

PENGARUH MASA PENYIMPANAN SAMPEL WHOLE BLOOD DAN BUFFY COAT DARAH TIKUS TERHADAP KUANTITAS DAN INTEGRITAS RNA

Retno Winarti¹, Annisa Ramadhani Nurhidayat¹, Dewajani Purnomosari¹, Saihas Suhda¹, Rina Susilowati¹

¹Departemen Histologi dan Biologi Sel, Fakultas Kedokteran, Kesehatan Masyarakat dan Keperawatan, Universitas Gadjah Mada, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta, 55281, Indonesia

Info Artikel

Riwayat Artikel:

Tanggal Dikirim: 13 Oktober 2025

Tanggal Diterima: 24 Oktober 2025

Tanggal Publish: 01 Desember 2025

Abstrak

Latar belakang: Whole blood dan buffy coat merupakan dua sumber sampel yang sering digunakan dalam penelitian molekuler. Namun, kualitas RNA yang dihasilkan seringkali kurang memuaskan. Faktor yang diperkirakan dapat mempengaruhi kualitas RNA adalah jenis sampel dan kondisi penyimpanan.

Tujuan: untuk mengetahui pengaruh masa penyimpanan sampel whole blood dan buffy coat terhadap kuantitas dan integritas RNA, membandingkan kedua tipe sampel. Sampel darah dari tikus Sprague dawley umur 3 bulan diambil melalui sinus retro-orbitalis dan cardiac puncture lalu dipisahkan sebagai whole blood dan buffy coat dan disimpan pada suhu -80°C selama 1 hari, 1 minggu, 1 bulan, dan 3 bulan. RNA diisolasi menggunakan kit Quick-RNA Miniprep Plus Zymo dan diperiksa konsentrasi serta kemurniannya dengan spektrofotometer (A260/A230 dan A260/A280). Integritas RNA diperiksa dengan elektroforesis agarose dan dibaca menggunakan Gel Doc.

Metode: Data dianalisis menggunakan uji Two-way ANOVA. Analisis menunjukkan bahwa tipe sampel merupakan faktor utama yang mempengaruhi kuantitas dan integritas RNA.

Hasil: Buffy coat menghasilkan konsentrasi RNA yang lebih tinggi dibanding whole blood ($p < 0,0001$). Faktor lama penyimpanan hingga 3 bulan pada suhu -80°C tidak mempengaruhi konsentrasi RNA pada kedua jenis sampel. Integritas RNA buffy coat lebih baik dibandingkan whole blood.

Kesimpulan: Hal ini ditunjukkan oleh hasil elektroforesis pita RNA buffy coat yang lebih jelas dan konsisten. Masa penyimpanan buffy coat dan whole blood pada suhu -80°C sampai dengan 3 bulan tidak mempengaruhi kuantitas dan kemurnian RNA, namun mempengaruhi kualitas RNA.

Penulis Korespondensi:

Dewajani Purnomosari

Email: d.purnomosari@ugm.ac.id

Jurnal Analis Laboratorium Medik

e-ISSN: 2527-712X

Vol. 10 No.2 Desember, 2022 (Hal 163-171)

Homepage: <https://e-journal.sari-mutiara.ac.id/index.php/ALM>

DOI: <https://doi.org/10.51544/jalm.v10i2.6410>

How To Cite: Winarti, Retno, Annisa Ramadhani Nurhidayat, Dewajani Purnomosari, Saihas Suhda, and Rina Susilowati. 2025. "Pengaruh Masa Penyimpanan Sampel Whole Blood Dan Buffy Coat Darah Tikus Terhadap Kuantitas Dan Integritas RNA." *Jurnal Analis Laboratorium Medik* 10 (2): 163–171. <https://doi.org/https://doi.org/10.51544/jalm.v10i2.6410>.



Copyright © 2025 by the Authors. Published by Program Studi: D3 Analis Kesehatan Fakultas Pendidikan Vokasi Universitas Sari Mutiara Indonesia. This is an open access article under the CC BY-SA Licence ([Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)).

1. Pendahuluan

Berbagai jenis sampel seperti jaringan dalam blok parafin, jaringan dalam larutan preservasi, dan *whole blood* telah banyak digunakan dalam penelitian bidang molekuler. *Whole blood* dalam tabung EDTA menjadi salah satu jenis sampel yang banyak digunakan dalam isolasi RNA untuk analisis molekuler. *Whole blood* mudah untuk dikoleksi dan prosedur isolasi RNanya yang lebih singkat dibandingkan dengan jenis sampel lainnya. Penyimpanan *whole blood* juga relatif mudah, di mana sampel ini dapat disimpan dalam tabung EDTA pada suhu 4°C selama 3 hari (Song and Zhou, 2020) atau pada suhu -80°C selama 1 tahun (Bulla *et al.*, 2016) tanpa menurunkan kemurnian dan integritas RNA yang dihasilkan. Jenis dan penyimpanan sampel sangat berpengaruh terhadap kuantitas dan integritas RNA yang dihasilkan. Penanganan sampel yang kurang baik, masa penyimpanan sampel yang terlambat lama, kondisi penyimpanan sampel yang tidak optimal, serta adanya komponen inhibitor (urea, garam, fenol, heparin) yang digunakan pada saat pengambilan sampel atau proses isolasi dapat mengakibatkan RNA mengalami degradasi (Vermeulen *et al.*, 2011). RNA yang telah terdegradasi akan mempengaruhi ekspresi gen dalam tahap PCR (Carvalhais *et al.*, 2013).

Penggunaan *whole blood* menunjukkan rendahnya kuantitas RNA yang dihasilkan dari proses isolasi dibandingkan dengan *buffy coat*. *Buffy coat* merupakan lapisan sel darah putih (leukosit) yang terletak di antara lapisan sel darah merah (eritrosit) dan plasma darah setelah disentrifugasi (Yuliandari *et al.*, 2023). Berdasarkan penelitian yang dilakukan Kamangu, *et al.* (2019) *buffy coat* darah manusia dapat menghasilkan konsentrasi DNA yang lebih tinggi dibandingkan *whole blood*. Kualitas RNA dari *whole blood* juga sangat dipengaruhi oleh kondisi penyimpanan, lama penyimpanan, serta metode stabilisasi sampel yang digunakan (Jiang *et al.*, 2023). Beberapa penelitian melaporkan bahwa darah yang disimpan dalam waktu 7 hari dapat mengalami perubahan bentuk eritrosit yang signifikan (Saputro dan Lestari, 2021). Penelitian yang dilakukan oleh Wang *et al.* (2024) melaporkan bahwa penyimpanan *whole blood* tanpa penanganan yang tepat dapat menyebabkan degradasi RNA lebih cepat dibandingkan *buffy coat*.

Penggunaan *buffy coat* dinilai lebih baik dibandingkan *whole blood* untuk menghasilkan materi genetik dengan konsentrasi tinggi, namun penggunaan *buffy coat* darah tikus sebagai sampel dalam penelitian molekuler masih terbatas. Beberapa hal, yang menyebabkan keterbatasan penggunaan *buffy coat* adalah sulitnya penanganan dan preparasi sampel, serta terbatasnya volume *buffy coat* yang diperoleh dari setiap proses pemisahan darah. Penelitian Ylitalo, *et al.* (2025) melaporkan jika penyimpanan *buffy coat* sampel darah manusia pada suhu -80°C dapat mempertahankan kuantitas dan integritas RNA dalam rentang waktu 9-23 tahun. Hingga saat ini masih belum diketahui waktu penyimpanan sampel *buffy coat* darah tikus yang ideal pada suhu -80°C.

Penelitian ini bertujuan untuk (1) mengetahui pengaruh masa penyimpanan sampel *whole blood* dan *buffy coat* terhadap kuantitas serta integritas RNA dengan variasi penyimpanan selama 1 hari, 1 minggu, 1 bulan, dan 3 bulan, (2) membandingkan tipe *whole blood* dan *buffy coat* sebagai sumber sampel pada penelitian molekuler.

2. Metode

2.1 Desain Penelitian

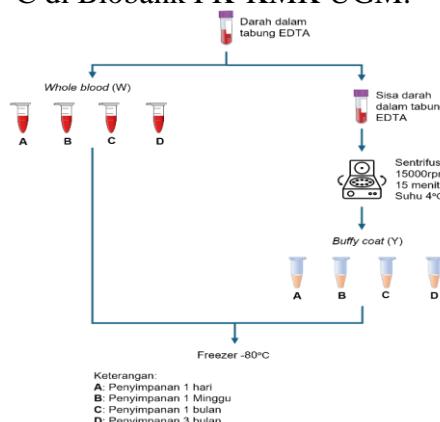
Jenis penelitian ini adalah penelitian eksperimental yang membandingkan hasil eksperimen variasi durasi penyimpanan sampel *whole blood* dan *buffy coat* pada suhu -80°C selama 1 hari, 1 minggu, 1 bulan, dan 3 bulan terhadap kuantitas dan integritas RNA.

2.2 Pengaturan dan Sampel

Penelitian dilaksanakan di Fakultas Kedokteran, Kesehatan Masyarakat dan Keperawatan, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta sejak Juni hingga September 2025. Sampel darah yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari lima ekor tikus galur *Sprague dawley* jantan umur 3 bulan dengan berat badan 300 - 450 gram yang diperoleh dari Laboratorium Penelitian dan Pengujian Terpadu UGM. Penyimpanan sampel *whole blood* dan *buffy coat* dilakukan di Biobank FK-KMK UGM. Isolasi serta pemeriksaan kuantitas dan integritas RNA dilakukan di Laboratorium Riset Terpadu FK-KMK UGM.

2.3 Intervensi

Koleksi sampel darah dilakukan di Laboratorium Histologi dan Biologi Sel FK-KMK UGM. Tikus galur *Sprague dawley* dianestesi dengan ketamin-xylazine (10:1) dosis 90 mg/KgBB yang disuntikkan melalui intraperitoneal. Sampel darah diambil melalui sinus *retro-orbitalis* menggunakan kapiler hematokrit sebanyak 2 mL dan *cardiac puncture* dengan spuit sebanyak 3 mL lalu ditampung dalam tabung EDTA dan disimpan pada kulkas 4°C sebelum disimpan bekukan. Sampel darah setiap individu tikus dibagi kedalam empat *cryotube* dengan volume masing-masing sebanyak 200 uL sebagai sampel *whole blood*. Sisa sampel darah dalam tabung EDTA lalu disentrifus hingga diperoleh *buffy coat* dan dibagi menjadi 4 *cryotube* dengan volume masing-masing adalah 150 uL sebagai sampel *buffy coat* (Gambar 1). Kedua jenis sampel diberi label perlakukan penyimpanan 1 hari, 1 minggu, 1 bulan, dan 3 bulan pada suhu -80°C di Biobank FK-KMK UGM.



Gambar 1. Alur penanganan sampel darah tikus sebelum isolasi RNA

Sumber: Dokumentasi Penulis

2.4 Pengukuran dan pengumpulan data

Proses isolasi serta pemeriksaan kuantitas dan integritas RNA dilakukan di Laboratorium Riset Terpadu FK-KMK UGM. RNA diisolasi menggunakan kit Quick-RNA Miniprep Plus Zymo (Zymo Research, California, US) sesuai dengan protokol dari kit. Kemurnian dan konsentrasi RNA hasil isolasi diperiksa menggunakan spektrofotometer (Mastrogen MaestroNano MN-917) pada panjang gelombang A260/A230 dan A260/A280. Integritas RNA diperiksa menggunakan elektroforesis dengan agarose 1% pada tegangan 100 Volt selama 30 menit, dan dibaca menggunakan Gel Doc.

2.5 Analisis data

Data konsentrasi dan kemurnian RNA dianalisis menggunakan uji statistik Two-way ANOVA dengan perangkat lunak Graph Pad. Hasil elektroforesis dianalisis secara kualitatif untuk melihat integritas RNA dengan membandingkan pita elektroforesis dari sampel *whole blood* dan *buffy coat*

dengan RNA marker. Integritas RNA sampel dilihat dari pita rRNA 18S dan 28S (Le Page *et al.*, 2013)

2.6 Pertimbangan etika

Penelitian ini telah mendapatkan surat kelaikan etik dari komisi etik Medical and Health Research Ethics Committee (MHREC) Fakultas Kedokteran, Kesehatan Masyarakat dan Keperawatan UGM Nomor KE/FK/0909/EC/2025 tanggal 05 Juni 2025.

3. Hasil

Hasil isolasi RNA *whole blood* dan *buffy coat* dari 5 ekor tikus menunjukkan rerata±SD konsentrasi RNA sampel *whole blood* penyimpanan 1 hari adalah $59.99 \pm 16.06 \text{ ng}/\mu\text{L}$, penyimpanan 1 minggu adalah $47.79 \pm 31.20 \text{ ng}/\mu\text{L}$ penyimpanan 1 bulan adalah $58.74 \pm 25.72 \text{ ng}/\mu\text{L}$, dan penyimpanan 3 bulan adalah $54.29 \pm 25.55 \text{ ng}/\mu\text{L}$ (Tabel 1). Sementara itu Rerata±SD konsentrasi RNA sampel *buffy coat* penyimpanan 1 hari adalah $117.50 \pm 64.07 \text{ ng}/\mu\text{L}$, penyimpanan 1 minggu adalah $255.69 \pm 229.87 \text{ ng}/\mu\text{L}$, penyimpanan 1 bulan adalah $125.83 \pm 82.03 \text{ ng}/\mu\text{L}$, dan penyimpanan 3 bulan adalah $239.73 \pm 36.29 \text{ ng}/\mu\text{L}$ (Tabel 1).

Tabel 1. Rerata±SD konsentrasi (ng/ μ L) RNA sampel *whole blood* dan *buffy coat*

Kelompok perlakuan	Rerata±SD	
	<i>Whole blood</i>	<i>Buffy coat</i>
Penyimpanan 1 hari	59.99 ± 16.06	117.50 ± 64.07
Penyimpanan 1 minggu	47.79 ± 31.20	255.69 ± 229.87
Penyimpanan 1 bulan	58.74 ± 25.72	125.83 ± 82.03
Penyimpanan 3 bulan	54.29 ± 25.55	239.73 ± 36.29

Sumber: Rekaman Penulis

Hasil uji Two-way ANOVA terhadap konsentrasi (ng/ μ L) RNA pada Tabel 2 menunjukkan faktor jenis sampel memberikan pengaruh yang paling besar terhadap konsentrasi RNA yang dihasilkan yaitu 60.21% dari variasi total dengan nilai $p < 0.0001$ sehingga perbedaannya signifikan. Sementara itu, faktor masa simpan (1 hari, 1 minggu, 1 bulan, dan 3 bulan) hanya menunjukkan variasi total sebesar 1.79% dengan nilai $p = 0.1379$ serta hubungan antara masa simpan dengan jenis sampel juga hanya menunjukkan variasi total sebesar 7.60% dengan nilai $p = 0.088$ sehingga kedua faktor ini tidak berpengaruh secara signifikan terhadap konsentrasi RNA. Rerata±SD nilai OD sampel *whole blood* adalah 1.95 ± 0.14 (A260/A280) dan 2.12 ± 0.21 (A260/A230), sedangkan rerata±SD nilai OD sampel *buffy coat* adalah 2.06 ± 0.13 (A260/A280) dan 1.97 ± 0.14 (A260/A230) (Tabel 3).

Tabel 2. Hasil Uji Two-way ANOVA (Konsentrasi RNA, ng/ μ L)

Sumber Variasi	% Total Variasi	P value
Interaksi (Masa simpan × jenis sampel)	7.60%	0.088
<i>Row Factor</i> (Masa simpan)	1.79%	0.1379
<i>Column Factor</i> (Jenis sampel)	60.21%	<0.0001****

Sumber: Rekaman Penulis

Keterangan:

**** $P < 0.0001$

Nilai P ≥ 0.05 dianggap tidak signifikan dan tidak diberi tanda bintang

Tabel 3. Rerata±SD nilai Optical Density (OD) A260/A230 dan A260/A280 RNA sampel *whole blood* dan *buffy coat*

Jenis sampel	Rerata±SD	
	A260/A280	A260/A230
<i>Whole blood</i>	1.95±0.14	2.12±0.21
<i>Buffy coat</i>	2.06±0.13	1.97±0.14

Sumber: Rekaman Penulis

Hasil uji Two-way ANOVA terhadap nilai OD pada Tabel 4 menunjukkan faktor jenis sampel memberikan pengaruh paling besar terhadap nilai OD yang dihasilkan yaitu 13.67% (A260/A280) dari variasi total dengan nilai $p = 0.015$ dan 15.90% (A260/A230) dari variasi total dengan nilai $p = 0.0086$. Pada A260/A280, faktor masa simpan (1 hari, 1 minggu, 1 bulan, dan 3 bulan) hanya menunjukkan variasi total sebesar 16,57% dengan nilai $p = 0.0642$ serta hubungan antara masa simpan dengan jenis sampel juga hanya menunjukkan variasi total hanya sebesar 3,58% dengan nilai $p = 0.6348$ sehingga kedua faktor ini tidak berpengaruh secara signifikan terhadap nilai OD A260/A280. Sementara itu, pada A260/A230 faktor masa simpan (1 hari, 1 minggu, 1 bulan, dan 3 bulan) hanya menunjukkan variasi total sebesar 6.58% dengan nilai $p = 0.3707$ serta hubungan antara masa simpan dengan jenis sampel juga hanya menunjukkan variasi total hanya sebesar 12,66% dengan nilai $p = 0.1222$ sehingga kedua faktor ini tidak berpengaruh secara signifikan terhadap nilai OD A260/A230.

Tabel 4. Hasil Uji Two-way ANOVA (Nilai OD pada A260/A280 dan A260/A230)

Sumber Variasi	A260/A280		A260/A230	
	% Total Variasi	P value	% Total Variasi	P value
Interaksi (Masa simpan × jenis sampel)	3.58%	0.6348	12.66%	0.1222
<i>Row Factor</i> (Masa simpan)	16.57%	0.0642	6.58%	0.3707
<i>Column Factor</i> (Jenis sampel)	13.67%	0.015*	15.90%	0.0086**

Sumber: Rekaman Penulis

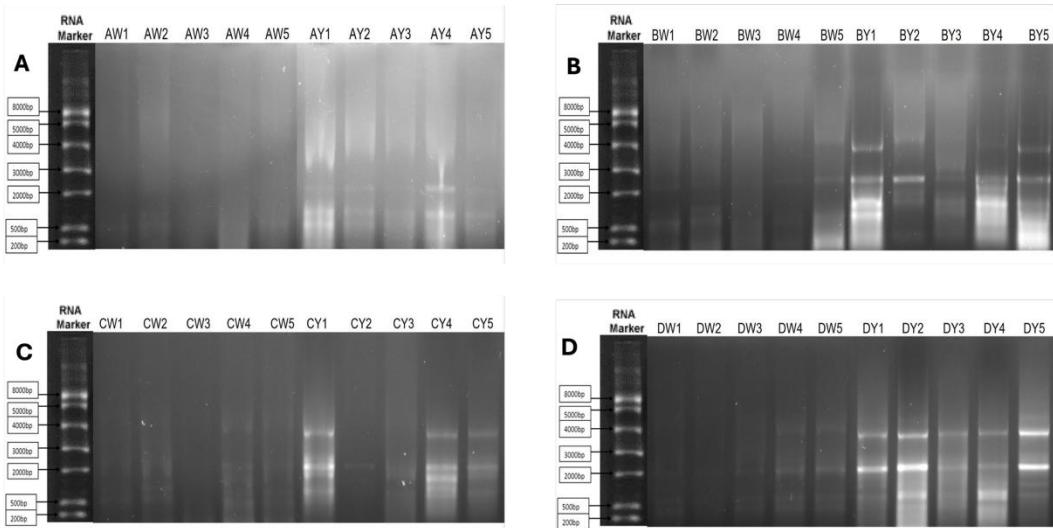
Keterangan:

* $P < 0.05$

** $P < 0.01$

Nilai $P \geq 0.05$ dianggap tidak signifikan dan tidak diberi tanda bintang

Hasil elektroforesis memperlihatkan pita RNA *buffy coat* lebih jelas dan konsisten dibandingkan dengan *whole blood* (Gambar 2). Hal ini sesuai dengan hasil kuantitatif dimana *buffy coat* menghasilkan konsentrasi RNA lebih tinggi dibandingkan *whole blood*.



Gambar 2. Hasil elektroforesis RNA sampel *whole blood* (W) dan *buffy coat* (Y) penyimpanan 1 hari (A), penyimpanan 1 minggu (B), penyimpanan 1 bulan (C), dan penyimpanan 3 bulan (D). Angka 1-5 menunjukkan nomer sampel.

Sumber: Dokumentasi Penulis

Hasil elektroforesis RNA dari sampel *buffy coat* menunjukkan dua pita rRNA utama (28S dan 18S) yang tampak jelas. Intensitas pita 28S lebih kuat daripada 18S. Hal ini menandakan bahwa RNA *buffy coat* dalam kondisi utuh dan tidak mengalami degradasi. Sementara itu, pita rRNA *whole blood* tampak lebih samar dan terdapat *smear* yang nyata. Hal ini menunjukkan bahwa RNA dari sampel *whole blood* mengalami degradasi. Hasil ini menunjukkan bahwa sampel RNA yang diperoleh dari *buffy coat* memiliki integritas yang lebih baik dibandingkan dengan RNA dari *whole blood* pada seluruh perlakuan (Gambar 2).

4. Pembahasan

Masa penyimpanan *whole blood* dan *buffy coat* darah tikus pada suhu -80°C selama 1 hari, 1 minggu, 1 bulan, dan 3 bulan tidak mempengaruhi konsentrasi RNA. Hal ini menunjukkan bahwa penyimpanan sampel pada suhu -80°C mampu mempertahankan kuantitas RNA. Hal ini sesuai dengan penelitian Duale *et al.* (2014) yang menunjukkan bahwa penyimpanan bio spesimen pada suhu -80°C hingga enam tahun tidak mempengaruhi konsentrasi RNA.

Dalam analisis molekuler, selain konsentrasi RNA, integritas RNA juga akan mempengaruhi hasil proses selanjutnya. Oleh karena itu, pemeriksaan integritas RNA harus dilakukan setiap kali mengerjakan isolasi RNA, keduanya menentukan kualitas RNA. Pemeriksaan integritas RNA dilakukan dengan elektroforesis menggunakan *gel* agarose yang ditunjukkan dengan pita 18S dan 28S (Le Page *et al.*, 2013). Hasil elektroforesis RNA sampel *whole blood* dan *buffy coat* darah tikus yang telah dilakukan pada penelitian ini menunjukkan bahwa penyimpanan 1 hari menghasilkan pita yang paling samar dibandingkan durasi penyimpanan yang lain (Gambar 2). Hal ini terjadi kemungkinan karena masih terdapat keterbatasan kemampuan personel dalam melakukan isolasi RNA. Penelitian Elashoff *et al.* (2012) juga melaporkan bahwa, personel menjadi faktor kedua setelah lot reagen yang berkontribusi paling besar terhadap variasi hasil uji ekspresi gen dalam darah. Berdasarkan penelitian ini, jenis sampel menjadi faktor yang paling berpengaruh terhadap kuantitas dan integritas RNA. *Buffy coat* memiliki konsentrasi lebih tinggi dibanding *whole blood*. Hal ini sesuai dengan penelitian Kamangu *et al.* (2019) bahwa *buffy coat* merupakan komponen darah yang telah terkonsentrasi oleh

leukosit sehingga menghasilkan konsentrasi materi genetik lebih tinggi dibanding *whole blood*. Sampel *buffy coat* juga memiliki RNA dengan integritas lebih baik dibanding *whole blood*. Hal ini ditunjukkan dengan pita elektroforesis sampel *whole blood* lebih samar dibanding *buffy coat*. Hal ini sesuai dengan penelitian Yamagata *et al.* (2021) yang menjelaskan bahwa fraksi leukosit atau *buffy coat* lebih disarankan untuk digunakan karena memiliki aktivitas RNase yang lebih rendah, sehingga RNA yang dihasilkan lebih utuh dan memiliki integritas lebih baik dibanding RNA *whole blood*.

Pemeriksaan integritas sampel *buffy coat* darah tikus 2 dan 3 pada penyimpanan 1 bulan (CY2 dan CY3) menunjukkan pita yang lebih samar dibanding penyimpanan 3 bulan. Hal ini terjadi kemungkinan karena homogenitas sampel kurang baik pada proses aliquot sebelum penyimpanan. Homogenitas yang tidak sama antar aliquot sampel *buffy coat* menyebabkan inkonsistensi pada sampel tersebut. Hal ini sesuai dengan pernyataan Yitalo *et al.* (2025) sampel yang tidak homogen sebelum proses aliquot menyebabkan komposisi sel pada setiap aliquot berbeda sehingga menyebabkan variasi kualitas RNA antar aliquot.

Tingginya nilai standar deviasi nilai konsentrasi RNA *whole blood* maupun *buffy coat* pada semua masa penyimpanan (Tabel 2) menunjukkan tingginya variasi nilai konsentrasi RNA antar kelompok perlakuan masa penyimpanan. Hal ini disebabkan oleh variasi antar individu tikus yang digunakan dalam penelitian. Penelitian Chomczynski *et al.* (2016) juga melaporkan bahwa, variasi RNA tingkat individu menyebabkan variasi yang signifikan terhadap konsentrasi RNA yang diukur.

Penelitian ini menunjukkan bahwa *buffy coat* merupakan tipe sampel yang lebih baik dibanding *whole blood* untuk penyimpanan jangka panjang. Namun, penggunaan *buffy coat* sebagai sumber sampel memiliki kelemahan karena memerlukan keahlian khusus pada teknik pemisahan *buffy coat* dari komponen darah lainnya. Penyimpanan sampel pada suhu -80°C mampu mempertahankan kualitas sampel hingga waktu yang cukup lama. Namun demikian, institusi yang memiliki fasilitas lemari pendingin dengan suhu -80°C masih sangat terbatas. Oleh karena itu, perlu dilakukan studi selanjutnya tentang penyimpanan sampel pada suhu 4°C dan -20°C dengan variasi masa penyimpanan. Homogenitas pada sampel yang dialiquot perlu diperhatikan untuk memastikan konsistensi komponen yang akan dianalisis.

5. Kesimpulan

Penyimpanan *whole blood* dan *buffy coat* darah tikus pada suhu -80°C hingga 3 bulan dapat mempertahankan kuantitas dan integritas RNA yang dihasilkan. Sampel *buffy coat* merupakan tipe sampel pilihan untuk penyimpanan jangka panjang dibandingkan *whole blood*. Hal ini karena RNA *buffy coat* memiliki kuantitas, kualitas, dan integritas RNA yang lebih baik dibandingkan *whole blood*. Berdasarkan hasil penelitian ini, *buffy coat* direkomendasikan sebagai sumber sampel RNA yang lebih baik daripada *whole blood*. Namun, perlu dilakukan penelitian suhu optimum untuk penyimpanan jangka panjang pada lemari pendingin yang umumnya dimiliki oleh fasilitas penelitian/kesehatan.

6. Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini didanai program hibah Peningkatan Kompetensi Pranata Laboratorium Pendidikan (PKPLP) Tahun 2025 Universitas Gadjah Mada. Terima kasih kepada Departemen Histologi dan Biologi Sel FK-KMK UGM yang turut memfasilitasi dan memberi dukungan pada penelitian ini.

7. Referensi

1. Bulla, A., De, W.B., Ammerlaan, W., Betsou, F., Lescuyer, P. (2016). Blood DNA Yield but Not Integrity or Methylation Is Impacted After Long-Term Storage. *Biopreservation and Biobanking*, 14(1), 29-38.
2. Carvalhais, V., Delgado-Rastrollo, M., Melo, L. D. R., Cerca, N. (2013). Controlled RNA Contamination and Degradation and Its Impact on qPCR Gene Expression in *S. epidermidis* Biofilms. *Journal of Microbiology Methods*, 95(2), 195-200.
3. Chomczynski, P., Wilfinger, W.W., Eghbalnia, H.R., Kennedy, A., Rymaszewski, M., Mackey, K. (2016). Inter-Individual Differences in RNA Levels in Human Peripheral Blood. *PLOS ONE*, 11(2). 1-15.
4. Duale, N., Lipkin, W.I., Briese, T., Aarem, J., Rooningen, K.S., Aas, K.K., Magnus, P., Harbak, K., Susser, E., B. Gunnar. (2014). Long-term Storage of Blood RNA Collected in RNA Stabilizing Tempus Tubes in a Large Biobank – Evaluation of RNA Quality and Stability. *BMC Research Notes*, 7, 633.
5. Elashoff, M.R., Nuttall, R., Beineke, P., Doctolero, M.H., Dickson, M., Johnson, A.M., Daniels, S.E., Rosenberg, S., Wingrove, J.A. (2012). Identification of Factors Contributing to Variability in a Blood-Based Gene Expression Test. *PLOS ONE*, 7(7), 1-7.
6. Jiang, S., Lu, Y., Shi, M., Li, H., Duan, J., Huang, J. (2023). Effects of Storage Temperature, Storage Time, and Hemolysis on the RNA Quality of Blood Specimens: A Systematic Quantitative Assessment. *Heliyon*, 9(6), 1-13.
7. Kamangu, E. N. (2019). Comparison of the Quality of the DNA Extracted from Different Media at the Laboratory of Molecular Biology of the Faculty of Medicine of UNIKIN. *International Journal of Molecular Biology: Open Access*, 4(1), 27-28.
8. Le Page, C., Köbel, M., de Ladurantaye, M., Rahimi, K., Madore, J., Babinszky, S., Bachvarov, D.R., Bachvarova, M., Beauchamp, M.C., Cass, C.E., Chadwick, D., Colleen, C., Damaraju, S., Dufour, J., Gotlieb, W.H., Kalloger, S.E., Portelance, L., McAlpine, J.N., Matte, I., Piché, A., Shaw, P., Roehrl, M.H., Vanderhyden, B.C., Watson, P.H., Huntsman, D.G., Provencher, D.M., Mes-Masson, A.M. (2013). Specimen Quality Evaluation in Canadian Biobanks Participating in the COEUR Repository. *Biopreserv Biobank*, 11(2), 83-93.
9. Saputro, A.A., Lestari, C.R. 2021. Pengaruh Waktu Penyimpanan Darah terhadap Kadar Hemoglobin pada Komponen Whole Blood Darah Donor. *Jurnal Analis Laboratorium Medik*, 6(2), 50-56.
10. Song, J. and Zhou, J. (2020). Effects of Preservation Duration at 4°C on the Quality of RNA in Rabbit Blood Specimens. *PeerJ*, 1-16.
11. Vermeulen, J., Preter, K. D., Lefever, S., Nuytens, J., Vloed F. D., Derveaux, A., Hellemans, J., Speleman, F., Vandesompele, J. (2011). Measurable Impact of RNA Quality on Gene Expression Results from Quantitative PCR. *Nucleic Acid Researchs*, 39(9), 1-12.
12. Wang, Z., Zhang, C., Zhang, X., Bian, Y., Cao, Y. (2024). Assessing the Impact of Long-Term Storage on the Quality and Integrity of Biological Specimens in a Reproductive Biobank. *Bioengineering & Translational Medicine*, 9(6), 1-13.
13. Yamagata, H., Kobayashi, A., Tsunedomi, R., Seki, T., Kobayashi, M., Hagiwara, K., Chen, C., Uchida, S., Okada, G., Fuchikami, M.,

- Kamishikiryo, T., Iga, J., Numata, S., Kinoshita, M., Kato, T., Hashimoto, R., Nagano, H., Okamoto, Y., Ueno, S., Ohmori, T., Nakagawa, S. (2021). Optimized Protocol for the Extraction of RNA and DNA from Frozen Whole Blood Sample Stored in a Single EDTA Tube. *Scientific Reports*, 11, 1-10.
14. Ylitalo, B. E., Vidman, L., Harlid, S., & Van Guelpen, B. (2025). mRNA Extracted from Frozen Buffy Coat Samples Stored Long Term in Tubes with no RNA Preservative Shows Promise for Downstream Sequencing Analyses. *PloS One*, 20(3), e0318834.
15. Yuliandari, A., Damhuri, P.O., Margaretta, T.S., Priskilla, S.E., Hartini, H. 2023. Evaluation of Platelet Rich Plasma (PRP) Preparation Procedure. *Jurnal Analis Laboratorium Medik*, 8(2), 94-100