

Perubahan Kualitas *Thrombocyte Concentrate* Berdasarkan Kadar Glukosa, LDH dan MPV Selama Masa Penyimpanan

Nur Hasirin¹, Suci Indah Astuti^{2*}, M.Fahmi Aminuddin³, La Ode Marsudi⁴

^{1,4} Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Laboratorium Medis, Institut Teknologi dan Kesehatan Sains Wiyata Husada Samarinda

^{2,3} Program Studi D-III Analisis Kesehatan, Institut Teknologi dan Kesehatan Sains Wiyata Husada Samarinda

Open Access Freely Available Online

Dikirim: 30 Juli 2026

Direvisi: 25 Agustus 2026

Diterima: 25 Agustus 2026

*Penulis Korespondensi:

E-mail:

suciindah@itkeswhs.ac.id

ABSTRAK

Thrombocyte Concentrate (TC) disimpan maksimal lima hari pada suhu 20–24°C dengan agitasi kontinu. Selama penyimpanan, terjadi *platelet storage lesion* yang menurunkan kualitas TC. Penelitian ini bertujuan menganalisis perubahan kualitas TC berdasarkan kadar glukosa, *Lactate Dehydrogenase* (LDH), dan *Mean Platelet Volume* (MPV) selama penyimpanan hari ke-1, 3, dan 5. Penelitian eksperimental dengan rancangan *repeated measures* ini menggunakan 30 kantong TC (*purposive sampling*). Kadar glukosa dan LDH diukur menggunakan Cobas c311, sedangkan MPV menggunakan Sysmex XN-1000. Uji statistik disesuaikan dengan distribusi data. Hasil menunjukkan rerata glukosa menurun signifikan dari 456,63±40,86 mg/dL (hari ke-1) menjadi 443,27±47,66 mg/dL (hari ke-3) dan 429,00±50,35 mg/dL (hari ke-5) ($p<0,001$). Rerata LDH meningkat dari 151,03±41,23 U/L menjadi 173,30±60,03 U/L dan 180,40±67,25 U/L ($p<0,001$), serta rerata MPV meningkat dari 8,11±0,51 fL menjadi 8,96±0,57 fL dan 10,59±0,79 fL ($p<0,001$). Disimpulkan bahwa lama penyimpanan berpengaruh signifikan terhadap penurunan kualitas TC melalui perubahan metabolik, kerusakan membran, dan perubahan morfologi trombosit.

Kata kunci: *Thrombocyte Concentrate*, glukosa, *Lactate Dehydrogenase*, *Mean Platelet Volume*, penyimpanan

ABSTRACT

Thrombocyte Concentrate (TC) is stored for a maximum of five days at 20–24°C under continuous agitation. Storage leads to platelet storage lesion, which degrades TC quality. This study aimed to analyze TC quality changes based on glucose, lactate dehydrogenase (LDH), and mean platelet volume (MPV) levels during storage on days 1, 3, and 5. An experimental study with a repeated-measures design was conducted on 30 PC units (*purposive sampling*). Glucose and LDH levels were measured using the Cobas c311 analyzer, while MPV was measured using Sysmex XN-1000. Statistical tests were performed based on data distribution. Results showed that mean glucose levels decreased significantly from 456.63±40.86 mg/dL (day 1) to 443.27±47.66 mg/dL (day 3) and 429.00±50.35 mg/dL (day 5) ($p<0.001$). Mean LDH increased from 151.03±41.23 U/L to 173.30±60.03 U/L and 180.40±67.25 U/L ($p<0.001$), while mean MPV increased from 8.11±0.51 fL to 8.96±0.57 fL and 10.59±0.79 fL ($p<0.001$). In conclusion, storage duration significantly affects PC quality, causing metabolic changes, membrane damage, and morphological alterations in platelets.

Keywords: *platelet concentrate*, glucose, *lactate dehydrogenase*, *mean platelet volume*, storage

PENDAHULUAN

Pelayanan transfusi darah merupakan bagian penting dalam sistem pelayanan kesehatan karena berperan dalam menunjang terapi berbagai kondisi klinis, seperti perdarahan masif, keganasan hematologi, trombositopenia, maupun tindakan bedah mayor. Salah satu komponen darah yang banyak digunakan adalah *Thrombocyte Concentrate* (TC), yaitu komponen yang berfungsi

meningkatkan jumlah trombosit dan mempertahankan hemostasis pada pasien dengan gangguan jumlah maupun fungsi trombosit. Berbeda dengan komponen darah lainnya, TC hanya dapat disimpan selama maksimal lima hari pada suhu 20–24°C dengan agitasi kontinu untuk mempertahankan viabilitas dan fungsi trombosit. Meskipun disimpan dalam kondisi yang direkomendasikan, trombosit tetap mengalami

aktivitas metabolik sehingga kualitasnya akan menurun secara bertahap selama masa simpan akibat terjadinya *platelet storage lesion* (PSL) (Garraud *et al.*, 2023; Negoro & Indrayana, 2023; *World Health Organization*, 2023).

Penurunan kualitas TC selama penyimpanan ditandai oleh berbagai perubahan biokimia dan morfologi, antara lain penurunan kadar glukosa akibat proses glikolisis yang terus berlangsung, peningkatan produksi laktat yang menyebabkan penurunan pH, pelepasan enzim *Lactate Dehydrogenase* (LDH) sebagai indikator kerusakan membran sel, serta perubahan ukuran trombosit yang tercermin melalui peningkatan *Mean Platelet Volume* (MPV). Perubahan-perubahan tersebut merupakan bagian dari proses PSL yang dapat menurunkan viabilitas dan fungsi trombosit sehingga berpotensi mengurangi efektivitas terapi transfusi apabila produk yang telah mengalami penurunan kualitas tetap diberikan kepada pasien (Astuti, 2020; Dinutanayo *et al.*, 2024; Mentari *et al.*, 2020).

Di Indonesia, kebutuhan terhadap TC terus meningkat seiring berkembangnya pelayanan kesehatan dan meningkatnya jumlah pasien yang memerlukan terapi transfusi trombosit. Berdasarkan data Unit Pengelola Darah RSUD Aji Batara Agung Dewa Sakti (RSUD ABADI) Samboja tahun 2025, produksi dan penggunaan TC mencapai 245 kantong dalam satu tahun dengan pola permintaan yang berfluktuasi, menunjukkan bahwa ketersediaan komponen darah berkualitas menjadi aspek penting dalam pelayanan transfusi. Meskipun proses penyimpanan telah dilakukan menggunakan *platelet agitator* dengan inkubator sesuai standar, pemantauan kualitas TC sebelum transfusi belum dilakukan secara rutin. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa evaluasi kualitas selama masa simpan masih memerlukan perhatian sebagai bagian dari pengendalian mutu komponen darah (Laporan Tahunan UPDRS, 2025; Permenkes RI, 2015).

Berbagai penelitian sebelumnya telah melaporkan adanya perubahan kualitas trombosit selama penyimpanan. Mentari *et al.* (2020) menunjukkan bahwa kadar glukosa menurun, sedangkan LDH dan MPV meningkat seiring bertambahnya masa simpan. Astuti (2020) melaporkan adanya peningkatan indeks trombosit selama penyimpanan, sedangkan Dinutanayo *et al.* (2024) menekankan pentingnya agitasi dalam mempertahankan kualitas trombosit. Namun, sebagian besar penelitian masih mengevaluasi parameter kualitas secara terpisah atau hanya

berfokus pada satu aspek perubahan trombosit. Penelitian yang mengintegrasikan parameter metabolik, indikator kerusakan membran, dan perubahan morfologi dalam satu analisis menggunakan pengukuran berulang (*repeated measures*) masih relatif terbatas, khususnya pada kondisi penyimpanan rutin di unit pengelola darah rumah sakit di Indonesia.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan menganalisis perubahan kualitas *Thrombocyte Concentrate* (TC) selama penyimpanan hari ke-1, ke-3, dan ke-5 berdasarkan kadar glukosa, *Lactate Dehydrogenase* (LDH), dan *Mean Platelet Volume* (MPV). Pengukuran ketiga parameter tersebut diharapkan mampu memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai perubahan metabolisme, kerusakan membran sel, dan perubahan morfologi trombosit selama penyimpanan sehingga dapat menjadi dasar dalam evaluasi mutu komponen darah sebelum digunakan untuk terapi transfusi.

METODE

Desain Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen laboratorium dengan rancangan *repeated measures design*, yaitu pengukuran dilakukan secara berulang terhadap sampel TC yang sama pada tiga waktu penyimpanan, yaitu hari ke-1, hari ke-3, dan hari ke-5. Penelitian dilaksanakan pada Januari–April 2026 di Unit Pengelola Darah (UPD) dan Laboratorium Patologi Klinik RSUD Aji Batara Agung Dewa Sakti (RSUD ABADI) Samboja, Kalimantan Timur.

Populasi dan Sampel

Populasi penelitian adalah seluruh kantong TC yang diproduksi di Unit Pengelola Darah RSUD Aji Batara Agung Dewa Sakti (RSUD ABADI) Samboja selama tahun 2025 sebanyak 245 kantong. Besar sampel ditentukan menggunakan *a priori power analysis* dengan aplikasi G*Power versi 3.1.9.7 pada uji *Repeated Measures ANOVA (within factors)* menggunakan tingkat signifikansi 5%, *power* 80%, dan *effect size* sedang ($f = 0,25$) (Kang, 2021; Lakens, 2022). Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh kebutuhan minimal sebanyak 28 sampel, kemudian ditambah sekitar 10% untuk mengantisipasi kehilangan data sehingga jumlah sampel yang digunakan sebanyak 30 kantong TC. Teknik pengambilan sampel menggunakan *purposive sampling* sesuai kriteria inklusi dan eksklusi penelitian.

Prosedur Penelitian

Sampel TC dipilih berdasarkan kriteria penelitian dan disimpan menggunakan *platelet agitator* dengan inkubator pada suhu 20–24°C sesuai standar penyimpanan trombosit. Pengamatan dilakukan pada hari ke-1, hari ke-3, dan hari ke-5 penyimpanan. Pada setiap waktu pengamatan dilakukan pengambilan sampel dari selang kantong darah untuk pemeriksaan parameter kualitas. Kadar glukosa dan LDH diperiksa menggunakan Cobas c311 *Chemistry Analyzer*, sedangkan MPV diperiksa menggunakan Sysmex XN-1000 *Hematology Analyzer* sesuai prosedur operasional standar laboratorium. Seluruh pemeriksaan dilakukan menggunakan alat, reagen, operator, dan prosedur yang sama untuk meminimalkan variasi pengukuran.

Variabel Penelitian

Variabel bebas penelitian adalah lama penyimpanan TC, yaitu hari ke-1, hari ke-3, dan hari ke-5. Variabel terikat meliputi kadar glukosa sebagai indikator metabolisme trombosit, kadar LDH sebagai indikator kerusakan membran sel, dan nilai MPV sebagai indikator perubahan morfologi trombosit selama penyimpanan.

Analisis Data

Data dianalisis menggunakan IBM SPSS Statistics versi 25. Analisis deskriptif disajikan dalam bentuk rerata dan simpangan baku. Uji normalitas dilakukan menggunakan *Shapiro–Wilk*. Data yang berdistribusi normal dianalisis menggunakan *Repeated Measures Analysis of Variance* (ANOVA), sedangkan data yang tidak berdistribusi normal dianalisis menggunakan uji *Friedman*. Analisis dilanjutkan dengan uji *post hoc* menggunakan Bonferroni untuk data parametrik dan *Wilcoxon Signed Rank Test* untuk data nonparametrik. Seluruh pengujian menggunakan tingkat kemaknaan dengan nilai signifikansi $p < 0,05$.

Etika Penelitian

Penelitian ini telah memperoleh persetujuan etik dari Komisi Etik Penelitian Kesehatan (KEPK) ITKES Wiyata Husada Samarinda berdasarkan Surat Keterangan Layak Etik Nomor: 469/ITKES-WHS/KEPK/EC/2026, serta persetujuan etik dari RSUD Aji Batara Agung Dewa Sakti (RSUD ABADI) Samboja, berdasarkan Surat Keterangan Lulus Uji Etik Nomor: B-3708/RSABADI/800.1.10.4/7/2026. Seluruh data penelitian dijaga kerahasiaannya dan hanya digunakan untuk kepentingan ilmiah. Sampel yang digunakan berupa komponen darah

Thrombocyte Concentrate (TC) sehingga penelitian tergolong berisiko minimal, dan seluruh prosedur dilaksanakan sesuai dengan standar operasional prosedur Unit Pengelola Darah serta Laboratorium RSUD Aji Batara Agung Dewa Sakti (RSUD ABADI) Samboja.

HASIL

Penelitian ini menggunakan 30 kantong *Thrombocyte Concentrate* (TC) yang memenuhi kriteria inklusi dan diamati secara berulang pada hari ke-1, hari ke-3, dan hari ke-5 penyimpanan. Parameter yang dianalisis meliputi kadar glukosa, *Lactate Dehydrogenase* (LDH), dan *Mean Platelet Volume* (MPV) sebagai indikator perubahan kualitas trombosit selama penyimpanan. Hasil penelitian disajikan diawali dengan karakteristik pendonor, kemudian dilanjutkan dengan hasil pengukuran deskriptif dan narasi analisis statistik untuk masing-masing parameter.

Karakteristik pendonor disajikan pada Tabel 1. Sebagian besar pendonor berjenis kelamin laki-laki sebanyak 19 orang (63,3%), sedangkan pendonor perempuan sebanyak 11 orang (36,7%). Berdasarkan golongan darah, golongan darah O merupakan kelompok terbanyak yaitu 12 orang (40,0%), diikuti golongan darah B sebanyak 9 orang (30,0%), golongan darah A sebanyak 8 orang (26,7%), dan golongan darah AB sebanyak 1 orang (3,3%). Berdasarkan kelompok usia, mayoritas pendonor berada pada rentang usia 20–29 tahun sebanyak 12 orang (40,0%), diikuti kelompok usia 40–49 tahun sebanyak 8 orang (26,7%), kelompok usia 30–39 tahun sebanyak 7 orang (23,3%), dan kelompok usia 50–59 tahun sebanyak 3 orang (10,0%).

Tabel 1
Distribusi Karakteristik Pendonor

Karakteristik	Frekuensi (n)	Persentase (%)
Jenis Kelamin		
Laki-laki	19	63,3
Perempuan	11	36,7
Golongan Darah		
A	8	26,7
B	9	30,0
O	12	40,0
AB	1	3,3
Usia		
20–29 tahun	12	40,0
30–39 tahun	7	23,3
40–49 tahun	8	26,7
50–59 tahun	3	10,0

Rerata kadar glukosa pada TC mengalami penurunan yang konsisten selama masa penyimpanan. Nilai rerata dan simpangan baku kadar glukosa untuk setiap waktu pengamatan disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2
Rerata Kadar Glukosa *Thrombocyte Concentrate* (TC) Selama Masa Penyimpanan

Waktu Penyimpanan	Rerata ± Simpangan Baku (mg/dL)
Hari ke-1	456,63 ± 40,86
Hari ke-3	443,27 ± 47,66
Hari ke-5	429,00 ± 50,35

Hasil uji normalitas menggunakan *Shapiro-Wilk* menunjukkan bahwa data pada hari ke-1 dan hari ke-3 tidak berdistribusi normal, sedangkan data pada hari ke-5 berdistribusi normal. Oleh karena itu, analisis dilanjutkan menggunakan uji *Friedman*, yang menunjukkan adanya perbedaan kadar glukosa yang bermakna selama penyimpanan dengan nilai signifikansi $p < 0,001$. Hasil uji lanjut *Wilcoxon Signed Rank Test* dengan koreksi Bonferroni menunjukkan bahwa seluruh pasangan waktu penyimpanan memiliki perbedaan yang signifikan dengan nilai signifikasnsi $p < 0,05$.

Rerata kadar LDH pada TC menunjukkan kecenderungan meningkat seiring bertambahnya durasi penyimpanan. Nilai rerata dan simpangan baku kadar LDH disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3
Rerata Kadar *Lactate Dehydrogenase* (LDH) *Thrombocyte Concentrate* (TC) Selama Masa Penyimpanan

Waktu Penyimpanan	Rerata ± Simpangan Baku (U/L)
Hari ke-1	151,03 ± 41,23
Hari ke-3	173,30 ± 60,03
Hari ke-5	180,40 ± 67,25

Berdasarkan hasil uji *Shapiro-Wilk*, seluruh data kadar LDH tidak berdistribusi normal ($p <$

0,05) sehingga analisis dilanjutkan menggunakan uji *Friedman*. Hasil analisis menunjukkan adanya perbedaan kadar LDH yang bermakna selama masa penyimpanan ($p < 0,001$). Uji lanjut *Wilcoxon Signed Rank Test* menunjukkan bahwa terdapat perbedaan bermakna antara hari ke-1 dengan hari ke-3 serta hari ke-1 dengan hari ke-5, sedangkan perbandingan antara hari ke-3 dan hari ke-5 tidak menunjukkan perbedaan yang bermakna ($p > 0,05$).

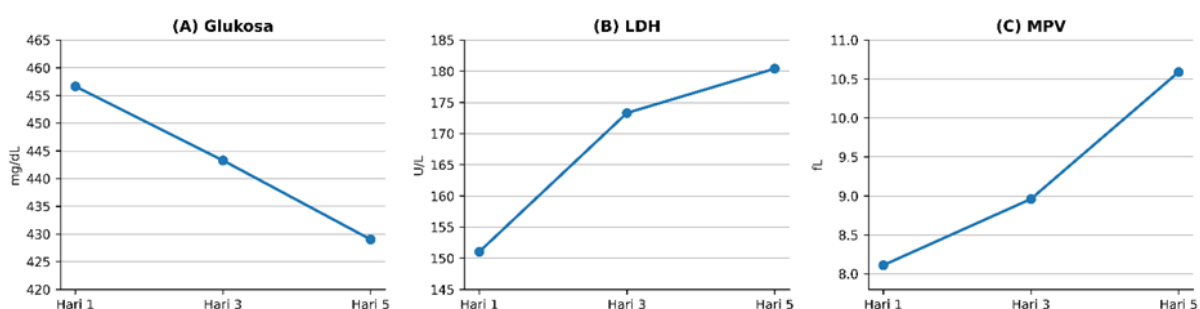
Rerata MPV mengalami peningkatan bertahap selama penyimpanan lima hari. Ringkasan hasil pengukuran rerata dan simpangan baku nilai MPV disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4
Rerata Kadar *Mean Platelet Volume* (MPV) *Thrombocyte Concentrate* (TC) Selama Masa Penyimpanan

Waktu Penyimpanan	Rerata ± Simpangan Baku (fL)
Hari ke-1	8,11 ± 0,51
Hari ke-3	8,96 ± 0,57
Hari ke-5	10,59 ± 0,79

Hasil uji *Shapiro-Wilk* menunjukkan bahwa seluruh data MPV berdistribusi normal sehingga analisis dilanjutkan menggunakan *Repeated Measures Analysis of Variance* (ANOVA). Karena asumsi *sphericity* tidak terpenuhi berdasarkan *Mauchly's Test* ($p = 0,022$), interpretasi dilakukan menggunakan koreksi *Greenhouse-Geisser*. Hasil analisis menunjukkan bahwa lama penyimpanan berpengaruh signifikan terhadap perubahan MPV ($F = 226,442$; $p < 0,001$) dengan *Partial Eta Squared* sebesar 0,886. Uji lanjut Bonferroni menunjukkan bahwa seluruh pasangan waktu penyimpanan memiliki perbedaan MPV yang bermakna secara statistik ($p < 0,001$).

Untuk memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai perubahan kualitas *Thrombocyte Concentrate* selama penyimpanan, gambar 1 menyajikan tren rerata kadar glukosa, LDH, dan MPV berdasarkan hasil penelitian.



Gambar 1. Perubahan rerata parameter kualitas TC selama masa penyimpanan

PEMBAHASAN

Perubahan Metabolisme TC Berdasarkan Kadar Glukosa Selama Penyimpanan

Hasil penelitian pada Tabel 2. menunjukkan bahwa kadar glukosa TC mengalami penurunan secara bertahap selama penyimpanan, yaitu dari $456,63 \pm 40,86$ mg/dL pada hari ke-1 menjadi $443,27 \pm 47,66$ mg/dL pada hari ke-3 dan $429,00 \pm 50,35$ mg/dL pada hari ke-5. Hasil uji *Friedman* menunjukkan bahwa penurunan tersebut bermakna secara statistik ($p < 0,001$), sedangkan uji lanjut *Wilcoxon* menunjukkan perbedaan signifikan pada seluruh waktu penyimpanan. Penurunan kadar glukosa menunjukkan bahwa trombosit tetap melakukan aktivitas metabolik selama penyimpanan sehingga glukosa terus digunakan sebagai sumber energi untuk mempertahankan fungsi dan viabilitas sel. Kondisi ini merupakan salah satu karakteristik PSL yang terjadi selama masa simpan trombosit.

Secara fisiologis, glukosa dimanfaatkan trombosit melalui proses glikolisis untuk menghasilkan *adenosine triphosphate* (ATP) yang diperlukan dalam mempertahankan integritas membran dan fungsi hemostasis. Konsumsi glukosa yang terus berlangsung selama penyimpanan menyebabkan cadangan energi berkurang sehingga berkontribusi terhadap penurunan kualitas trombosit. Laju metabolisme ini juga dipengaruhi oleh variasi donor seperti usia dan kondisi kesehatan metabolik pendonor (Bontekoe *et al.*, 2022; Nahak *et al.*, 2024). Hasil penelitian ini sejalan dengan Mentari *et al.* (2020) yang melaporkan adanya penurunan kadar glukosa selama penyimpanan TC, serta didukung oleh Liu *et al.* (2024) yang menyatakan bahwa metabolisme trombosit tetap berlangsung selama penyimpanan dan menjadi penyebab utama terjadinya perubahan metabolik pada PSL. Dengan demikian, kadar glukosa dapat digunakan sebagai salah satu indikator metabolik dalam pemantauan mutu TC selama penyimpanan.

Perubahan Integritas Membran TC Berdasarkan Kadar *Lactate Dehydrogenase* Selama Penyimpanan

Hasil penelitian pada Tabel 3. menunjukkan bahwa kadar LDH pada TC mengalami peningkatan selama penyimpanan, yaitu dari $151,03 \pm 41,23$ U/L pada hari ke-1 menjadi $173,30 \pm 60,03$ U/L pada hari ke-3 dan $180,40 \pm 67,25$ U/L pada hari ke-5. Hasil uji *Friedman* menunjukkan adanya perbedaan yang bermakna ($p < 0,001$), sedangkan uji lanjut *Wilcoxon* menunjukkan

perbedaan signifikan antara hari ke-1 dengan hari ke-3 serta hari ke-1 dengan hari ke-5, namun tidak terdapat perbedaan bermakna antara hari ke-3 dan hari ke-5. Peningkatan kadar LDH menunjukkan bahwa selama penyimpanan terjadi perubahan integritas membran trombosit yang menyebabkan enzim intraseluler dilepaskan ke dalam plasma penyimpanan. Kondisi ini merupakan salah satu karakteristik PSL yang mencerminkan penurunan kualitas trombosit selama masa simpan.

LDH merupakan enzim intraseluler yang akan dilepaskan ke media penyimpanan ketika terjadi peningkatan permeabilitas atau kerusakan membran trombosit akibat aktivasi matriks metaloproteinase dan degradasi struktural membran sel (Rak-Pasikowska *et al.*, 2024). Oleh karena itu, peningkatan kadar LDH selama penyimpanan lebih mencerminkan perubahan integritas membran sel dibandingkan aktivitas metabolisme itu sendiri. Hasil penelitian ini sejalan dengan Mentari *et al.* (2020) yang melaporkan adanya peningkatan kadar LDH selama penyimpanan TC, serta didukung oleh Dinutanayo *et al.* (2024) yang menyatakan bahwa kerusakan membran trombosit meningkat seiring bertambahnya masa simpan akibat perubahan fisiologis dan metabolik selama penyimpanan. Meskipun peningkatan kadar LDH antara hari ke-3 dan hari ke-5 tidak menunjukkan perbedaan yang bermakna, kecenderungan peningkatan tersebut tetap mengindikasikan bahwa proses kerusakan membran berlangsung hingga akhir masa simpan. Dengan demikian, pemeriksaan LDH dapat dimanfaatkan sebagai salah satu parameter pemantauan mutu dalam mengevaluasi kualitas TC sebelum digunakan untuk terapi transfusi.

Perubahan Morfologi TC Berdasarkan *Mean Platelet Volume* Selama Penyimpanan

Hasil penelitian pada Tabel 4. menunjukkan bahwa rerata MPV pada TC meningkat secara bertahap selama penyimpanan, yaitu dari $8,11 \pm 0,51$ fL pada hari ke-1 menjadi $8,96 \pm 0,57$ fL pada hari ke-3 dan $10,59 \pm 0,79$ fL pada hari ke-5. Hasil *Repeated Measures ANOVA* menunjukkan bahwa lama penyimpanan berpengaruh signifikan terhadap perubahan nilai MPV ($p < 0,001$), sedangkan uji *post hoc* Bonferroni menunjukkan seluruh pasangan waktu penyimpanan memiliki perbedaan yang bermakna. Peningkatan nilai MPV mengindikasikan terjadinya perubahan morfologi trombosit selama penyimpanan, yang merupakan salah satu karakteristik PSL. Perubahan tersebut mencerminkan berkurangnya stabilitas trombosit

akibat proses penyimpanan yang berlangsung secara kontinu.

MPV merupakan parameter hematologi yang menggambarkan ukuran rata-rata trombosit dan sering digunakan sebagai indikator perubahan morfologi selama penyimpanan. Peningkatan nilai MPV dapat terjadi akibat pembengkakan sel (*platelet swelling*), perubahan bentuk trombosit dari diskoid menjadi sferis, serta aktivasi trombosit yang dipicu oleh perubahan metabolik selama masa simpan. Hasil penelitian ini sejalan dengan Astuti (2020) yang melaporkan adanya peningkatan indeks trombosit selama penyimpanan, serta didukung oleh Mentari *et al.* (2020) yang menunjukkan bahwa peningkatan MPV berkaitan dengan perubahan morfologi trombosit akibat PSL. Selain itu, temuan ini sejalan dengan penelitian Situmorang *et al.* (2023) dan Rahman *et al.* (2023) yang mengamati dinamika fisik dan kekeruhan komponen trombosit selama rentang masa simpan 5 hari. Dengan demikian, MPV dapat digunakan sebagai parameter morfologi yang melengkapi pemeriksaan glukosa dan LDH dalam mengevaluasi kualitas TC, karena mencerminkan perubahan struktural trombosit yang terjadi selama penyimpanan.

Integrasi Perubahan Glukosa, Lactate Dehydrogenase, dan Mean Platelet Volume terhadap Kualitas Thrombocyte Concentrate

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penyimpanan TC hingga hari ke-5 menyebabkan penurunan kadar glukosa yang disertai peningkatan kadar LDH dan MPV. Ketiga parameter tersebut menggambarkan tahapan perubahan yang saling berkaitan selama proses PSL. Penurunan kadar glukosa mencerminkan berlangsungnya aktivitas metabolik trombosit yang menyebabkan berkurangnya cadangan energi, sedangkan peningkatan kadar LDH menunjukkan terjadinya perubahan integritas membran akibat pelepasan enzim intraseluler. Di sisi lain, peningkatan nilai MPV menunjukkan adanya perubahan morfologi trombosit sebagai respons terhadap proses metabolik dan kerusakan membran yang berlangsung selama penyimpanan. Perubahan ketiga parameter tersebut mengindikasikan bahwa penurunan kualitas TC tidak disebabkan oleh satu mekanisme tunggal, tetapi merupakan hasil interaksi antara perubahan metabolisme, integritas membran, dan morfologi trombosit.

Secara implikasi klinis, pada gambar 1 menyajikan tren rerata kadar glukosa, LDH, dan MPV berdasarkan hasil penelitian, penurunan glukosa, peningkatan LDH, dan peningkatan MPV

yang signifikan pada hari ke-5 memberikan sinyal perlunya kewaspadaan dalam pelayanan transfusi darah. Trombosit yang telah mengalami pembengkakan (MPV tinggi) dan gangguan integritas membran (LDH tinggi) dapat mengalami penurunan efektivitas hemostatik serta risiko respon pemulihan trombosit (*corrected count increment*) yang suboptimal atau bahkan potensi timbulnya *refractoriness* pada pasien penerima transfusi (Basu *et al.*, 2021; Chen *et al.*, 2024). Penggunaan cairan aditif seperti *Platelet Additive Solution* (PAS) atau teknologi pengurangan leukosit (*leukocyte depletion*) dan *pathogen reduction* dapat dikembangkan untuk memperlambat laju PSL ini (Basu *et al.*, 2021; Rak-Pasikowska *et al.*, 2024).

Temuan penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan glukosa, LDH, dan MPV secara bersamaan memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai kualitas TC dibandingkan penggunaan satu parameter saja. Glukosa berperan sebagai indikator metabolisme, LDH merefleksikan kerusakan membran sel, sedangkan MPV menggambarkan perubahan morfologi trombosit selama penyimpanan. Kombinasi ketiga parameter tersebut dapat menjadi dasar dalam pemantauan mutu komponen darah di Unit Pengelola Darah maupun bank darah rumah sakit untuk mendukung penyediaan TC yang tetap memenuhi standar kualitas sebelum ditransfusikan kepada pasien (Salim *et al.*, 2022). Meskipun penelitian ini terbatas pada tiga parameter laboratorium dan belum mengevaluasi parameter fungsional trombosit seperti *corrected count increment* atau *platelet aggregation*, hasil yang diperoleh memberikan informasi yang bermanfaat sebagai dasar pengembangan penelitian selanjutnya mengenai evaluasi kualitas TC selama masa penyimpanan.

SIMPULAN

Terdapat perubahan yang signifikan pada kadar glukosa, *Lactate Dehydrogenase* (LDH), dan *Mean Platelet Volume* (MPV) pada *Thrombocyte Concentrate* (TC) selama penyimpanan hari ke-1, hari ke-3, dan hari ke-5 ($p < 0,05$). Rerata kadar glukosa mengalami penurunan, sedangkan kadar LDH dan MPV meningkat secara bertahap selama masa penyimpanan. Perubahan tersebut menunjukkan adanya *platelet storage lesion* yang berkaitan dengan aktivitas metabolisme, kerusakan membran sel, dan perubahan morfologi trombosit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa glukosa, LDH, dan MPV berpotensi menjadi parameter pendukung dalam evaluasi kualitas TC selama

penyimpanan. Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan jumlah sampel yang lebih besar, interval pengamatan yang lebih rapat sesuai ketentuan masa simpan, serta menambahkan parameter mutu seperti pH, *swirling*, *platelet count*, PDW, P-LCR, laktat, ATP, dan fungsi agregasi trombosit. Faktor metode preparasi, jenis kantong darah, teknologi penyimpanan, karakteristik donor, dan *pathogen reduction* juga perlu dievaluasi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Institut Teknologi Kesehatan dan Sains Wiyata Husada Samarinda atas dukungan akademik selama pelaksanaan penelitian. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada RSUD Aji Batara Agung Dewa Sakti (RSUD ABADI) Samboja, khususnya Unit Pengelola Darah dan Laboratorium Patologi Klinik, atas izin, fasilitas, dan bantuan teknis selama proses pengambilan sampel serta pemeriksaan laboratorium. Apresiasi turut disampaikan kepada seluruh pihak yang telah memberikan dukungan dan kontribusi sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik.

REFERENSI

- Astuti, D. (2020). *Nilai Indeks Trombosit Sebagai Kontrol Kualitas Komponen Konsentrat Trombosit. Meditory: The Journal of Medical Laboratory*, 8(2), 85–94. <https://doi.org/https://doi.org/10.33992/m.v8i2.1238>
- Astuti, D., Maharani, E. A., & Susadma, H. (2021). Platelet Morphological Assessment Based on Shelf-Life of Concentrated Platelet Components. *Biomedika*, 14(2), 69–76. <https://doi.org/10.31001/biomedika.v14i2.1077>
- Basu, D., Basu, S., Radhakrishnan, V. S., Bhattacharya, S., Chakraborty, S., Sinha, S., & Chandy, M. (2021). Comparison of Quality and Efficacy of Apheresis Platelets Stored in Platelet Additive Solution Vis a Vis Plasma. *Indian Journal of Hematology and Blood Transfusion*, 37(4), 648–657. <https://doi.org/10.1007/s12288-021-01408-x>
- Bontekoe, I. J., van der Meer, P. F., Tanis, B. C., de Korte, D., Verhoeven, A. J., Raat, N. J. H., Specht, P. A. C., Mik, E. G., & Klei, T. R. L. (2022). Donor variation in stored platelets: Higher metabolic rates of platelets are associated with mean platelet volume, activation and donor health. *Transfusion*, 62(12), 2609–2620. <https://doi.org/10.1111/trf.17160>
- Chen, X., Zhao, Y., Lv, Y., & Xie, J. (2024). Immunological platelet transfusion refractoriness: current insights from mechanisms to therapeutics. In *Platelets* (Vol. 35, Number 1). Taylor and Francis Ltd. <https://doi.org/10.1080/09537104.2024.2306983>
- Dinutanayo, W. W., Kusriadi, K., & Amien, A. Z. (2024). Impact of Agitation on Platelet Concentrate Quality: A Time-Series Analysis of Platelet Counts. *Jurnal Kesehatan*, 16(2), 218–226. <https://doi.org/10.26630/jk.v16i2.4582>
- Garraud, O., Hamzeh-Cognasse, H., Chalayer, E., Duchez, A. C., Tardy, B., Oriol, P., Haddad, A., Guyotat, D., & Cognasse, F. (2023). Platelet transfusion in adults: An update. In *Transfusion Clinique et Biologique* (Vol. 30, Number 1, pp. 147–165). Elsevier Masson s.r.l. <https://doi.org/10.1016/j.tracli.2022.08.147>
- Kang, H. (2021). Sample size determination and power analysis using the G*Power software. In *Journal of Educational Evaluation for Health Professions* (Vol. 18). Korea Health Personnel Licensing Examination Institute. <https://doi.org/10.3352/JEEHP.2021.18.17>
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2015). *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 91 Tahun 2015 tentang standar pelayanan transfusi darah*.
- Lakens, D. (2022). Sample Size Justification. *Collabra: Psychology*, 8(1), 33267. <https://doi.org/10.1525/collabra.33267>
- Liu, C., Su, Y., Guo, W., Ma, X., & Qiao, R. (2024). The platelet storage lesion, what are we working for? *Journal of Clinical Laboratory Analysis* 38(1–2), e24994. <https://doi.org/10.1002/jcla.24994>
- Mentari, D., Pebrina, R., & Nurpratami, D. (2020). Pengaruh Waktu Simpan Terhadap Perubahan pH, Kadar Glukosa, Laktat Dehidrogenas (LDH), Kalsium, Mean Platelet Volume (MVP) Sebagai Indikator Kualitas Thrombocyte Concentrate. *Biomedika*, 12(1). <https://doi.org/10.23917/biomedika.v12i1.8981>
- Nahak Bria, T. C., Mentari, D., Sepvianti, W., Pebriani, R., Tirtana, A., & Nurpratami, D. (2024). Evaluasi Kualitas Thrombocyte Concentrate Selama Masa Simpan Lima Hari Berdasarkan Variasi Usia Pendonor. *Medika Kartika Jurnal Kedokteran Dan Kesehatan*,

- 7(2), 112–123.
<https://doi.org/10.35990/mk.v7n2.p112-123>
- Negoro, M. S. A. S., & Indrayana, T. (2023). Effect of the Processing and Storage of Thrombocyte Concentrate on the Acidity (Ph) Levels and the Amount of Platerombocites. *Jurnal Biosains Pascasarjana*, 25(1), 60–65.
<https://doi.org/10.20473/jbp.v25i1.2023.60-65>
- Rahman, A., Sepvianti, W., Tirtana, A., Widyaswara, G., & Zain, K. R. (2023). Evaluasi Kualitas Thrombocyte Concentrate (TC) Berdasarkan Kadar pH, Level Kekeruhan, dan Swirling Selama Masa Penyimpanan 5 Hari. *Jurnal Kesehatan Rajawali*, 13(1), 1–4.
<https://doi.org/10.54350/jkr.v13i1.159>
- Rajashekaraiah, V. , & R. M. C. (2022). Platelet storage: Progress so far. *Journal of Thrombosis and Thrombolysis*, 55(1), 9–17.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s11239-022-02716-3>
- Rak-Pasikowska, A., Hałucha, K., Sapa-Wojciechowska, A., Wrzyszczy, A., Gałuszka, W., Pęczak-Solińska, A., & Bil-Lula, I. (2024). The Effect of Leukocyte Removal and Matrix Metalloproteinase Inhibition on Platelet Storage Lesions. *Cells*, 13(6).
<https://doi.org/10.3390/cells13060506>
- Selim, R. A., Abd El Messih, I. Y., & Abd El Hamid Mohammed, A. (2022). Quality control assessment of platelet concentrates in blood bank. *Journal of Positive School Psychology*, 6(2), 2453–2463.
- Situmorang, P. R., Hot, M. M., Debataraja, R., Vera, R., Tarigan, B., & Manik, C. (2023). Perbedaan Jumlah Konsentrat Trombosit Pada Penyimpanan Hari 1,3,5 Di Unit Donor Darah PMI Kota Medan. *Jurnal Kesehatan Tambusai*, 4(3), 4380–4387.
<https://doi.org/10.31004/jkt.v4i3.18104>
- Trochanowska-Pauk, N., Walski, T., Bohara, R., Mikolas, J., & Kubica, K. (2024). Platelet Storage—Problems, Improvements, and New Perspectives. *International Journal of Molecular Sciences* 25(14), 777.
<https://doi.org/10.3390/ijms25147779>
- World Health Organization. (2023). *Guidance on ensuring a sufficient supply of safe blood and blood components during emergencies*.
<https://www.who.int/publications/b/65654>