Health Science & Biomedical Journal
Volume 2, Issue 2, Agustus 2026 | Pages 79-84
e-ISSN: 3090-7353 | p-ISSN: 3090-7543

ARTIKEL PENELITIAN

Open Access

Perbandingan Stabilitas Kadar Hemoglobin Komponen *Packed Red Cells (PRC)* pada Variasi Waktu Penyimpanan sebagai Indikator Mutu Produk Darah di Unit Transfusi Darah RSUD Boven Digoel

Muh. Ilham Yusuf Tethool[1*], Nuril Sofiantin[2], Marisca Jenice Sanaky[3]

[1,2,3]Sarjana Terapan Teknologi Laboratorium Medis, Politeknik Sandi Karsa, Makassar, Indonesia

Article History
Received: Agustus 2026
Accepted: Agustus 2026
Published: Oktober 2026

***Correspondent author:**
Muh. Ilham Yusuf Tethool
Sarjana Terapan Teknologi Laboratorium Medis, Politeknik Sandi Karsa, Makassar, Indonesia

Email:
tethoolilham@gmail.com

Abstrak

Latar belakang: *Packed Red Cells (PRC)* merupakan komponen darah yang banyak digunakan dalam transfusi untuk meningkatkan kapasitas angkut oksigen. Selama penyimpanan, eritrosit mengalami perubahan biokimia dan fisiologis yang dikenal sebagai storage lesion, yang dapat mempengaruhi stabilitas hemoglobin dan mutu produk darah. **Tujuan:** Mengetahui perbandingan dan stabilitas kadar hemoglobin pada komponen *PRC* berdasarkan variasi waktu penyimpanan. ***Metode:*** Penelitian ini menggunakan desain kuantitatif dengan pendekatan analitik. Sampel penelitian berjumlah 15 unit *PRC* yang diukur kadar hemoglobinnya pada hari ke-1, hari ke-7, dan hari ke-14 penyimpanan. Analisis data dilakukan secara deskriptif dan dilanjutkan dengan uji statistik menggunakan uji normalitas Shapiro-Wilk, uji homogenitas Levene, serta uji *One-Way Anova* menggunakan SPSS versi 22. ***Hasil:*** Rerata kadar hemoglobin menunjukkan penurunan selama penyimpanan, yaitu hari ke-1 sebesar 15,67 g/dL, hari ke-7 sebesar 15,25 g/dL, dan hari ke-14 sebesar 14,55 g/dL. Hasil uji normalitas menunjukkan data berdistribusi normal ($p > 0,05$) dan uji homogenitas menunjukkan varians data homogen ($p = 0,994$). Hasil uji One-Way Anova menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan kadar hemoglobin berdasarkan waktu penyimpanan ($p = 0,011$). ***Kesimpulan:*** Terdapat perbedaan yang signifikan terhadap kadar hemoglobin pada komponen PRC berdasarkan variasi waktu penyimpanan. Stabilitas kadar hemoglobin cenderung menurun seiring bertambahnya lama penyimpanan, meskipun masih berada dalam batas standar mutu produk darah.

Kata kunci: hemoglobin; stabilitas_hemoglobin; PRC; lama_penyimpanan; lesi_penyimpanan

Abstract

Background*: Packed Red Cells (PRC) are blood components widely used in transfusion to improve oxygen-carrying capacity. During storage, erythrocytes undergo biochemical and physiological changes known as storage lesions, which may affect hemoglobin stability and overall blood product quality.* ***Objective****: This study aimed to analyze the comparison and stability of hemoglobin levels in PRC based on variations in storage time. Methods: This study used a quantitative analytical design. A total of 15 units of PRC were examined for hemoglobin levels on day 1, day 7, and day 14 of storage. Data were analyzed descriptively and statistically using the Shapiro-Wilk normality test, Levene's homogeneity test, and One-Way Anova with SPSS version 22.* ***Results****: The mean hemoglobin levels decreased during storage, from 15.67 g/dL on day 1 to 15.25 g/dL on day 7 and 14.55 g/dL on day 14. The normality test showed that the data were normally distributed ($p > 0.05$), and the homogeneity test indicated homogeneous variance ($p = 0.994$). One-Way Anova results showed a significant difference in hemoglobin levels based on storage time ($p = 0.011$).* ***Conclusion****: There is a significant difference in hemoglobin levels in PRC based on storage time variations. Hemoglobin stability tends to decrease with longer storage duration, although it remains within acceptable quality standards for blood products.*

Keywords*:hemoglobin; hemoglobin stability; Packed Red Cells; storage_duration; storage_lesions*

© 2025 Muh. Ilham Yusuf Tethool, Nuril Sofiantin, Marisca Jenice Sanaky
This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International license.

Latar Belakang

Transfusi darah merupakan salah satu pilar utama dalam sistem pelayanan kesehatan modern karena berperan penting dalam penanganan kegawatdaruratan, tindakan pembedahan mayor, komplikasi obstetri, trauma, serta penyakit kronis seperti anemia berat dan keganasan hematologi. Ketersediaan dan mutu darah yang aman menjadi indikator kualitas sistem kesehatan suatu negara (1). Laporan global terbaru juga menunjukkan bahwa kebutuhan darah terus meningkat akibat pertumbuhan populasi, peningkatan angka harapan hidup, serta berkembangnya prosedur medis kompleks seperti bedah jantung dan terapi kanker, Peningkatan kebutuhan ini menuntut sistem pengelolaan darah yang efektif dan berorientasi pada mutu (2). Negara berkembang tantangan utama bukan hanya pada aspek ketersediaan, tetapi juga pada pengendalian mutu produk darah selama proses pengolahan, penyimpanan, dan distribusi. Keterbatasan fasilitas laboratorium, sistem pendingin, serta pengawasan mutu dapat memengaruhi kualitas komponen darah yang ditransfusikan (3).

Di Indonesia, sistem pelayanan darah berada di bawah koordinasi Kementerian Kesehatan Republik Indonesia yang bertanggung jawab dalam pengaturan kebijakan, standar mutu, serta distribusi pelayanan transfusi darah nasional, Regulasi nasional mengacu pada standar internasional untuk menjamin keamanan dan mutu produk darah. Tantangan geografis Indonesia sebagai negara kepulauan menyebabkan distribusi darah tidak merata, terutama di wilayah timur seperti Papua Selatan. Akses transportasi yang terbatas dan kondisi infrastruktur yang belum optimal berpotensi mempengaruhi stabilitas mutu produk darah selama penyimpanan dan distribusi (4).

Salah satu komponen transfusi yang paling sering digunakan adalah *Packed Red Cells (PRC)*. *PRC* berfungsi meningkatkan kapasitas angkut oksigen melalui peningkatan kadar hemoglobin dalam sirkulasi pasien, terutama pada kasus anemia berat dan perdarahan akut (5). Standar internasional menetapkan bahwa *PRC* harus disimpan pada suhu 2–6°C dengan masa simpan 35–42 hari tergantung jenis antikoagulan dan larutan preservatif yang digunakan, Pemeliharaan suhu yang konsisten sangat krusial dalam menjaga stabilitas eritrosit. Selama masa penyimpanan, *PRC* mengalami perubahan biokimia dan morfologi yang dikenal sebagai Storage Lesion. Perubahan ini meliputi hemolisis, penurunan kadar ATP, perubahan pH, peningkatan kadar kalium, serta gangguan integritas membran sel (6). Berdasarkan fenomena global mengenai meningkatnya kebutuhan darah, tantangan mutu di negara berkembang, kondisi geografis Indonesia, serta keterbatasan data empiris lokal di RSUD Boven Digoel, penelitian mengenai stabilitas kadar hemoglobin *PRC* sebagai indikator mutu produk darah menjadi sangat mendesak. Penelitian ini tidak hanya memiliki relevansi akademik, tetapi juga implikasi praktis dalam meningkatkan keselamatan pasien dan efektivitas terapi transfusi di daerah terpencil (7)

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan pendekatan cross sectional. Metode eksperimental bertujuan untuk mengetahui hasil pemeriksaan stabilitas kadar hemoglobin pada komponen *PRC* berdasarkan variasi waktu penyimpanan hari ke-1, hari ke-7 dan hari ke-14. Pendekatan cross sectional (potong lintang) yaitu suatu penelitian dimana variabel di teliti sekaligus pada waktu yang sama. Populasi dan sampel penelitian ini diperoleh dari data primer hasil pemeriksaan kadar hemoglobin komponen *PRC* di Unit Transfusi Darah RSUD Boven Digoel. Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh komponen *PRC* yang tersedia di Unit Transfusi Darah RSUD Boven Digoel selama periode penelitian. Penentuan besar sampel pada penelitian ini menggunakan rumus Federer, karena penelitian bertujuan membandingkan rata-rata kadar hemoglobin dalam tiga perlakuan yaitu waktu penyimpanan hari ke-1, hari ke-7 dan hari ke-14. Kriteria Inklusi : Komponen *PRC* yang disimpan pada suhu 2–6°C; *PRC* yang belum melewati masa simpan; *PRC* dengan kondisi kantong darah utuh dan tidak bocor. Kriteria Eksklusi : *PRC* yang mengalami hemolisis makroskopis ; *PRC* dengan kantong rusak atau terkontaminasi; *PRC* yang tidak memiliki data waktu penyimpanan yang jelas. Variabel dalam penelitian ini yaitu terdapat variabel independen dan dependen. Variabel independen ialah variasi waktu penyimpanan *PRC* hari ke-1, hari ke-7 dan hari ke-14, sedangkan Variabel dependen ialah Stabilitas kadar hemoglobin komponen *PRC*.

Penelitian dilakukan pada bulan Maret 2026 dengan 15 responden dengan masing-masing 3 perlakuan waktu pemeriksaan sehingga terkumpul data primer adalah 45, Selanjutnya tahap pemeriksaan meliputi : Peneliti melakukan seleksi komponen *PRC* sesuai dengan kriteria inklusi dan eksklusi, Sampel *PRC* yang memenuhi kriteria kemudian dikelompokkan berdasarkan variasi waktu penyimpanan, yaitu hari ke-1, hari ke-7 dan hari ke-14 dan disimpan pada suhu 2–6°C, Sampel *PRC* disimpan pada suhu 2–6°C sesuai dengan SOP penyimpanan darah di Unit Transfusi Darah selanjutnya Pemeriksaan kadar hemoglobin pada komponen *PRC* dilakukan menggunakan hematology analyzer sesuai dengan prosedur pemeriksaan laboratorium.

Analisis data pertama dilakukan secara deskriptif untuk melihat nilai rata-rata kadar hemoglobin pada setiap waktu penyimpanan. Selanjutnya, dilakukan uji normalitas untuk melihat apakah data tersebut terdistribusi normal atau tidak kemudian uji homogenitas dilakukan menggunakan uji Levene untuk mengetahui kesamaan varians, dengan kriteria p > 0,05 menunjukkan data homogen. dan tererkhir adalah uji stastik untuk mengetahui perbedaan yang signifikan.

Hasil

Tabel 4 Karakteristik Subjek Penelitian

Variabel	N (15)	Mean ± SD	Min-Max
Umur	15	27,47 ± 2,87	25 - 35
Jenis Kelamin:			
Laki-Laki	10	-	-
Perempuan	5	-	-
Hemoglobin :			
Hari Ke 1	15	15,67 ± 1,00	14 – 17,3
Hari Ke 7	15	15,25 ± 1,02	13,5 – 16,9
Hari Ke 14	15	14,55 ± 1,01	12,6 – 16,1

Sumber : Data primer

Berdasarkan table 4.1 rentan usia responden yaitu 25 sampai 35 tahun. Rerata kadar hemoglobin pada hari ke – 1 yaitu 15,67 g/dL, hari ke – 7 yaitu 15,25 g/dL sedangkan di hari ke – 14 yaitu 14,55 g/dL. Nilai maksimum hemoglobin di hari ke – 1 adalah 17, 3 g/dL, hari ke – 7 adalah 16, 9 g/dL dan di hari ke – 14 adalah 16,1 g/dL. sedangkan nilai minimum hemoglobin di hari ke – 1 adalah 14 g/dL, hari ke – 7 adalah 13,5 g/dL dan hari ke – 14 adalah 12,6 g/dL.

Tabel 2. Distribusi & Normalitas Data Nilai Hemaglobin *PRC* Berdasarkan Waktu Penyimpanan

Hemoglobin		n	Mean±SD	Median(Min-Max)	*P-Value**
Waktu penyimpanan	Hari Ke-1	15	15,67 ± 1,00	14 (14– 17,3)	0.126
	Hari Ke-7	15	15,25 ± 1,02	13,5 (13,5 – 16,9)	0.258
	Hari Ke-14	15	14,55 ± 1,01	12,6 (12,6 – 16,1)	0.333

**Shapiro-Wilk*

Hasil uji normalitas menunjukkan bahwa kadar hemoglobin pada komponen *PRC* hari ke – 1 memiliki nilai signifikansi sebesar 0.126 (p>0.05), hari ke – 7 memiliki nilai signifikansi sebesar 0.258 (p>0.05), hari ke – 14 memiliki nilai signifikansi 0.333 (p>0.05) dengan demikian ketiga kelompok tersebut berdistribusi normal.

Tabel 3. Homogenitas Data Nilai Hemoglobin pada PRC Berdasarkan Waktu Penyimpanan

Hemoglobin		n	Mean±SD	*P-Value**
Waktu penyimpanan	Hari Ke-1	15	15,67 ± 1,00	0.994
	Hari Ke-7	15	15,25 ± 1,02	
	Hari Ke-14	15	14,55 ± 1,01	

**Levens's test*

Data berdistribusi normal sehingga dilanjutkan dengan uji homogenitas *Levens's test,* hasil diperoleh nilai signifikansi sebesar 0.994 (p>0.05) yang menunjukkan bahwa varians data pada ketiga waktu penyimpanan homogen.

Tabel 4. Perbedaan Nilai Rerata Hemoglobin pada *PRC* Berdasarkan Waktu Penyimpanan

Hemoglobin		n	Mean±SD	*P-Value**
Waktu penyimpanan	Hari Ke-1	15	15,67 ± 1,00	0.011
	Hari Ke-7	15	15,25 ± 1,02	
	Hari Ke-14	15	14,55 ± 1,01	

**one-way anova test*

Nilai signifikansi 0.011 (p<0,05) hal ini menunjukkan terdapat perbedaan yang signifikan secara statistik antara lama waktu penyimpanan terhadap hasil pemeriksaan kadar hemoglobin pada komponen *PRC*.

Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata kadar hemoglobin pada komponen PRC mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya waktu penyimpanan. Rerata kadar hemoglobin pada hari ke-1 sebesar 15,67 g/dL, kemudian menurun menjadi 15,25 g/dL pada hari ke-7, dan kembali mengalami penurunan menjadi 14,55 g/dL pada hari ke-14. Penurunan ini menunjukkan kecenderungan berkurangnya stabilitas hemoglobin selama proses penyimpanan. Uji statistik menggunakan One-Way Anova menunjukkan nilai signifikansi sebesar 0,011 (p < 0,05), yang berarti terdapat perbedaan yang signifikan kadar hemoglobin berdasarkan variasi waktu penyimpanan. Dengan demikian, hipotesis alternatif (Ha) dalam penelitian ini diterima, yaitu terdapat pengaruh waktu penyimpanan terhadap stabilitas kadar hemoglobin pada komponen PRC.

Penurunan kadar hemoglobin yang terjadi dalam penelitian ini dapat dijelaskan melalui konsep storage lesion, yaitu perubahan biokimia dan morfologi yang terjadi pada eritrosit selama masa penyimpanan. Secara fisiologis, meskipun disimpan dalam suhu rendah (2–6°C), eritrosit tetap mengalami aktivitas metabolik yang menyebabkan penurunan kadar adenosin trifosfat (ATP), perubahan pH, serta akumulasi produk metabolisme. Menurut Wati, M. W perubahan tersebut berdampak pada penurunan deformabilitas eritrosit serta kerusakan membrane sel yang pada akhirnya memicu terjadinya hemolisis. Hemolisis ini menyebabkan hemoglobin yang sebelumnya berada di dalam sel keluar ke dalam plasma, sehingga secara keseluruhan terjadi penurunan kadar hemoglobin dalam komponen PRC (8).

Hasil penelitian oleh Kusumawardani, L. A., & Ardhana, R. A. (2025) menyatakan bahwa tingkat hemolisis pada sel darah merah akan meningkat secara bertahap selama masa penyimpanan, bahkan sejak minggu pertama. Proses ini berkaitan dengan terjadinya storage lesion, yaitu perubahan biokimia dan struktural eritrosit, seperti penurunan kadar ATP dan 2,3-DPG, peningkatan kerapuhan membran, serta perubahan bentuk sel menjadi lebih mudah mengalami lisis (9) . Hal ini sejalan dengan hasil penelitian ini yang menunjukkan bahwa penurunan kadar hemoglobin mulai terlihat sejak hari ke-7 penyimpanan. Penurunan tersebut mengindikasikan adanya kerusakan sel darah merah yang menyebabkan pelepasan hemoglobin ke dalam plasma. World Health Organization (WHO, 2022) juga menjelaskan bahwa penyimpanan darah pada suhu 2–6°C hanya berfungsi memperlambat proses metabolisme dan degradasi sel, bukan menghentikannya sepenuhnya. Selama penyimpanan, eritrosit tetap mengalami perubahan metabolik yang berdampak pada penurunan kualitas dan viabilitas sel (10). Oleh karena itu, perubahan kualitas PRC selama penyimpanan merupakan proses yang tidak dapat dihindari, meskipun telah sesuai dengan standar operasional. Kondisi ini menegaskan pentingnya pengelolaan waktu penyimpanan dan kontrol kualitas yang ketat untuk menjaga efektivitas transfusi darah.

Berdasarkan hasil penelitian dan teori yang ada, peneliti berpendapat bahwa penurunan kadar hemoglobin yang terjadi menunjukkan adanya proses degradasi eritrosit yang berlangsung secara progresif selama masa penyimpanan. Aktivitas metabolik sel yang terus berlangsung menyebabkan

penurunan energi sel, kerusakan struktur membran, serta peningkatan permeabilitas sel. Kondisi ini memicu keluarnya hemoglobin dari dalam eritrosit ke dalam plasma (hemolisis), sehingga kadar hemoglobin dalam PRC mengalami penurunan. Namun demikian, penurunan yang terjadi dalam penelitian ini masih tergolong ringan dan tidak menunjukkan adanya kerusakan yang signifikan, sehingga secara umum PRC masih berada dalam batas mutu yang dapat diterima. Secara keseluruhan, penelitian ini menunjukkan bahwa waktu penyimpanan memiliki pengaruh yang signifikan terhadap stabilitas kadar hemoglobin pada komponen PRC. Hasil ini tidak hanya mendukung teori storage lesion, tetapi juga memberikan kontribusi empiris dalam konteks fasilitas kesehatan daerah terpencil lebih khususnya di Unit Transfusi Darah RSUD Boven Digoel. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar dalam pengembangan sistem pengendalian mutu, evaluasi prosedur penyimpanan, serta penyusunan kebijakan terkait manajemen komponen darah di Unit Transfusi Darah, khususnya di wilayah dengan keterbatasan infrastruktur seperti Kabupaten Boven Digoel.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian ini kadar hemoglobin pada PRC mengalami penurunan seiring bertambahnya waktu penyimpanan, yaitu dari hari ke-1 hingga hari ke-14. Hasil uji statistik menunjukkan penurunan signifikan pada nilai rerata hemoglobin dengan nilai $p = 0{,}011$ ($p < 0{,}05$). Stabilitas kadar hemoglobin pada komponen PRC cenderung mengalami penurunan selama masa penyimpanan. Penurunan ini dipengaruhi oleh proses storage lesion yang menyebabkan perubahan biokimia dan morfologi eritrosit, termasuk hemolisis ringan. Meskipun demikian, kadar hemoglobin yang diperoleh masih berada dalam batas standar mutu produk darah, sehingga komponen PRC masih layak digunakan untuk transfusi. Variasi waktu penyimpanan berpengaruh terhadap stabilitas kadar hemoglobin, di mana semakin lama waktu penyimpanan maka semakin menurun stabilitas hemoglobin, meskipun masih dalam batas yang dapat diterima secara klinis.

Daftar Pustaka

1. Ahmad MR, An-TI S, Harahap MW, An-TI S. Manajemen anestesi pada kegawatdaruratan obstetri. Nas Media Pustaka; 2024.
2. Agritubella SM, Yuliyana R. Perawatan Pasca Operasi Jantung: Model Transformasi Digital Layanan Keperawatan dalam Upaya Peningkatan Kualitas Hidup Pasien CABG. Deepublish; 2025.
3. Rambia I, Insyirah A, Claudiana NSE, Fath ZT Al, Permadi NE, Sriwidodo S, et al. Plasma Fractionation: Conditions and Challenges. Indonesian Journal of Pharmaceutical Science and Technology. 2025 Oct 31;12(3):367–77. doi:10.24198/IJPST.V12I3.63343
4. Laporan Kinerja Direktorat Pengelolaan dan Pelayanan Kefarmasian Tahun 2022 | Direktorat Jenderal Farmasi dan Alat Kesehatan [Internet]. [cited 2026 Oct 29]. Available from: https://farmalkes.kemkes.go.id/unduh/laporan-kinerja-direktorat-pengelolaan-dan-pelayanan-kefarmasian-tahun-2022/
5. Kusumawardani LA, Ardhana RA. Perbedaan Kejadian Hemolisis antara Lama Penyimpanan Komponen Darah Packed Red Cell (PRC) dengan Whole Blood (WB) di UTD PMI Surabaya. Jurnal Medika Nusantara. 2025 Jan 14;3(1):61–9. doi:10.59680/MEDIKA.V3I1.1623
6. Yolanda Tarigan D, Nurhayati B, Durachim A, Marliana N. Pengaruh Lama Penyimpanan dan Konsentrasi Natrium Sitrat dalam Larutan Preservatif pada Packed Red Cell terhadap Fragilitas Osmotik. 2020 Aug 16.
7. Bellach L, Eigenschink M, Hassanein A, Savran D, Salzer U, Müllner EW, et al. Packed red blood cell transfusion in preterm infants. Lancet Haematol. 2022 Aug 1;9(8):e615–26. doi:10.1016/S2352-3026(22)00207-1 PubMed PMID: 35901846.
8. WATI MW. Hubungan Lama Masa Simpan Packed Red Cell (PRC) terhadap Kadar Hemoglobin di UTD PMI Provinsi Lampung. 2022 Oct 15.

9. Kusumawardani LA, Ardhana RA. Perbedaan Kejadian Hemolisis antara Lama Penyimpanan Komponen Darah Packed Red Cell (PRC) dengan Whole Blood (WB) di UTD PMI Surabaya. Jurnal Medika Nusantara. 2025 Jan 14;3(1):61–9. doi:10.59680/MEDIKA.V3I1.1623

10. WHO. Global Status Report on Blood Safety 2021. Website [Internet]. 2022 [cited 2026 Oct 29];1–184. Available from: https://www.who.int/publications/i/item/9789240051683