

PENGARUH JENIS ANTIKOAGULAN DAN WAKTU SIMPAN DARAH TERHADAP NILAI INDEKS ERITROSIT

Suci Ramadani

D4 Teknologi Laboratorium Medis, Politeknik Kementerian Kesehatan Bandung;
suciramadani0015@gmail.com

Eem Hayati, S.Pd., M. Kes

Teknologi Laboratorium Medis, Politeknik Kementerian Kesehatan Bandung;
eem.hayati@yahoo.com

Adang Durachim, S. Pd, M. Kes

Teknologi Laboratorium Medis, Politeknik Kementerian Kesehatan Bandung ;
adangdurachim65@gmail.com

Ganjar Noviar, S. ST., M. Biomed

Teknologi Laboratorium Medis, Politeknik Kementerian Kesehatan Bandung ;
ganjar.noviar@gmail.com

ABSTRACT

Erythrocyte indices, including mean corpuscular volume (MCV), mean corpuscular hemoglobin (MCH), and mean corpuscular hemoglobin concentration (MCHC), are essential parameters in clinical hematology for anemia classification. This study aimed to evaluate the effects of anticoagulant type (K₂EDTA and K₃EDTA) and blood storage time (0, 3, and 6 hours at room temperature, 20–25 °C) on erythrocyte index values. A quasi-experimental study with a completely randomized design was conducted using normal venous blood samples. Erythrocyte indices were measured using a Medonic M-32 hematology analyzer. Statistical analysis was performed using the Wilcoxon signed-rank test. The results showed a significant difference in MCV between K₂EDTA and K₃EDTA, no significant difference in MCH, and a significant difference in MCHC. Overall, the type of anticoagulant significantly affected MCV and MCHC values but not MCH. In addition, prolonged storage time up to 6 hours reduced the stability of erythrocyte indices, particularly MCV and MCHC, which may be associated with time-dependent cellular changes during storage. In conclusion, both anticoagulant type and blood storage duration influence erythrocyte index measurements.

Keywords: Anticoagulant; K₂EDTA; K₃EDTA; Erythrocyte Indices

ABSTRAK

Indeks eritrosit, yang meliputi mean corpuscular volume (MCV), mean corpuscular hemoglobin (MCH), dan mean corpuscular hemoglobin concentration (MCHC), merupakan parameter penting dalam pemeriksaan hematologi klinik untuk klasifikasi jenis anemia. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh jenis antikoagulan (K₂EDTA dan K₃EDTA) serta waktu simpan darah (0, 3, dan 6 jam pada suhu ruang 20–25 °C) terhadap nilai indeks eritrosit. Penelitian ini menggunakan desain kuasi-eksperimental dengan rancangan acak lengkap pada sampel darah vena normal. Pemeriksaan indeks eritrosit dilakukan menggunakan *Hematology Analyzer* Medonic M-32. Analisis statistik dilakukan menggunakan uji Wilcoxon signed-rank. Hasil penelitian menunjukkan adanya perbedaan signifikan nilai MCV antara penggunaan K₂EDTA dan K₃EDTA, tidak terdapat perbedaan signifikan pada nilai MCH, serta terdapat perbedaan signifikan pada nilai MCHC. Secara keseluruhan, jenis antikoagulan berpengaruh signifikan terhadap nilai MCV dan MCHC, namun tidak terhadap MCH. Selain itu, penyimpanan darah hingga 6 jam cenderung menurunkan stabilitas indeks eritrosit, khususnya MCV dan MCHC, yang kemungkinan berkaitan dengan perubahan seluler selama penyimpanan. Disimpulkan bahwa jenis antikoagulan dan lama penyimpanan darah memengaruhi hasil pemeriksaan indeks eritrosit.

Kata kunci: Antikoagulan; K₂EDTA; K₃EDTA; Indeks eritrosit

PENDAHULUAN

Pemeriksaan laboratorium merupakan komponen penting dalam menunjang diagnosis medis karena menyediakan informasi objektif untuk mendukung pengambilan keputusan klinis. Salah satu pemeriksaan yang paling sering dilakukan adalah pemeriksaan hematologi rutin atau *Complete Blood Count* (CBC). Pemeriksaan

CBC digunakan sebagai metode skrining awal untuk mendeteksi berbagai kondisi klinis, seperti anemia, infeksi, kelainan hematologis, dan gangguan trombosit, melalui parameter hemoglobin, hematokrit, serta jumlah eritrosit, leukosit, dan trombosit⁽¹⁾. Salah satu parameter penting dalam pemeriksaan hematologi adalah indeks eritrosit. Indeks eritrosit berperan dalam membantu klasifikasi anemia berdasarkan ukuran dan kandungan hemoglobin eritrosit, yaitu anemia mikrositik, normositik, dan makrositik. Parameter utama yang digunakan meliputi *Mean Corpuscular Volume* (MCV), *Mean Corpuscular Hemoglobin* (MCH), dan *Mean Corpuscular Hemoglobin Concentration* (MCHC)⁽²⁾. Keakuratan hasil pemeriksaan indeks eritrosit sangat bergantung pada kualitas sampel darah dan prosedur pra-analitik yang tepat.

Pemilihan antikoagulan merupakan salah satu faktor pra-analitik yang berpengaruh terhadap stabilitas sel darah. Antikoagulan *Ethylenediaminetetraacetic Acid* (EDTA) merupakan antikoagulan yang direkomendasikan untuk pemeriksaan hematologi. WHO dan *Clinical and Laboratory Standards Institute* (CLSI) menganjurkan penggunaan K₂EDTA karena berbentuk kering dan tidak menyebabkan pengenceran sampel darah⁽³⁾. Sebaliknya, K₃EDTA berbentuk cair dan berpotensi mengencerkan darah sekitar 1–2%, sehingga dapat memengaruhi hasil pemeriksaan hematologi, termasuk indeks eritrosit⁽⁴⁾. Ketepatan hasil pemeriksaan hematologi tidak hanya dipengaruhi oleh jenis antikoagulan, tetapi juga oleh waktu antara pengambilan sampel dan pelaksanaan pemeriksaan. Idealnya, pemeriksaan dilakukan ≤ 2 jam setelah pengambilan sampel untuk mencegah terjadinya degradasi seluler. Penyimpanan darah terlalu lama pada suhu ruang dapat menyebabkan hemolisis, pertumbuhan bakteri, dan perubahan parameter hematologi secara signifikan. Oleh karena itu, penyimpanan selama 24 jam pada suhu ruang sangat tidak dianjurkan⁽⁵⁾. Dalam praktiknya, penundaan pemeriksaan sering kali disebabkan oleh keterlambatan transportasi sampel, yang dapat menimbulkan perubahan jumlah eritrosit akibat kerusakan struktural, perubahan biokimia, dan gangguan morfologi sel⁽⁶⁾. Perubahan biokimia yang terjadi selama penyimpanan darah, khususnya dengan antikoagulan EDTA, antara lain penurunan kadar adenosin trifosfat (ATP) eritrosit. ATP berfungsi mempertahankan integritas membran sel, sehingga penurunannya membuat membran eritrosit rapuh dan rentan pecah (hemolisis). Hemolisis ini melepaskan komponen intraseluler seperti kalium dan hemoglobin ke dalam plasma, yang pada gilirannya dapat memengaruhi keakuratan hasil pemeriksaan⁽⁷⁾.

Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan hasil yang bervariasi mengenai pengaruh waktu simpan darah terhadap parameter hematologi. Juliansyah dkk. melaporkan adanya peningkatan signifikan nilai hematokrit setelah penyimpanan darah selama 3 jam pada suhu ruang⁽⁸⁾. Sebaliknya, Syuhada dkk. menemukan bahwa kadar hemoglobin pada darah pasien talasemia dengan antikoagulan K₂EDTA relatif stabil hingga 4 jam pasca pengambilan⁽⁹⁾. Sementara itu, Muslim melaporkan adanya pengaruh bermakna penundaan waktu 1–3 jam terhadap kadar hemoglobin pada darah dengan antikoagulan K₂EDTA dan Na₂EDTA⁽¹⁰⁾. Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh jenis antikoagulan (K₂EDTA dan K₃EDTA) serta waktu simpan darah (0, 3, dan 6 jam) pada suhu ruang (20–25 °C) terhadap nilai indeks eritrosit (MCV, MCH, dan MCHC). Hipotesis penelitian ini adalah bahwa jenis antikoagulan dan waktu simpan darah berpengaruh terhadap nilai indeks eritrosit.

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian kuasi-eksperimental dengan desain *Rancangan Acak Lengkap* (RAL). Perlakuan diberikan pada sampel darah vena menggunakan dua jenis antikoagulan, yaitu K₂EDTA dan K₃EDTA, yang disimpan pada suhu ruang (20–25 °C) selama 0 jam, 3 jam, dan 6 jam. Parameter yang diperiksa meliputi indeks eritrosit, yaitu *Mean Corpuscular Volume* (MCV), *Mean Corpuscular Hemoglobin* (MCH), dan *Mean Corpuscular Hemoglobin Concentration* (MCHC).

Subjek penelitian adalah mahasiswa Program Studi Teknologi Laboratorium Medis yang berada dalam kondisi sehat. Kriteria inklusi meliputi darah vena normal, tidak mengalami hemolisis, dan tidak terjadi pembekuan. Kriteria eksklusi adalah subjek yang tidak memberikan persetujuan tertulis (*informed consent*) serta sampel darah yang mengalami hemolisis atau pembekuan selama proses penelitian.

Jumlah sampel ditentukan menggunakan rumus Gomez dengan jumlah minimal lima subjek. Setiap sampel darah diperiksa pada dua jenis antikoagulan dan tiga waktu simpan, sehingga diperoleh total 30 unit pengukuran (5 sampel \times 2 antikoagulan \times 3 waktu simpan). Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Hematologi Jurusan Teknologi Laboratorium Medis Poltekkes Kemenkes Bandung pada bulan Maret–April 2025.

Pengambilan darah vena dilakukan secara aseptik, kemudian darah dibagi masing-masing 3 mL ke dalam tabung K₂EDTA dan K₃EDTA, dihomogenisasi secara perlahan, dan disimpan sesuai waktu perlakuan. Pemeriksaan indeks eritrosit dilakukan menggunakan *Hematology Analyzer* Medonic M-32 berdasarkan prinsip impedansi listrik (*Coulter Principle*).

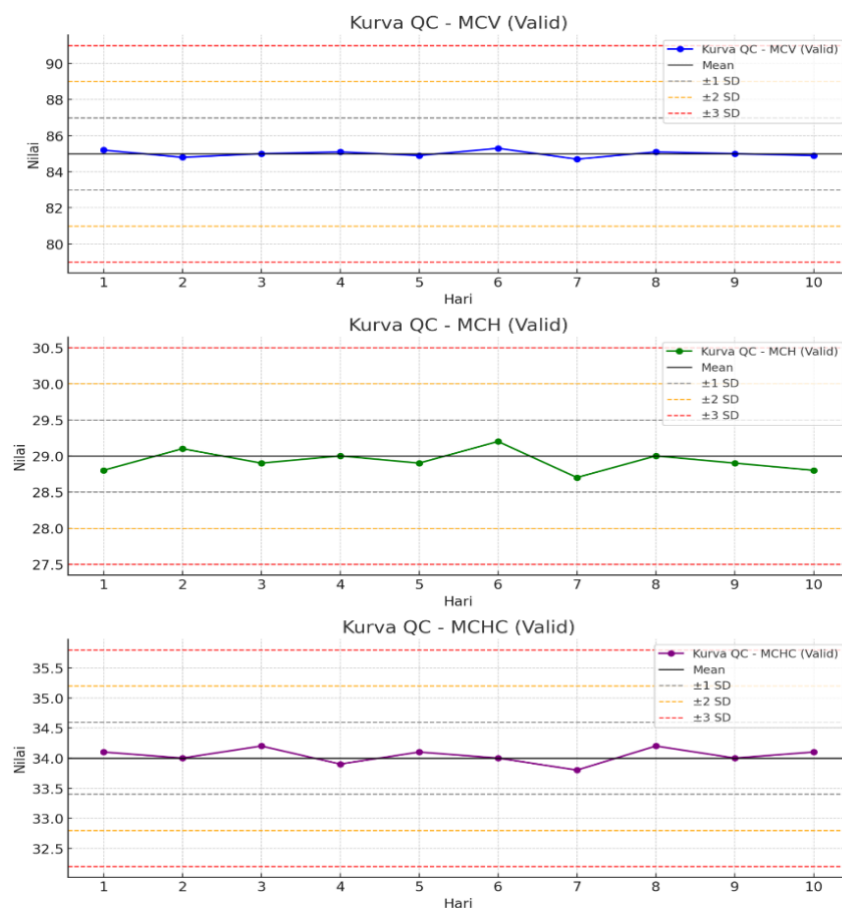
Data yang diperoleh dianalisis secara deskriptif dan diuji normalitas menggunakan uji Shapiro–Wilk. Karena sebagian besar data tidak berdistribusi normal, analisis inferensial dilakukan menggunakan uji Friedman untuk mengetahui pengaruh waktu simpan, dan dilanjutkan dengan uji Wilcoxon *signed-rank* untuk analisis perbandingan berpasangan. Seluruh analisis statistik dilakukan menggunakan perangkat lunak SPSS versi 25 dengan tingkat kemaknaan $p < 0,05$.

HASIL

Analisis kontrol kualitas pada Hematology Analyzer Medonic M-32 memastikan bahwa hasil pemeriksaan indeks eritrosit (MCV, MCH, MCHC) berada dalam batas kendali analitik sesuai aturan Westgard. Nilai QC untuk MCV tercatat 84,6 fL terhadap target $85,0 \pm 1,5$ fL dan berada pada rentang $\pm 1SD$ (83,5–86,5 fL). Nilai QC MCH sebesar 28,9 pg masih berada dalam batas $\pm 2SD$ dari target $30,0 \pm 1,0$ pg (28–32 pg) meski mendekati batas bawah. Nilai QC MCHC sebesar 34,2 g/dL berada di dalam rentang $\pm 1SD$ dari target $34,0 \pm 0,8$ g/dL (33,2–34,8 g/dL). Tidak terdeteksi pelanggaran aturan 1-2s, 2-2s, 1-3s, maupun R-4s, sehingga instrumen dinyatakan in control dan layak digunakan untuk pengukuran sampel penelitian secara akurat dan presisi (Tabel 1).

Tabel 1. Ringkasan kontrol kualitas indeks eritrosit pada Medonic M-32 (aturan Westgard)

Parameter	Nilai Target	SD	-2SD	-1SD	Nilai QC	+1SD	+2SD	Status QC
MCV (fL)	85	1.5	82.0	83.5	84.6	86.5	88.0	Dalam kontrol
MCH (pg)	30	1.0	28.0	29.0	28.9	31.0	32.0	Dalam kontrol
MCHC (g/dL)	34	0.8	32.4	33.2	34.2	34.8	35.6	Dalam kontrol



Gambar 1. Plot Levey–Jennings hasil quality control MCV, MCH, dan MCHC pada Medonic M-32 yang menunjukkan seluruh titik QC berada dalam batas kendali Westgard (garis target, $\pm 1SD$, dan $\pm 2SD$).

Hasil pemeriksaan kontrol kualitas menunjukkan bahwa seluruh parameter indeks eritrosit (MCV, MCH, dan MCHC) berada dalam batas kendali statistik yang dapat diterima berdasarkan kriteria Westgard. Tidak ditemukan pelanggaran aturan kendali mutu, sehingga instrumen dinyatakan berada dalam kondisi *in control*. Plot Levey–Jennings (Gambar 1) menunjukkan seluruh nilai kontrol berada dalam rentang kendali yang ditetapkan tanpa adanya pola *shift* atau *drift*.

Pemeriksaan indeks eritrosit pada lima subjek menggunakan antikoagulan K₂EDTA dan K₃EDTA pada waktu simpan 0, 3, dan 6 jam menunjukkan adanya perubahan nilai parameter seiring bertambahnya waktu penyimpanan. Secara deskriptif, nilai MCV cenderung meningkat dari waktu 0 jam hingga 6 jam pada kedua jenis antikoagulan, dengan nilai MCV pada K₂EDTA konsisten lebih tinggi dibandingkan K₃EDTA di setiap waktu pengamatan. Nilai MCH menunjukkan penurunan ringan selama penyimpanan pada kedua antikoagulan, tanpa perbedaan mencolok antarantikoagulan. Sementara itu, nilai MCHC cenderung menurun seiring waktu penyimpanan, namun secara konsisten lebih tinggi pada penggunaan K₃EDTA dibandingkan K₂EDTA. Rerata nilai indeks eritrosit pada setiap kombinasi jenis antikoagulan dan waktu simpan disajikan pada Tabel 1 dan digunakan sebagai dasar untuk analisis statistik selanjutnya dalam menilai pengaruh jenis antikoagulan dan lama penyimpanan darah terhadap stabilitas indeks eritrosit.

Tabel 2. Rata-rata indeks eritrosit menurut antikoagulan dan waktu simpan

Sampel	Nilai indeks eritrosit																	
	K ₂ EDTA (X)									K ₃ EDTA (Y)								
	0 Jam			3 Jam			6 Jam			0 Jam			3 Jam			6 Jam		
	MCV	MCH	MCHC	MCV	MCH	MCHC	MCV	MCH	MCHC	MCV	MCH	MCHC	MCV	MCH	MCHC	MCV	MCH	MCHC
1.	93.0	30.72	33.0	93.5	30.6	32.7	94.5	30.4	32.2	92.8	30.9	33.3	93.4	30.5	32.7	93.9	30.4	32.3
2.	80.2	26.1	32.5	80.6	25.3	31.4	80.9	25.3	31.2	79.1	25.4	32.0	79.8	25.3	31.6	80.4	25.2	31.5
3.	90.2	29.6	32.8	91.3	29.5	32.1	92.0	29.1	31.9	89.6	29.8	33.0	90.8	29.7	32.7	91.2	29.5	32.6
4.	88.0	28.4	32.1	89.6	28.3	31.7	89.7	28.2	31.5	87.7	28.8	32.8	88.8	28.6	32.1	89.0	28.5	32.0
5.	89.0	29.9	33.4	89.5	29.7	33.2	90.5	29.4	32.8	88.1	29.6	33.6	89.5	29.4	32.8	89.6	29.3	32.7
Rata-rata	88.08	28.94	32.76	88.9	28.68	32.22	89.52	28.48	31.92	87.46	28.9	32.94	88.46	28.7	32.38	88.82	28.58	32.22

Tabel 3. Hasil Uji Deskripsi Jenis Antikoagulan

Indeks Eritrosit	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Mean Corpuscular Volume (MCV)	30	79.10	94.50	88.5400	4.62322
Mean Corpuscular Hemoglobin (MCH)	30	25.20	30.90	28.7140	1.81692
Mean Corpuscular Hemoglobin Concentration (MCHC)	30	31.20	33.60	32.4067	.63622

Secara deskriptif ($n = 30$), nilai rerata MCV adalah $88,54 \pm 4,62$ fL (rentang 79,10–94,50), MCH $28,71 \pm 1,82$ pg (25,20–30,90), dan MCHC $32,41 \pm 0,64$ g/dL (31,20–33,60). Parameter MCV menunjukkan simpangan baku yang lebih besar dibandingkan MCH dan MCHC, sedangkan nilai MCHC memiliki variasi yang relatif sempit. Ringkasan statistik deskriptif ini digunakan sebagai dasar untuk analisis perbandingan lebih lanjut berdasarkan jenis antikoagulan dan waktu simpan darah.

Tabel 4. Hasil Uji Deskripsi Waktu Simpan

Parameter	Waktu Simpan	Rata-rata	Standar Deviasi	Minimum	Maksimum
MCV	0 Jam	87.87	4.68	79.1	93.0
MCH	0 Jam	28.91	1.83	25.4	30.9
MCHC	0 Jam	32.85	0.53	32.0	33.6
MCV	3 Jam	88.36	4.75	79.8	93.5
MCH	3 Jam	28.70	1.93	25.3	30.6
MCHC	3 Jam	32.24	0.59	31.4	33.2
MCV	6 Jam	89.17	4.84	80.4	94.5
MCH	6 Jam	28.53	1.86	25.2	30.4
MCHC	6 Jam	32.07	0.55	31.2	32.8

Secara deskriptif, nilai rerata MCV meningkat dari $87,87 \pm 4,68$ fL pada 0 jam menjadi $88,36 \pm 4,75$ fL pada 3 jam dan $89,17 \pm 4,84$ fL pada 6 jam penyimpanan. Nilai MCH menunjukkan perubahan minimal selama waktu simpan, yaitu $28,91 \pm 1,83$ pg (0 jam), $28,70 \pm 1,93$ pg (3 jam), dan $28,53 \pm 1,86$ pg (6 jam). Sementara itu, nilai MCHC menurun dari $32,85 \pm 0,53$ g/dL pada 0 jam menjadi $32,24 \pm 0,59$ g/dL pada 3 jam dan $32,07 \pm 0,55$ g/dL pada 6 jam.

Tabel 5. Hasil Uji Normalitas Jenis Antikoagulan

UJI NORMALITAS					
Kelompok Data Indeks Eritrosit Dan Antikoagulan		Dif	Sig	Hasil Nilai Sig	kesimpulan
K ₂ EDTA	MCV	15	.001	P<0,05	Distribusi tidak normal
	MCH	15	.002	P<0,05	Distribusi tidak normal
	MCHC	15	.782	P>0,05	Distribusi normal
K ₃ EDTA	MCV	15	.001	P<0,05	Distribusi tidak normal
	MCH	15	.000	P<0,05	Distribusi tidak normal
	MCHC	15	.769	P>0,05	Distribusi normal

Berdasarkan uji normalitas dengan metode Shapiro-Wilk, diketahui bahwa distribusi data MCV dan MCH pada kedua jenis antikoagulan (K₂EDTA dan K₃EDTA) tidak normal ($p < 0,05$), sedangkan MCHC menunjukkan distribusi normal ($p > 0,05$). Karena sebagian besar data tidak memenuhi asumsi distribusi normal, maka analisis selanjutnya dilakukan menggunakan uji non-parametrik.

Tabel 6. Hasil Uji Normalitas Waktu Simpan

Parameter (Waktu)	Statistik Shapiro-Wilk	p-value	Distribusi
MCV 0 Jam	0.8308	P<0,05	Tidak Normal
MCH 0 Jam	0.8614	P>0,05	Normal
MCHC 0 Jam	0.9511	P>0,05	Normal
MCV 3 Jam	0.8596	P>0,05	Normal
MCH 3 Jam	0.8114	P<0,05	Tidak Normal
MCHC 3 Jam	0.9420	P>0,05	Normal
MCV 6 Jam	0.8325	P<0,05	Tidak Normal
MCH 6 Jam	0.8190	P<0,05	Tidak Normal
MCHC 6 Jam	0.9475	P>0,05	Normal

Hasil uji normalitas menunjukkan bahwa distribusi data beberapa parameter indeks eritrosit bervariasi tergantung waktu penyimpanan. MCV pada 0 jam dan 6 jam memiliki nilai $p < 0,05$, yang menandakan distribusi tidak normal. Hal serupa juga ditemukan pada MCH di waktu 3 jam dan 6 jam. Sebaliknya, MCHC menunjukkan distribusi normal secara konsisten di seluruh waktu penyimpanan (0, 3, dan 6 jam), dengan $p > 0,05$. Temuan ini memperkuat keputusan untuk menggunakan uji non-parametrik.

Tabel 7. Hasil Uji Friedman terhadap jenis antikoagulan K₂EDTA dan K₃EDTA dan waktu simpan darah pada Indeks Eritrosit

UJI Friedman				
Kelompok Data Indeks Eritrosit		Sig	Hasil Nilai Sig	kesimpulan
	MCV	.000	P<0,05	Terdapat pengaruh
	MCH			
	MCHC			

Berdasarkan hasil uji Friedman yang ditampilkan pada Tabel 4.4, diperoleh nilai Asymp. Sig. $< 0,05$ untuk seluruh parameter indeks eritrosit, yaitu MCV, MCH, dan MCHC. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan secara statistik pada distribusi ketiga parameter tersebut antar waktu penyimpanan (0 jam, 3 jam, dan 6 jam).

Tabel 8. Hasil Uji Friedman terhadap Waktu Simpan

Parameter	p-value	Kesimpulan
MCV	$P < 0,05$	Terdapat pengaruh
MCH	$P > 0,05$	Tidak terdapat pengaruh
MCHC	$P < 0,05$	Terdapat pengaruh

Berdasarkan hasil uji friedman, parameter MCV dan MCHC menunjukkan adanya pengaruh antar waktu penyimpanan darah ($p < 0,05$). Hal ini berarti lama waktu penyimpanan darah pada suhu ruang berpengaruh terhadap nilai MCV dan MCHC. Sebaliknya, parameter MCH menunjukkan hasil yang tidak signifikan ($p > 0,05$), sedangkan nilai MCH cenderung stabil.

Tabel 9. Hasil Uji Wilcoxon Terhadap Jenis Antikoagulan

Parameter Indeks Eritrosit	Sig. (2-tailed)	Keterangan
MCV (K ₃ EDTA - K ₂ EDTA)	0.001	Signifikan
MCH (K ₃ EDTA - K ₂ EDTA)	0.505	Tidak signifikan
MCHC (K ₃ EDTA - K ₂ EDTA)	0.044	Signifikan

Uji Wilcoxon signed-rank digunakan untuk menilai perbedaan nilai indeks eritrosit antara penggunaan antikoagulan K₂EDTA dan K₃EDTA. Hasil analisis menunjukkan bahwa terdapat perbedaan signifikan nilai MCV antara kedua antikoagulan ($p = 0,001$), dengan nilai MCV pada K₃EDTA lebih rendah dibandingkan K₂EDTA. Parameter MCHC juga menunjukkan perbedaan signifikan antara kedua antikoagulan ($p = 0,044$), sedangkan nilai MCH tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan ($p = 0,505$).

Tabel 10. Hasil Uji Wilcoxon terhadap Waktu Simpan Darah

Parameter	Perbandingan	Sig. (2-tailed)	Keterangan
MCV	0 jam vs 3 jam	$p < 0,05$	Signifikan
	0 jam vs 6 jam	$p < 0,05$	Signifikan
	3 jam vs 6 jam	$p > 0,05$	Tidak Signifikan
MCH	0 jam vs 3 jam	$p > 0,05$	Tidak Signifikan
	0 jam vs 6 jam	$p > 0,05$	Tidak Signifikan
	3 jam vs 6 jam	$p > 0,05$	Tidak Signifikan
MCHC	0 jam vs 3 jam	$p < 0,05$	Signifikan
	0 jam vs 6 jam	$p < 0,05$	Signifikan
	3 jam vs 6 jam	$p > 0,05$	Tidak Signifikan

Uji Wilcoxon menunjukkan adanya perbedaan signifikan nilai MCV dan MCHC pada perbandingan waktu penyimpanan 0 jam dengan 3 jam serta 0 jam dengan 6 jam ($p < 0,05$). Tidak ditemukan perbedaan signifikan pada perbandingan antara waktu simpan 3 jam dan 6 jam. Pada parameter MCH, tidak terdapat perbedaan signifikan pada seluruh interval waktu penyimpanan.

PEMBAHASAN

Indeks eritrosit yang meliputi *Mean Corpuscular Volume* (MCV), *Mean Corpuscular Hemoglobin* (MCH), dan *Mean Corpuscular Hemoglobin Concentration* (MCHC) merupakan parameter penting dalam pemeriksaan hematologi untuk mengevaluasi ukuran serta kandungan hemoglobin eritrosit. Parameter-parameter ini berperan utama dalam klasifikasi anemia dan sensitif terhadap variasi faktor pra-analitik, termasuk jenis antikoagulan dan lama penyimpanan darah⁽¹⁶⁾. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa jenis antikoagulan memengaruhi nilai indeks eritrosit, khususnya MCV dan MCHC. Perbedaan signifikan antara K₂EDTA dan K₃EDTA mengindikasikan bahwa karakteristik fisik dan kimia antikoagulan berperan dalam menjaga stabilitas eritrosit. K₂EDTA yang berbentuk kering tidak menambah volume cairan ke dalam sampel darah, sehingga konsentrasi sel darah relatif tetap stabil. Sebaliknya, K₃EDTA yang berbentuk cair dapat menyebabkan efek pengenceran, yang berdampak pada penurunan nilai MCV yang terukur⁽¹¹⁾.

Penurunan nilai MCV pada penggunaan K₃EDTA berkaitan dengan perubahan osmotik eritrosit. Antikoagulan cair bersifat relatif hipertonik, sehingga dapat menarik cairan keluar dari eritrosit dan menyebabkan penyusutan sel (*cell shrinkage*). Kondisi ini menyebabkan penurunan volume eritrosit yang terdeteksi oleh *hematology analyzer* otomatis. Sebagai konsekuensinya, nilai MCHC dapat meningkat secara relatif karena MCHC merupakan rasio antara kadar hemoglobin dan volume eritrosit^(11,14). Stabilitas nilai MCH yang tidak menunjukkan perbedaan signifikan antar jenis antikoagulan mengindikasikan bahwa parameter ini relatif kurang sensitif terhadap perubahan volume eritrosit. MCH merepresentasikan jumlah hemoglobin per sel, sehingga selama tidak terjadi perubahan kadar hemoglobin atau hemolisis yang signifikan, nilainya cenderung tetap stabil. Hal ini sejalan dengan konsep bahwa MCH merupakan parameter indeks eritrosit yang paling tahan terhadap variasi pra-analitik^(15,16). Hasil penelitian ini konsisten dengan temuan Sodi dkk. yang melaporkan bahwa penggunaan K₂EDTA menghasilkan nilai MCV yang lebih tinggi dibandingkan K₃EDTA⁽¹³⁾. Penelitian Mehmood dkk. juga menunjukkan adanya perbedaan bermakna pada parameter MCV dan MCHC antara kedua jenis antikoagulan tersebut⁽¹²⁾. Lima-Oliveira dkk. menjelaskan bahwa penggunaan K₃EDTA dapat menyebabkan perubahan morfologi eritrosit, seperti *crenation*, yang berdampak pada penurunan volume sel dan peningkatan nilai MCHC secara artifisial⁽¹⁴⁾.

Selain jenis antikoagulan, waktu simpan darah juga memengaruhi stabilitas indeks eritrosit. Perubahan nilai MCV dan MCHC yang terlihat setelah penyimpanan lebih dari 3 jam pada suhu ruang menunjukkan adanya perubahan biokimia dan struktural eritrosit selama penyimpanan. Salah satu mekanisme yang berperan adalah penurunan kadar adenosin trifosfat (ATP) eritrosit. ATP berfungsi mempertahankan fleksibilitas dan integritas membran sel, sehingga penurunannya menyebabkan membran eritrosit menjadi lebih rapuh dan rentan terhadap kerusakan^(7,15). Kerusakan membran eritrosit selama penyimpanan dapat menyebabkan perubahan volume sel dan meningkatkan risiko hemolisis. Kondisi ini berkontribusi terhadap perubahan nilai indeks eritrosit yang terdeteksi pada pemeriksaan dengan *hematology analyzer*. Penelitian Syuhada dkk. menunjukkan bahwa darah dengan antikoagulan K₂EDTA relatif stabil hingga 4 jam setelah pengambilan sampel, sedangkan K₃EDTA menunjukkan perubahan parameter yang lebih cepat⁽⁹⁾. Temuan Juliansyah dkk. juga mendukung hasil penelitian ini dengan melaporkan adanya perubahan signifikan parameter hematologi setelah penyimpanan darah selama 3 jam pada suhu ruang⁽¹⁸⁾.

Secara praktis, hasil penelitian ini menegaskan pentingnya pengendalian faktor pra-analitik dalam pemeriksaan hematologi. Penundaan pemeriksaan darah sering kali tidak dapat dihindari dalam pelayanan laboratorium, namun pemilihan antikoagulan yang tepat dan pembatasan waktu simpan darah menjadi langkah krusial untuk meminimalkan kesalahan pra-analitik. Berdasarkan temuan penelitian ini, penggunaan K₂EDTA serta pelaksanaan pemeriksaan indeks eritrosit dalam waktu ≤ 3 jam setelah pengambilan sampel direkomendasikan untuk menjaga keakuratan dan konsistensi hasil pemeriksaan.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa jenis antikoagulan dan waktu simpan darah pada suhu ruang (20–25 °C) berpengaruh terhadap nilai indeks eritrosit (MCV, MCH, dan MCHC). Penggunaan K₂EDTA menunjukkan stabilitas nilai indeks eritrosit yang lebih baik hingga 3 jam penyimpanan, sedangkan perubahan nilai mulai terlihat setelah penyimpanan 6 jam, terutama pada parameter MCV dan MCHC. Sebaliknya, penggunaan K₃EDTA menunjukkan perubahan nilai indeks eritrosit yang lebih nyata sejak penyimpanan 3 jam dan berlanjut hingga 6 jam, dengan stabilitas yang lebih rendah dibandingkan K₂EDTA. Secara statistik, terdapat perbedaan signifikan nilai MCV dan MCHC berdasarkan jenis antikoagulan dan waktu simpan darah, sementara nilai MCH relatif tidak terpengaruh. Oleh karena itu, pemilihan antikoagulan yang tepat serta pembatasan waktu simpan darah menjadi faktor penting untuk menjaga keakuratan hasil pemeriksaan indeks eritrosit dalam praktik laboratorium hematologi.

DAFTAR PUSTAKA

1. Rodak BF, Keohane EM, Walenga JM, Smith LJ. Hematology: Clinical Principles and Applications. 5th ed. St. Louis: Elsevier; 2016.
2. Hidayah, L., Sayekti, S., & Hani, I. M. (2020). Pemeriksaan Indeks Eritrosit Pada Ibu Hamil Dengan Anemia (Studi Di Puskesmas Cukir Jombang). Jurnal Insan Cendekia, 7(1), 11–17. <https://doi.org/10.35874/jic.v7i1>.

3. Oktavia, N. ainy. (2019). Pengaruh Waktu Penyimpanan Darah K2EDTA dan Na2EDTA Terhadap Jumlah Sel Trombosit. Poltekkes Kemenkes Yogyakarta, 151, 10–17.
4. McPherson RA, Pincus MR. Henry's Clinical Diagnosis and Management by Laboratory Methods. 23rd ed. Philadelphia: Elsevier Saunders; 2011.
5. Alan HB. Tietz Clinical Guide to Laboratory Tests. 4th ed. Philadelphia: Saunders Elsevier; 2006.
6. Muslim, A. (2015). Pengaruh Waktu Simpan Darah K2EDTA dan Na2EDTA Pada Suhu Kamar Terhadap Kadar Hemoglobin. Jurnal Analisis Kesehatan, 4.
7. Green, R., & Wachsmann-Hogiu, S. (2015). Development, History, and Future of Automated Cell Counters. Clinics in Laboratory Medicine, 35(1), 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.cll.2014.11.003>
8. Juliansyah, M. A., Irwadi, D., & Hartini, S. (2024). Perbandingan Nilai Hematokrit Spesimen Segera Dan Disimpan 3 Jam Pada Suhu Ruangan. 9(2), 112–118.
9. Syuhada, Fitriani, D., Marlina, D., & Laksmidara, M. (2023). Perbandingan Hasil Pemeriksaan Hematologi Jumlah Eritrosit Pada Sampel Darah Thalasemia Dengan Antikoagulan K2edta Segera dan Setelah Ditunda 4 Jam Post Sampling. Jurnal Ilmu Kedokteran Dan Kesehatan, 10(8), 2549–4864. <http://ejournalmalahayati.ac.id/index.php/kesehatan>.
10. Muslim, A. (2017). Pengaruh Waktu Simpan Darah K2EDTA dan Na2EDTA Pada Suhu Kamar Terhadap Kadar Hemoglobin Influence On Storetime of K 2 EDTA and Na 2 EDTA Blood In Room Temperature To Hemoglobin Concentration. Jurnal Analisis Kesehatan, 4(2), 392–396.
11. Wintrobe MM. Clinical Hematology. 12th ed. Lippincott Williams & Wilkins; 2009.
12. Mehmood, K., Muhammad, F., Javed, M. T., Irfan, M., & Khan, A. U. (2017). Effects of storage temperature and time on hematological parameters of blood samples from healthy adults. Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences, 30(6), 2115–2119.
13. Sodi, R., Darnell, A., Stott, A., & Ockelford, P. (2004). The effect of delay in the separation of whole blood on haematological parameters analysed by the Bayer Advia 120 haematology analyser. International Journal of Laboratory Hematology, 26(2), 123–127. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2257.2004.00613.x>
14. Lima-Oliveira, G., Lippi, G., Salvagno, G. L., Montagnana, M., & Guidi, G. C. (2010). Influence of the phlebotomy technique on laboratory results. Biochemia Medica, 20(3), 294–300. <https://doi.org/10.11613/BM.2010.036>
15. Stokol, T., Tarrant, J. M., Scarlett, J. M., & Patterson, M. M. (2014). Influence of sample handling, anticoagulant, and time on hematologic variables in blood samples from healthy dogs. Veterinary Clinical Pathology, 43(2), 199–207. <https://doi.org/10.1111/vcp.12141>
16. Bain BJ. Blood Cells: A Practical Guide. 5th ed. Wiley-Blackwell; 2015.
17. Syuhada, Fitriani, D., Marlina, D., & Laksmidara, M. (2023). Perbandingan Hasil Pemeriksaan Hematologi Jumlah Eritrosit Pada Sampel Darah Thalasemia Dengan Antikoagulan K2edta Segera dan Setelah Ditunda 4 Jam Post Sampling. Jurnal Ilmu Kedokteran Dan Kesehatan, 10(8), 2549–4864. <http://ejournalmalahayati.ac.id/index.php/kesehatan>
18. Juliansyah, M. A., Irwadi, D., & Hartini, S. (2024). Perbandingan Nilai Hematokrit Spesimen Segera Dan Disimpan 3 Jam Pada Suhu Ruangan. 9(2), 112–118.
19. Nadhira, M., Puspitasari, R. L., Moegni, K. F., Rosadi, I., & Roslana, I. (2018). Profil Peripheral Blood Mononuclear Cells (PBMC) Pasien dengan Berbagai Usia Menggunakan Flow Cytometry di Klinik Hayandra. JURNAL AI-AZHAR INDONESIA SERI SAINS DAN TEKNOLOGI, 4(4), 208. <https://doi.org/10.36722/sst.v4i4.312>