

# Pengaruh Durasi Penyimpanan Terhadap Kualitas *Packed Red Cell* Di UDD PMI Kota Semarang

## *Effect of Storage Duration on the Quality of Packed Red Cells at UDD PMI Semarang City*

Subekti<sup>1</sup>, Galih Hari Wijaya<sup>2</sup>, Anna Kartika Yuli Astuti<sup>3</sup>, Widoyono<sup>4</sup>

<sup>1,2,4</sup>) Unit Donor Darah PMI Kota Semarang, Jl. Mgr. Sugiyopranoto no.31, Pendrikan Kidul, Kec. Semarang Tengah, Kota Semarang, Jawa Tengah 50131

<sup>3</sup>) Teknologi Bank Darah Polbitrada, Jl. Sambiroto Raya No.64-D, Sambiroto, Kec. Tembalang, Kota Semarang, Indonesia 50276

Alamat korespondensi: [dr.anna.kya@gmail.com](mailto:dr.anna.kya@gmail.com)

### Abstrak

Penyimpanan *Packed Red Cell* (PRC) berpengaruh terhadap stabilitas eritrosit, kondisi ini dapat menimbulkan risiko menurunnya difusi hemoglobin ke jaringan akibat proses penyimpanan. Peran PRC untuk menaikkan hemoglobin pada pasien tidak terlepas dari fakta bahwa produk mengalami penurunan kualitas selama penyimpanan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh durasi penyimpanan PRC selama 21, 28, 35 hari dengan kualitas PRC yang dilakukan di UDD PMI Kota Semarang. Metode penelitian dengan *Quasi Experiment Study* dengan rancangan modifikasi *Time Series Design*, menggunakan teknik *Quota sampling*. Sampel penelitian PRC diambil di UDD PMI Kota Semarang selama bulan Juli-September 2023 sebanyak 24 kantong. Variabel bebas adalah durasi penyimpanan PRC dan variabel terikat adalah kualitas PRC. Berdasarkan hasil penelitian ini menunjukkan bahwa hemoglobin (Hb) dan hematokrit (Ht) meningkat dari hari ke-21 sampai hari ke-35 namun tidak signifikan ( $P > 0,05$ ), sedangkan pada hemolisis menunjukkan kenaikan dari hari ke-21 sampai hari ke-35 dengan signifikan ( $P < 0,05$ ) tetapi nilai masih dalam batas normal. Nilai korelasi antara Hb dengan durasi penyimpanan PRC;  $r = 0,948$ , Ht dengan durasi penyimpanan PRC;  $r = 0,202$ , hemolisis dengan masa simpan PRC;  $r = 0,000$ . Kesimpulan dari penelitian ini adalah tidak ada pengaruh yang bermakna pada kadar hemoglobin dan hematokrit produk PRC dengan durasi penyimpanan 21, 28, dan 35 hari, dan terdapat pengaruh yang bermakna pada kadar hemolisis tetapi masih dalam batas normal sesuai persyaratan Permenkes. Saran untuk penelitian lebih lanjut dengan desain dan jumlah sampel serta jenis pemeriksaan lebih baik lagi untuk mendapatkan hasil yang dapat menentukan nilai maksimal dan lama penyimpanan sebagai standar kualitas PRC

Kata Kunci : Kualitas, Penyimpanan, *Packed Red Cell*.

### Abstract

*Packed Red Cell* (PRC) storage affects the stability of erythrocytes, this condition can pose a risk of decreased hemoglobin diffusion into tissues due to the storage process. The role of PRC to increase hemoglobin in patients is inseparable from the fact that the product experiences a decrease in quality during storage. This study aims to determine the effect of PRC storage duration for 21, 28, 35 days on the quality of PRC carried out at the UDD PMI Semarang City. The research method was *Quasi Experiment study*, with a modification of *Time Series Design* using the *Quota sampling* technique. PRC research samples were taken at the UDD PMI Semarang City in July-September 2023 with a total of 24 bags. The independent variable is the duration of PRC storage, the dependent variable is the quality of PRC. Based on the results of this study, it shows that hemoglobin (Hb) and hematocrit (Ht) increased from day 21 to day 35 but not significantly ( $P > 0.05$ ), while hemolysis showed an increase from day 21 to day 35 significantly ( $P < 0.05$ ) but the value is still within normal limits. Correlation value between Hb and PRC storage duration;  $r = 0.948$ , Ht with PRC storage duration;  $r = 0.202$ , hemolysis with PRC storage duration;  $r = 0.000$ . The conclusion of this study is that there is no significant effect on hemoglobin and hematocrit levels of PRC products with storage days 21, 28, and 35, and there is a significant effect on hemolysis levels but still within normal limits according to the requirements of the Minister of Health. Suggestions for further research with better design and number of samples and types of examinations to obtain results that can determine the maximum value and storage duration as a standard for PRC quality.

Keywords: *Quality, Storage, Packed Red Cell*

## Pendahuluan

Transfusi darah memainkan peran medis yang penting, baik dalam pengobatan darurat maupun dalam pengobatan penyakit tertentu yang memerlukan transfusi darah yang terus menerus. Oleh karena itu, diperlukan darah atau komponen darah yang aman, mudah diperoleh, terjangkau, dan tersedia dalam jumlah yang cukup untuk memenuhi kebutuhan pasien yang memerlukannya. Darah terdiri dari berbagai komponen, yang dapat ditransfusikan sesuai kebutuhan dan penyakit pasien. Diantara jenis komponen- darah, *Packed Red Cell* (PRC) adalah komponen yang paling banyak dibutuhkan yang merupakan terapi utama bagi penyakit keganasan, hematologi, thalasemia, serta anemia aplastic.(1)

PRC atau sel darah merah pekat adalah komponen darah yang dibentuk melalui proses sentrifugasi atau sedimentasi dari darah utuh (WB) dan penyimpanan pada suhu antara 2 dan 6°C setelah sebagian besar plasma dipisahkan. Komponen PRC memiliki kandungan eritrosit (70-80%), dan lekosit yang jumlahnya tergantung metode pembuatan PRC.(2) Satu unit PRC menghasilkan 200-250 ml PRC dari 450 ml WB dan dapat disimpan dalam lemari penyimpanan suhu 2-6° selama 35 sampai 42 hari dengan penambahan larutan antikoagulan.(3)

Selama PRC disimpan stabilitas eritrosit menurun, terjadi penurunan nilai eritrosit selama penyimpanan tersebut disebabkan karena berkurangnya dekstrosa yang merupakan zat penting dalam darah yang digunakan sebagai sumber energi untuk bertahan hidup, dari berkurangnya dekstrosa dalam PRC yang disimpan dapat menyebabkan lisis sel darah merah.(1)(4)

Seiring dengan kebutuhan darah yang semakin meningkat, maka setiap pelayanan penyedia darah di Indonesia perlu memperhatikan kualitas atau mutu dan keamanan produk darah. Pengawasan kualitas mutu atau *quality control* (QC) produk darah PRC meliputi parameter pemeriksaan volume kantong, kadar hemoglobin, kadar hematokrit, kontaminasi bakteri, dan hemolisis pada akhir masa simpan.(5)

Satu unit PRC dapat menaikkan kadar hemoglobin kira-kira 1 g/dL, atau kadar hematokrit sekitar 3%. Pentingnya pemberian PRC dalam meningkatkan kadar hemoglobin pada pasien tidak lepas dari kualitas PRC yang terus menurun selama penyimpanan. (3) Semakin lama waktu simpan darah PRC maka semakin banyak eritrosit yang rusak, dan semakin kecil jumlah sel darah yang hidup sehingga menyebabkan kadar hematokrit menurun. (3)(6)

Hemolisis terjadi pada saat pengumpulan, pengolahan, penanganan, dan penyimpanan darah di

layanan transfusi darah. Hemolisis sel darah merah merupakan tanda jelas kegagalan sistem penyimpanan sel darah merah dan dapat menyebabkan kontaminasi bakteri pada komponen darah PRC. Hemolisis terjadi melalui pecahnya seluruh sel darah merah atau hilangnya membran seperti manitol, sitrat, dan larutan hipotonik, yang berkontribusi terhadap berkurangnya proses hemolisis selama penyimpanan.(7)

Hemolisis selama pengumpulan dan penyimpanan darah donor merupakan manifestasi paling serius dari pembuatan dan pemrosesan produk darah. Hal ini terjadi akibat pecahnya eritrosit dan pelepasan hemoglobin ke dalam cairan tubuh, sehingga mengakibatkan hilangnya membran hemoglobin di dalam mikrovesikel. Antikoagulan seperti CPDA-1 yang mengandung sitrat fosfat dekstrosa adenin ditambahkan untuk memperlambat perubahan yang terjadi selama penyimpanan. Hal ini mencegah pembekuan darah dan mempertahankan kadar adenosin trifosfat (ATP) darah hingga 35 hari.(8) Pada penelitian Choudhury Mathur pada tahun 2011, komponen darah yang disimpan dengan menggunakan antikoagulan CPDA selama minggu ke-3 dan ke-4 kadar ATP turun sangat cepat.(9)

Pengawasan mutu atau kualitas produk darah merupakan fungsi penting dalam proses produksi komponen darah dan sebagai bukti komponen darah tersebut sudah sesuai spesifikasi yang berlaku. Pengawasan proses adalah aktivitas yang memantau semua proses produksi terhadap persyaratan yang ditetapkan dan memastikan bahwa proses terus dipantau. Pengawasan mutu produk PRC terdapat dalam Permenkes No 91/2015 dengan parameter pemeriksaan meliputi volume, hemoglobin, hamatokrit, kontaminasi bakteri dan pemeriksaan hemolisis yang dilakukan pada akhir masa simpan.(5)

Penelitian perlu dilakukan untuk mengetahui kualitas produk darah *Packed Red Cell* selama penyimpanan melalui pemeriksaan hemoglobin, hematokrit dan kadar hemolisis akhir masa simpan dengan masa penyimpanan 21 hari, 28 hari hingga 35 hari.

## Metode

Jenis penelitian *Quasi eksperiment/* percobaan semu karena melakukan percobaan terhadap kelompok dengan menggunakan perlakuan tertentu. dalam kondisi yang terkendali. Desain penelitian *Time Series Design*.(10)

Populasi adalah seluruh komponen PRC yang diproduksi di UDD PMI Kota Semarang pada bulan Juli sampai September 2023, dengan

jumlah produksi per bulan berkisar antara 4000 kantong. Sampel penelitian sebanyak 24 diperoleh dari perhitungan teknik *Quota Sampling*. Sampel yang ditentukan adalah PRC yang sudah dipisahkan sebanyak 8 kantong setiap bulan. Variabel bebas masa simpan PRC hari ke 21, 28 dan 35 hari dan variabel terikat kualitas PRC. Analisis data menggunakan software computer SPSS versi 23 untuk Windows.

**a. Prosedur kerja**

Sampel diambil secara acak dari bagian penyimpanan bulan Juli hingga September tahun 2023 sebanyak 24 kantong PRC, kemudian dicatat tanggal pengambilan dan tanggal kadaluarsa kemudian disimpan di tempat penyimpanan dengan suhu antara 2 sampai 6°C. Pada penyimpanan hari ke-21, ke-28 dan ke-35 dilakukan pemeriksaan kadar hemoglobin, hematokrit dan hemolisis.

**b. Alat dan bahan**

Alat yang digunakan antara lain Hematology analyzer (Sysmex XP-100) untuk pemeriksaan kadar hemoglobin dan kadar hematokrit dan pemeriksaan hemolisis dengan menggunakan Hemocue plasma/ Low Hb. Alat lain yang digunakan adalah centrifuge dan mikropipet Bahan yang digunakan antara lain: kantong darah PRC, microcuvet, alkohol swab dan yellow tip.

**c. Statistik**

Teknik pengumpulan data dilakukan menggunakan data primer hasil pemeriksaan kantong PRC meliputi kadar hemoglobin, kadar hematokrit, dan hemolisis masa simpan ke-21, ke-28 dan ke-35 hari. Data penelitian yang diperoleh diolah dengan software computer SPSS SERI 23.

Analisis data menggunakan analisis deskriptif yang meliputi kadar hemoglobin, kadar hematokrit, dan hemolisis masa simpan 21 hari, 28 hari dan 35 hari. Deskripsi disajikan dalam bentuk tabel dan narasi yaitu nilai mean, minimal, maksimal dan standar deviasi.

Analisis data dilakukan untuk mengetahui kualitas PRC masa simpan 21 hari, 28 hari, dan 35 hari. Uji statistik yang digunakan adalah Uji Anova (data berdistribusi normal atau tidak dengan menggunakan Uji Kolmogorov Smirnov pada penelitian ini dan untuk melihat ada pengaruh atau tidak masa simpan komponen PRC terhadap perubahan kadar hemoglobin, kadar hematokrit dan kadar hemolisis menggunakan Uji

Spearman untuk menguji hipotesis asosiatif dua variabel analisis diolah menggunakan program SPSS versi 23, dengan tingkat kemaknaan jika nilai  $p < 0,05$  maka dapat disimpulkan ada hubungan yang signifikan, dan jika nilai  $p > 0,05$  maka dapat di simpulkan tidak ada hubungan secara signifikan.(10)

**Hasil**

Analisis data deskriptif yang ditampilkan meliputi data kadar hemoglobin, hematokrit & hemolisis.

**Tabel 1. Kadar Hemoglobin Kantong Darah PRC (g/unit)**

	N	Min	Max	Rerata	Standar Deviasi
Hari ke 21	24	45	67,3	53,72	7.78
Hari ke 28	24	37,5	68,3	53,13	8.81
Hari ke 35	24	44,3	68,6	53,49	7.72

Tabel 1 menunjukkan kadar hemoglobin pada hari ke 21 rerata 53,72 g/unit, dalam rentang 45- 67,3 g/unit dan standar deviasi 7,78. Kadar hemoglobin hari ke 28 rerata 53,13 g/unit, dalam rentang 37,5-68,3 g/unit dan standar deviasi 8,81. Kadar hemoglobin hari ke 35 rerata 53,49 g/unit, dalam rentang 44,3-68,6 g/unit dan standar deviasi 7,72.

**Tabel 2. Kadar Hematokrit Kantong Darah PRC (%)**

	N	Min	Max	Rerata	Standar Deviasi
Hari ke 21	24	53,60	79,00	69,29	5,08
Hari ke 28	24	65,40	78,00	70,95	3,40
Hari ke 35	24	50,80	76,90	69,98	6,24

Tabel 2 menunjukkan kadar hematokrit hari ke 21 rerata 69,29%, dalam rentang 53,60-79,00 % dan standar deviasi 5,08. Kadar Hematokrit hari ke 28 rerata 70,95% dalam rentang 65,40-78,00% dan standar deviasi 3,40. Kadar Hematokrit hari ke 35 rerata 69,98 % dalam rentang 50,80-76,90% dan standar deviasi 6,24.

**Tabel 3. Kadar Hemolisis Kantong Darah PRC (%)**

	N	Min	Max	Rerata	Standar Deviasi
Hari ke 21	24	.10	.70	.2833	.15228
Hari ke 28	24	.10	1.40	.4167	.28079
Hari ke 35	24	.20	1.80	.6125	.41527

Tabel 3 menunjukkan kadar hemolisis hari ke 21 rerata 0,28% dalam rentang 0,10-0,70% dan standar deviasi 0,15%. Kadar hemolisis hari ke 28 rerata 0,41% dalam rentang 0,10-1,40% dan standar deviasi 0,28%. Kadar hemolisis hari ke 35 rerata 0,61% dalam rentang 0,20-1,80% dan standar deviasi 0,41%.

**Tabel 4. Hasil Analisis Uji Normalitas data**

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>		Uji Korelasi Spearman			
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Kadar Hemoglobin	.138	72	.002	.008	72	.948
Kadar Hematokrit	.135	72	.002	.152	72	.202
Hemolisis	.240	72	.000	.464	72	.000

Tabel 4 menunjukkan hasil uji korelasi Spearman kadar hemoglobin dan kadar hematokrit masa simpan 21, 28, dan 35 hari diperoleh  $p > 0,05$  sehingga diartikan tidak ada pengaruh dengan masa simpan. Sedangkan Kadar hemolisis produk PRC pada pemeriksaan masa simpan ke-21, ke-28 dan ke-35 hari ada pengaruh yang signifikan dengan masa simpan, yang dapat terlihat dari nilai sig  $0,000 < 0,05$ .

**Pembahasan**

Selama waktu pengambilan darah donor diperkirakan 1-5% sel darah merah akan rusak, dan selama penyimpanan setiap hari viabilitas sel darah merah akan berkurang dikarenakan menurunnya kadar Adenosin Trifosfat (ATP), dengan penurunan tersebut menyebabkan terjadinya kehilangan lipid membran. Membran tersebut menjadi kaku dan terjadi perubahan bentuk dari cakram menjadi sferis yaitu bentuk tanpa sentral polar dan berukuran kecil. Perubahan tersebut berakibat keluarnya kalium dan masuknya natrium ke dalam sel.(11)

Selama penyimpanan selain terjadi perubahan biokimiawi terjadi juga perubahan biomekanis dan reaksi imunologis yang

mempengaruhi fungsi dan viabilitas hb dalam mengangkut oksigen dari paru-paru ke jaringan, perubahan ini dikenal sebagai *storage lesion*. Oleh karena itu *storage lesion* ini akan mempengaruhi kualitas sel darah merah dan hemoglobin yang ditransfusikan kepada pasien.(12)

Pada penelitian pengaruh durasi penyimpanan hari ke-21, ke-28, dan ke-35 terhadap kualitas produk PRC diperoleh hasil tidak ada pengaruh bermakna pada kadar hemoglobin dan hematokrit, sedangkan pada pemeriksaan hemolisis terdapat pengaruh yang bermakna pada penyimpanan hari ke-21, 28 dan 35 hari terhadap kualitas produk.

Produk darah PRC atau biasa disebut sel darah merah yang sudah dipisahkan dari plasma, untuk menjaga kualitas disimpan pada suhu 2-6 °C.(5) Nilai  $p > 0,05$  pada hasil penelitian ini artinya tidak ada pengaruh yang bermakna antara kadar hemoglobin dan hematokrit dengan masa simpan hari ke 21, 28 dan 35. Hal ini sesuai dengan penelitian Pesalmen Saragih (2019), dimana tidak ada pengaruh yang signifikan antara nilai hemoglobin dan hematokrit pada produk komponen PRC dengan masa simpan pada ke-0, ke-7, ke-14, ke-21, ke-28, dan ke-35 hari.(13)

Proses persiapan pengumpulan dan pengambilan sampel pada penelitian ini dilakukan sesuai standar yang berlaku, suhu yang diatur sesuai suhu yang optimal untuk penyimpanan PRC yaitu antara 2 sampai 6°C. Penyimpanan suhu tersebut dilakukan supaya dektrosa dalam sel darah merah tidak cepat habis dan dapat menekan tumbuhnya bakteri pada komponen darah selama penyimpanan.(13) Penggunaan antikoagulan dapat menentukan lama hidup sel darah merah yang berpengaruh terhadap hemoglobin, kehidupan sel darah merah akan lebih panjang sehingga komponen darah yang disimpan tidak menurunkan kualitas hemoglobin dan hematokrit. (14)

Selama penyimpanan, kadar kalsium terionisasi meningkat menyebabkan darah membeku dengan cepat. Antikoagulan dalam transfusi darah akan memperlambat terjadinya lesi penyimpanan. Antikoagulan yang sering digunakan dalam transfusi adalah Citrat Fosfat Dekstrosa Adenin 1 (CPDA-1). Komponen dalam CPDA-1 (sitrat, fosfat, dekstrosa, dan adenin) diformulasikan untuk menjaga viabilitas sel darah dan untuk meminimalkan lesi penyimpanan yang dapat terjadi karena mekanisme hemopoiesis tidak terjadi di luar tubuh. Sitrat akan bekerja dengan menghambat

aktivasi koagulasi dengan mengikat kalsium dalam darah yang ditransfusikan, mencegah aktivasi koagulasi kaskade dengan menginduksi hipokalsemia lokal.(8) Sitrat diduga berfungsi sebagai antioksidan, namun pada penelitian Erman dkk. (2016), sitrat tidak memiliki pengaruh langsung terhadap stres oksidatif.(15) Sitrat mendorong dan memperparah pembentukan ROS yang disebabkan oleh pembentukan hidrogen peroksida dalam sel.(12)

Demikian pula, fosfat organik bekerja dengan mempertahankan kadar 2,3 DPG agar produksi ATP sebagai sumber energi tetap berjalan dan viabilitas sel darah tetap terjaga, sehingga kerusakan sel darah berjalan lambat.(16) Dekstrosa bermanfaat sebagai sumber energi tambahan bagi sel darah selama penyimpanan, yang memungkinkan sel darah merah mampu melakukan glikolisis sehingga dihasilkan ATP. Glikolisis dapat diperlambat dengan menyimpan darah yang ditransfusikan pada suhu 2–6°C, sedangkan adenin akan menghemat penggunaan substrat lain yang dibutuhkan selama sintesis ATP.(8) Fungsi buffer pada antikoagulan dapat mengatasi penurunan kadar hidrogen akibat suhu yang terlalu dingin sehingga pH tetap terjaga.(12)(17)

Hal ini semakin menguatkan bahwa pemberian transfusi produk darah berupa PRC dapat dilakukan sampai akhir masa simpan, untuk produk ini masa simpan sampai 35 hari atau sesuai dengan antikoagulan yang dipakai yaitu CPDA-1.(16) Sedang untuk memperpanjang durasi penyimpanan PRC sampai dengan hari ke-42 dapat dengan penambahan antikoagulan SAGM (Saline Adenin Glucose Mannitol), yang membuat produk darah bertahan lebih lama dibanding dengan antikoagulan yang lain.(5)

Pada penelitian ini kadar hemolisis minimal 0,29%, dan kadar hemolisis maksimal 0,61%, sedangkan menurut standar Permenkes No. 91 / 2015 bahwa kadar hemolisis maksimal dalam PRC adalah kurang dari 0,8%. Jadi hasil penelitian ini masih sesuai dengan standar Permenkes tersebut. Hal ini bertentangan dengan hasil penelitian Betty Nurhayati (2022), bahwa tidak ada pengaruh lama simpan pada produk PRC yang menggunakan antikoagulan SAGM.(18) Menurut peneliti hal ini disebabkan karena PRC dengan penambahan SAGM memiliki kualitas yang lebih baik dibandingkan dengan PRC yang disimpan dengan antikoagulan CPDA-1 saja. PRC dengan SAGM memperlihatkan perubahan yang paling kecil terhadap perubahan osmotik selama penyimpanan dibandingkan dengan larutan aditif yang lain.(18)(19)

## Kesimpulan

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa tidak adanya pengaruh yang bermakna antara durasi penyimpanan dan kadar hemoglobin pada PRC. Kondisi ini juga terjadi pada hematokrit dikarenakan hematokrit adalah fungsi dari konsentrasi hemoglobin. Hal itu berbeda dengan kadar hemolisis, yaitu ada pengaruh yang bermakna antara durasi penyimpanan dan hemolisis pada PRC. Namun sampai durasi penyimpanan hari ke-35 penurunan kualitas PRC masih sesuai standar Permenkes RI no. 91/2015.

## Saran

Penelitian lebih lanjut dengan desain dan jumlah sampel serta jenis pemeriksaan lebih baik lagi untuk mendapatkan hasil yang dapat menentukan nilai maksimal dan lama penyimpanan sebagai standar kualitas PRC.

## Kontribusi Penulis

Dalam penelitian ini semua penulis memberikan kontribusi yang sama dalam pengumpulan data penelitian, analisis data, dan pelaporan hasil akhir penelitian.

## Ucapan Terima Kasih

Mengucapkan terimakasih kepada UDD PMI Kota Semarang yang telah mengizinkan dan memfasilitasi dalam melakukan penelitian. Prodi TBD Politeknik Bina Trada Semarang yang telah mendukung jalannya penelitian kami. Tim bagian pengawasan Mutu UDD PMI Kota Semarang yang membantu dalam penelitian ini. Terimakasih pula untuk semua pihak yang telah memberikan bantuan, kemudahan dan kelancaran dalam penelitian ini

## Daftar Rujukan

1. Ilhami T, Sofro M, Syafitri R. Potensi Hemolisis dan Keunggulan Penggunaan Komponen Darah PRC Washed Erythrocyte dan Leukodepleted (in-line) dalam tranfusi klinis [Tesis]. Universitas Indonesia; 2014.
2. Indranila K. Buku Ajar Tes Fungsi Hati. Semarang:Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro; 2018.
3. Sepvianti W, Widayawara G, Rahman A, Rahmawati K, Tirtana A, Pebriana R, et al. Evaluasi Kualitas Packed Red Cell (PRC) berdasarkan Kadar pH Darah selama Masa Penyimpanan 36 Hari. Jurnal Kesehatan Rajawali. 2023;31–4.

4. Saragih, P. et al. 2019 Pengaruh waktu simpan Packed Red Cells (PRC) terhadap perubahan kadar hemoglobin, hematokrit, dan glukosa plasma di RSUP H. Adam Malik, Medan, Indonesia, *Intisari Sains Medis*, 10(2), pp. 501–505
5. Kesehatan K. Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No 91 Tahun 2015 tentang: Standar Pelayanan Transfusi Darah. Vol. 13, Kementerian Kesehatan. 2015.
6. Yunika A. Perbedaan kadar hemoglobin pada komponen PRC simpan dengan interval penyimpanan 7 hari di bank darah RSUD Budhi Asih.[Tugas Akhir]. Jakarta: Fakultas Ilmu Kesehatan dan Teknologi Universitas Binawan; 2022
7. Sawant, RB Jathar, SKS. Rajadhyaksha S. Red Cell Hemolysis during Processing and Storage. *Asian Journal of Transfusion Science*; 2007
8. Kissling S, Legallais C, Pruijm M, et al. A new prescription model for regional citrate anticoagulation in therapeutic plasma exchanges. *BMJ Nephrol*. 2017;18(1):81.
9. Choudhury N, Mathur A. Visual Detection Of Hemolysis In A Blood Bag Before Issue. *Asian Journal Of Transfusion Science*. 2011. 5(1): 61–62
10. Sugiyono. Metode Penelitian Kualitatif Kuantitatif dan R&D, Edisi 26. Bandung: Alfabeta; 2017.
11. Barshtein G, Gural A, Zelig O, Arbell D, Yedgar S. Preparation of packed red blood cell units in the blood bank: Alteration in red blood cell deformability. *Transfus Apher Sci*. 2020;59(3):12738. doi: 10.1016/j.transci.2020.102738
12. Yoshida T, Prudent M, D'Alessandro A. Red blood cell storage lesion: causes and potential clinical consequences. *Blood Transfusion*. 2019 Jan; 17(1): 27–52. doi: 10.2450/2019.0217-18
13. Saragih, P. et al. 2019 Pengaruh waktu simpan Packed Red Cells (PRC) terhadap perubahan kadar hemoglobin, hematokrit, dan glukosa plasma di RSUP H. Adam Malik, Medan, Indonesia', *Intisari Sains Medis*, 10(2), pp. 501–505.
14. Arshad A, Safdar A, Atif M, Hussain H, Waqas M, Mahmood S. Effects Of Anticoagulants On Blood Cells Morphology And Biochemistry. *Biological and Clinical Sciences Research Journal*. 2024: 2958-4728 [www.bcsrj.com](http://www.bcsrj.com) DOI: <https://doi.org/10.54112/bcsrj.v2024i1.663> *Biol. Clin. Sci. Res. J.*, Volume, 2024: 663
15. Erman H, Aksu U, Belce A, et al. Aydın S and Çakatay U. Gender and chronological age affect erythrocyte membrane oxidative indices in citrate phosphate dextrose adenine-formula 1 (CPDA-1) blood bank storage condition. *Gen Physiol Biophys*. 2016;35:343–351. doi:10.4149/gpb\_2016001
16. Amna MA, Sven CV, Afnan SA, et al. Whole blood storage in CPDA1 blood bag alters erythrocyte membrane proteome. *Oxid Med Cell Longev*. 2018;1–12. doi:10.1155/2018/6375379
17. Flatt JV, Bawazir WM, Bruce LJ. The involvement of cation leaks in the storage lesion of red blood cell. *Front Physiol*. 2014;214(5):1–10. doi:10.3389/fphys.2014.00214
18. Nurhayati B, Indah I, Marlina N, Hayati E. Pengaruh Lama Simpan Dan Konsentrasi Manitol Pada Packed Red Cell SAGM Terhadap Kadar Hemoglobin Dan Hematokrit. *Jurnal Riset Kesehatan Poltekkes Depkes Bandung*. 2022; 14(2):252-262
19. Shastry, S., Shivhare, A., Murugesan, M., & Baliga, P. B. Red Cell Storage Lesion and The Effect of Buffycoat Reduction on The Biochemical Parameters. *Transfusion and Apheresis Science*, 2019. 58(2), 179-182.