrasari, 2019). Penggunaan suhu ruangan di laboratorium berkisar dari 20 sampai 25°C dan dikontrol agar suhu dipertahankan pada rentang tersebut (Kemenkes, 2010; Nugraha, 2015). Oleh karena itu, tujuan penelitian ini mengevaluasi stabilitas hasil pemeriksaan pada berbagai parameter hematologi rutin pada sampel darah yang didiamkan pada suhu ruang selama 24 jam menggunakan alat *hematology analyzer*.

METODE PENELITIAN

Penelitian menggunakan studi *Experimental Laboratory* dengan rancangan *one group pretest and posttest design*. Penelitian dilakukan di Laboratorium Klinik Pramita Jemur Andayani, Kota Surabaya, Jawa Timur pada bulan Juli 2020. Penelitian ini telah disetujui Komisi Etik Penelitian Kesehatan Universitas Nahdlatul Ulama Surabaya dengan nomor 112/EC/KEPK/UNUSA/2020.

Sampel penelitian merupakan relawan yang bersedia mengikuti penelitian ditandai dengan mengisi dan menyetujui *informed consent*. Kuisisioner tertutup dilakukan untuk mendapat informasi nama dan usia. Masing-

masing responden dilakukan pengambilan darah vena sebanyak 3 mL dan ditampung pada tabung BD Vacutainer® (*Becton, Dickinson and Company, United States*) tutup ungu (antikoagulan EDTA). Pengambilan darah dilakukan sesuai protokol standar flebotomi.

Darah pada tabung dengan segera dilakukan pemeriksaan menggunakan *hematology analyzer* CELL-DYN Ruby (*Abbott, United States*). Sampel darah disimpan pada suhu ruang dan dilakukan pemeriksaan setelah penundaan 6, 12 dan 24 jam. Pemeriksaan yang dilakukan segera (0 jam) merupakan kelompok kontrol sedangkan pemeriksaan 6, 12 dan 24 jam merupakan kelompok perlakuan.

Penelitian ini mengamati parameter pemeriksaan pada leukosit, eritrosit dan trombosit. Parameter eritrosit meliputi *red blood cells* (RBC), hemoglobin (Hgb), hematokrit (Hct), *mean corpuscular volume* (MCV), *mean corpuscular haemoglobin* (MCH), *mean corpuscular hemoglobin concentration* (MCHC) dan *red cell distribution width* (RDW). Parameter pemeriksaan leukosit meliputi *white blood cell* (WBC), neutrofil (NEU), *immature granulocytes* (IG), monosit (MONO), eosinofil (EO), basofil (BASO) dan limfosit (LYM). Parameter pemeriksaan trombosit

meliputi platelet (PLT), mean platelet volume (MPV), plateletcrit (PCT) dan *platelet distribution width* (PDW).

Analisis data menggunakan SPSS versi 21 (IBM, *United States*). Data deskriptif disajikan dalam rerata, standar deviasi (SD) dan persen. Uji beda dilakukan pada masing-masing parameter menggunakan uji *Repeated Measures Anova*, data yang tidak terdistribusi normal dan tidak homogen dilakukan menggunakan uji Friedman. Hasil uji beda yang menunjukkan signifikansi dilanjutkan dengan uji *Pairwise comparisons*. Derajat kemaknaan (*p-value*) yang digunakan dalam penelitian ini yaitu 5%.

HASIL PENELITIAN

Karakteristik Responden

Responden yang berpartisipasi dalam penelitian ini sebanyak 30 orang, terdiri dari 8 pria (26,7%) dan 22 perempuan (73,3%). Umur rerata responden 22 ± 1 tahun. Sebanyak 21 (70%) responden merupakan mahasiswa D-IV Analisis Kesehatan, Fakultas Kesehatan, Universitas Nahdlatul Ulama Surabaya dan 9 (30%) responden merupakan warga sekitar yang bersedia menjadi responden penelitian.

Stabilitas Parameter Eritrosit

Penundaan sampel darah EDTA selama 24 jam untuk pemeriksaan parameter eritrosit secara signifikan mempengaruhi hasil pemeriksaan Hgb, Hct dan RDW (Tabel 1). Perbedaan hasil pada parameter eritrosit terjadi setelah 6 jam penundaan pemeriksaan, yaitu pada hasil pemeriksaan RDW. Sedangkan perbedaan hasil pemeriksaan Hgb dan MCH terjadi setelah 12 jam penundaan pemeriksaan.

Tabel 1. Hasil Uji Statistik Parameter Eritrosit

Parameter	Anova/ Friedeman	Pairwise comparisons		
		6 Jam	12 Jam	24 Jam
RBC	0,183	-	-	-
Hgb	0,000	1,000	0,000	0,000
Hct	0,590	-	-	-
MCV	0,590	-	-	-
MCH	0,009	1,000	0,000	0,109
HCHC	0,452	-	-	-
RDW	0,000	0,040	0,000	0,000

Penundaan pemeriksaan hingga 24 jam pada parameter Hgb, MCH dan RDW memberikan hasil lebih tinggi jika di bandingkan dengan kontrol (Tabel 2).

Tabel 2. Hasil Pemeriksaan Parameter Eritrosit

Parameter		0 Jam	6 Jam	12 Jam	24 Jam
RBC ($10^6/\mu\text{L}$)	Rerata	5,17	5,16	5,17	5,18
	SD	0,50	0,49	0,48	0,48
Hgb (g/dL)	Rerata	13,6	13,5	13,8	13,8
	SD	1,3	1,2	1,3	1,2
Hct (%)	Rerata	42,8	42,8	42,7	43,3
	SD	3,7	4,4	4,5	4,9
MCV (fL)	Rerata	83,0	83,8	84,1	85,0
	SD	3,8	4,0	4,0	4,2
MCH (pg)	Rerata	26,3	26,3	26,8	26,9
	SD	1,9	1,8	1,8	1,8
HCHC (g/dL)	Rerata	31,6	31,3	31,8	31,4
	SD	1,1	1,0	0,9	0,9
RDW (%)	Rerata	11,8	12,0	12,1	12,4
	SD	0,9	0,9	0,9	1,0

Stabilitas Parameter Leukosit

Penundaan sampel darah EDTA selama 24 jam untuk pemeriksaan parameter leukosit secara signifikan mempengaruhi hasil pemeriksaan pada seluruh parameter pemeriksaan (Tabel 3). Penundaan pemeriksaan selama 6 jam, terdapat perbedaan hasil pemeriksaan secara bermakna pada NEU dan IG. Penundaan pemeriksaan selama 12 jam, terdapat perbedaan hasil pemeriksaan secara bermakna pada MONO. Penundaan pemeriksaan selama 24 jam, terdapat perbedaan hasil pemeriksaan secara bermakna pada WBC, EO dan LYM.

Hasil pemeriksaan BASO ditemukan adanya hasil perbedaan yang bermakna setelah penundaan pemeriksaan selama 6 jam, akan tetapi hasil pemeriksaan ditunda 12 jam menjadi tidak mengalami perbedaan bermakna. Setelah pemeriksaan ditunda selama 24 jam, perbedaan hasil kembali menjadi bermakna (Tabel 3).

Tabel 3. Hasil Uji Statistik Parameter Leukosit

Parameter	Anova/ Friedeman	Pairwise comparisons		
		6 Jam	12 Jam	24 Jam
WBC	0,000	0,571	0,434	0,000
NEU	0,000	0,008	0,000	0,000
IG	0,001	0,028	0,002	0,309
MONO	0,000	1,000	0,005	0,005
EO	0,000	1,000	0,265	0,000
BASO	0,000	0,009	0,112	0,000
LYM	0,000	1,000	1,000	0,000

Penundaan pemeriksaan hingga 24 jam pada parameter WBC, NEUT, EO dan LYM memberikan hasil lebih rendah jika di bandingkan dengan kontrol. Sedangkan parameter IG, MONO dan BASO memberikan hasil lebih tinggi jika di bandingkan dengan kontrol (Tabel 4).

Tabel 4. Hasil Pemeriksaan Parameter Leukosit

Parameter		0 Jam	6 Jam	12 Jam	24 Jam
WBC ($10^3/\mu\text{L}$)	Rerat a	8,26	8,23	8,20	7,91
	SD	1,88	1,89	1,90	1,81
NEU ($10^3/\mu\text{L}$)	Rerat a	4,97	4,90	4,72	3,69
	SD	1,39	1,41	1,31	1,06
IG ($10^3/\mu\text{L}$)	Rerat a	0,04 1	0,07 0	0,08 6	0,05 2
	SD	0,02 0	0,04 4	0,05 9	0,02 9
MONO ($10^3/\mu\text{L}$)	Rerat a	0,57 1	0,58 1	0,61 7	0,68 3
	SD	0,20 1	0,22 2	0,22 4	0,19 7
EO ($10^3/\mu\text{L}$)	Rerat a	0,18 7	0,18 8	0,17 7	0,12 8
	SD	0,13 1	0,13 2	0,11 9	0,08 2
BASO ($10^3/\mu\text{L}$)	Rerat a	0,08 3	0,06 8	0,10 2	0,37 0
	SD	0,03 0	0,02 8	0,04 7	0,20 0
LYM ($10^3/\mu\text{L}$)	Rerat a	2,35	2,32	2,30	2,74
	SD	0,67	0,66	0,52	0,71

Stabilitas Parameter Trombosit

Penundaan sampel darah EDTA selama 24 jam untuk pemeriksaan parameter trombosit secara signifikan mempengaruhi hasil pemeriksaan MPV dan PCT (Tabel 5). Kedua parameter menunjukkan perbedaan hasil pemeriksaan setelah 6 jam penundaan.

Tabel 5. Hasil Uji Statistik Parameter Trombosit

Parameter	Anova/ Friedeman	Pairwise comparisons		
		6 Jam	12 Jam	24 Jam
PLT	0,373	-	-	-
MPV	0,000	0,000	0,000	0,000
PCT	0,000	0,000	0,000	0,000
PDW	0,072	-	-	-

Penundaan pemeriksaan hingga 24 jam pada parameter MPV dan PCT memberikan hasil lebih rendah jika di bandingkan dengan kontrol.

Tabel 6. Hasil Pemeriksaan Parameter Trombosit

Parameter		0 Jam	6 Jam	12 Jam	24 Jam
PLT ($10^3/\mu\text{L}$)	Rerat a	293	294	289	291
	SD	68	65	63	65
MPV (fL)	Rerat a	6,61	6,23	6,12	6,04
	SD	0,93	0,98	1,06	1,01
PCT (%)	Rerat a	0,18 9	0,17 8	0,17 3	0,17 1
	SD	0,03 5	0,03 3	0,03 1	0,02 9
PDW (%)	Rerat a	19,4	19,4	19,5	19,8
	SD	0,9	1,1	1,3	1,2

PEMBAHASAN

Pemeriksaan hematologi rutin menggunakan alat *hematology analyzer* CELL-DYN Ruby dapat mengukur parameter eritrosit, leukosit dan trombosit dalam satu waktu. Prinsip pemeriksaan yang digunakan alat tersebut yaitu fotometrik untuk mengukur kadar Hgb, impedansi untuk mengukur jumlah sel, *light scatter* untuk membedakan jenis sel dan parameter

lain dilakukan dengan cara perhitungan (Keohane, Smith and Walenga, 2016).

Data pada penelitian ini menunjukkan bahwa parameter pemeriksaan RBC, Hct, MCV, MCHC, PLT dan PDW stabil hingga 24 jam. Penundaan pemeriksaan selama 6 jam akan memberikan hasil bias pada parameter RDW, NEU, IG, MPV dan PCT. Penundaan pemeriksaan selama 12 jam akan memberikan hasil bias pada parameter Hgb, MCH dan MONO. Sedangkan penundaan pemeriksaan selama 24 jam akan memberikan hasil bias pada parameter WBC, EO dan LYM.

Massimo Daves, dkk (2015) melakukan pengamatan stabilitas pemeriksaan hematologi rutin pada suhu kamar menggunakan alat *hematology analyzer Sysmex XN-2000*. Penundaan 6 jam menunjukkan perbedaan yang signifikan pada RBC, RDW, MCH, MCV dan MPV. Sedangkan penundaan 24 jam menunjukkan perbedaan yang signifikan pada RDW, MCHC, MCV, MPV, PLT-I (impedansi) dan PLT-F (fluoresensi). Sedangkan parameter leukosit dinyatakan stabil hingga 72 jam.

Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya oleh Massimo Daves, dkk (2015), terdapat tidak ksesuaian dengan hasil penelitian ini. Akan tetapi, pada dasarnya jika semua parameter

hematologi rutin akan digunakan sebaiknya tidak melakukan penundaan lebih dari 6 jam. Karena penundaan baik pada suhu kamar serta suhu 4°C, 33°C dan 47°C selama 6 jam tetap mampu memberikan hasil bias pada pemeriksaan hematologi rutin (Daves *et al.*, 2015; Jain *et al.*, 2018).

Perbedaan hasil pada parameter leukosit bisa disebabkan karena perbedaan pada prinsip kerja alat dalam menghitung jumlah dan jenis leukosit. Penelitian ini menggunakan alat CELL-DYN Ruby yang menerapkan teknologi *multiangle polarized scatter separation* (MAPSS). Cahaya hamburan diukur pada beberapa sudut, 0 derajat untuk volume sel, 7 derajat untuk kompleksitas, 90 derajat untuk lobularitas seluler dan depolarisasi 90 derajat untuk evaluasi granularitas (Keohane, Smith and Walenga, 2016).

Alat yang digunakan Massimo Daves menggunakan *Sysmex XN-2000* yang menerapkan teknologi *fluorescent flow cytometry*. *Forward-scattered light* sebagai indikator ukuran sel. *Side-scattered light* sebagai indikator struktur dan kompleksitas intraseluler yang sebanding dengan granularitas. *Side fluorescent light* merupakan hamburan cahaya yang didapat dari pewarnaan fluoresen konsentrasi asam nukleat (DNA dan RNA) yang merupakan

indikator kematangan sel (Arneth and Menschikowki, 2015).

Selama penundaan darah EDTA, neutrofil mengalami pembengkakan inti dengan perubahan kromatin, lobularitasnya menghilang, hilangnya granula dan terjadi vakuolisasi. Sedangkan pada sel mononuklear mengalami vakuolisasi serta lobulasi nukleus yang tidak teratur (Zini, 2014). Teknologi MAPSS sepertinya tidak mengenali leukosit-leukosit tersebut dan menerjemahkannya sebagai sel lain. Kondisi ini terbukti adanya parameter leukosit yang turun dan parameter leukosit lainnya meningkat.

Perubahan morfologi juga teramati pada eritrosit. Sel yang ditunda pada suhu ruangan mengalami perubahan menjadi sel krenasi dan sferosit. Studi yang dilakukan Rahmatarini, dkk (2019) melaporkan bahwa perubahan bentuk eritrosit normal menjadi sel krenasi ditemukan pada jam ke-8 penundaan, sedangkan sferosit ditemukan pada jam ke-16 penundaan (Rahmatarini, Hernaningsih and Indrasari, 2019). Perubahan ini yang mungkin mempengaruhi hasil pemeriksaan pada parameter eritrosit.

Penelitian ini memiliki keterbatasan terutama pada parameter leukosit, karena tidak membuat apusan

darah dan melakukan pengamatan morfologi sel. Sehingga perbedaan hasil akibat penundaan tidak dapat dibuktikan secara pasti apakah ada perubahan morfologi yang menyebabkan salah interpretasi pada *hematology analyzer*.

KESIMPULAN

Penundaan pemeriksaan hematologi rutin menggunakan alat *hematology analyzer* CELL-DYN Ruby secara bermakna memberikan hasil pemeriksaan yang berbeda pada beberapa parameter mulai dari 6 jam penundaan pemeriksaan. Hasil pemeriksaan yang berbeda secara bermakna meliputi Hgb, Hct, MCH, RDW, WBC, NEU, IG, MONO, EO, BASO, LYM, PLT dan PDW.

Hindari penundaan pemeriksaan dan jika perlu adanya sistem manajemen untuk meminimalisir penundaan pemeriksaan. Pemilihan alat *hematology analyzer* dapat menjadi pertimbangan jika sering terjadi penundaan pemeriksaan.

DAFTAR PUSTAKA

Arneth, B. M. and Menschikowki, M. (2015) 'Technology and New Fluorescence Flow Cytometry Parameters in Hematological Analyzers', *Journal of Clinical Laboratory Analysis*. John Wiley and Sons Inc., 29(3), pp. 175–183. doi: 10.1002/jcla.21747.

Daves, M. *et al.* (2015) 'Sample stability for complete blood cell count using the Sysmex XN haematological analyser', *Blood Transfusion*. SIMTI Servizi Sri, 13(4), pp. 576–582. doi: 10.2450/2015.0007-15.

Jain, A. *et al.* (2018) 'Storage stability of commonly used haematological parameters at 33 °c', *Biochemia Medica*. Biochemia Medica, Editorial Office, 28(2 Special Issue). doi: 10.11613/BM.2018.020901.

Kemenkes (2010) *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 411 Tahun 2010 Tentang Laboratorium Klinik*. Jakarta. Available at: [http://dinkes.babelprov.go.id/sites/default/files/dokumen/produk_hukum/PMK No. 411 ttg Laboratorium Klinik.pdf](http://dinkes.babelprov.go.id/sites/default/files/dokumen/produk_hukum/PMK_No_411_ttg_Laboratorium_Klinik.pdf).

Keohane, E. M., Smith, L. J. and Walenga, J. M. (2016) *Rodaks's Hematology: Clinical Principles and Application*. 5th edn. Missouri: Elsevier.

Nah, E. H. *et al.* (2018) 'Complete blood count reference intervals and patterns of changes across pediatric, adult, and geriatric ages in Korea', *Annals of Laboratory Medicine*. Seoul National University, Institute for Cognitive Science, 38(6), pp. 503–511. doi: 10.3343/alm.2018.38.6.503.

Nugraha, G. (2015) 'Teknik Dasar Laboratorium', in *Panduan Pemeriksaan Laboratorium Hematologi Dasar*. Jakarta: Trans Info Media, pp. 37–76.

Nugraha, G. (2017) *Panduan Pemeriksaan Laboratorium Hematologi Dasar*. Ke-2. Jakarta: Trans Info Media.

- Plebani, M. (2012) 'Quality indicators to detect pre-analytical errors in laboratory testing.', *The Clinical biochemist. Reviews.* The Australian Association of Clinical Biochemists, 33(3), pp. 85–8. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22930602> (Accessed: 3 December 2020).
- Rahmanitarini, A., Hernaningsih, Y. and Indrasari, Y. N. (2019) 'The stability of sample storage for complete blood count (CBC) toward the blood cell morphology', *Bali Medical Journal*, 8(2), p. 482. doi: 10.15562/bmj.v8i2.1369.
- Revin, V. V. *et al.* (2017) 'Study of Erythrocyte Indices, Erythrocyte Morphometric Indicators, and Oxygen-Binding Properties of Hemoglobin Hematoporphyrin Patients with Cardiovascular Diseases', *Advances in Hematology*. Hindawi, 2017. doi: 10.1155/2017/8964587.
- Tang, O. *et al.* (2019) 'Short-Term Stability of Hematologic Parameters in Frozen Whole Blood', *The journal of applied laboratory medicine*. NLM (Medline), 4(3), pp. 410–414. doi: 10.1373/jalm.2018.028357.
- Wu, X. *et al.* (2015) 'Complete Blood Count Reference Intervals for Healthy Han Chinese Adults', *PLOS ONE*. Public Library of Science (PLoS), 10(3), p. e0119669. doi: 10.1371/journal.pone.0119669.
- Zini, G. (2014) 'Stability of complete blood count parameters with storage: Toward defined specifications for different diagnostic applications', *International Journal of Laboratory Hematology*. Blackwell Publishing Ltd, pp. 111–113. doi: 10.1111/ijlh.12181.