E-ISSN : 2774-4655
FORTE JOURNAL
Universitas Haji Sumatera Utara
FJ | https://www.ojs.unhaj.ac.id/index.php/fj | Volume 05 | Nomor 02 | Juli| 2025 | Halaman 420-428

SIMULASI PLATELET-RICH PLASMA (PRP): PENGARUH KONSENTRASI DAN AKTIVASI TERHADAP MODEL PENYEMBUHAN LUKA

Pravil Mistryanto Tambunan[1]
[1]Universitas Tjut Nyak Dhien, Medan, Indonesia
Email: [1]praviltambunan91@gmail.com
* corresponding author

Abstrak

Platelet-Rich Plasma (PRP) merupakan salah satu inovasi dalam terapi regeneratif yang memanfaatkan konsentrasi trombosit tinggi untuk mempercepat proses penyembuhan luka. Penelitian ini mensimulasikan pemisahan PRP di laboratorium dan menganalisis efek aktivasi PRP terhadap pembentukan gel fibrin sebagai model penyembuhan luka. Proses sentrifugasi menghasilkan fraksi PRP simulasi dengan konsentrasi protein sebesar 5,2 mg/mL, sedangkan fraksi PPP hanya 2,1 mg/mL, berdasarkan hasil spektrofotometri pada panjang gelombang 280 nm. Aktivasi PRP menggunakan $CaCl_2$ 10% mempercepat pembentukan gel fibrin, dengan waktu rata-rata koagulasi 3,5 menit, dibandingkan PRP non-aktif (8,7 menit) dan PPP (tidak membentuk gel hingga 15 menit). Hasil ini menegaskan bahwa aktivasi PRP secara signifikan meningkatkan kecepatan dan kualitas pembentukan gel fibrin, yang berperan penting dalam proses regenerasi jaringan. Simulasi ini memberikan pemahaman mendasar mengenai mekanisme kerja PRP, sekaligus menyoroti pentingnya teknik aktivasi dalam optimalisasi manfaat klinis PRP. Secara keseluruhan, penelitian ini membuktikan bahwa konsentrasi protein dan aktivasi PRP merupakan faktor kunci dalam efektivitas terapi regeneratif, dengan simulasi laboratorium ini memberikan model pembelajaran yang aman dan praktis untuk memahami mekanisme dasar PRP. Temuan ini diharapkan dapat menjadi dasar pengembangan praktikum biomedis dan terapi regeneratif berbasis PRP di masa depan.

Kata kunci: Platelet-Rich Plasma, aktivasi PRP, penyembuhan luka, gel fibrin, simulasi laboratorium

Abstract

Platelet-Rich Plasma (PRP) is an innovative approach in regenerative therapy that utilizes high platelet concentrations to accelerate the wound healing process. This study simulates the separation of PRP in the laboratory and analyzes the effect of PRP activation on fibrin gel formation as a wound healing model. The centrifugation process yielded a simulated PRP fraction with a protein concentration of 5.2 mg/mL, while the PPP fraction contained only 2.1 mg/mL, as measured by spectrophotometry at a wavelength of 280 nm. Activation of PRP using 10% $CaCl_2$ accelerated fibrin gel formation, with an average coagulation time of 3.5 minutes, compared to non-activated PRP (8.7 minutes) and PPP (which did not form a gel up to 15 minutes). These results confirm that PRP activation significantly enhances the speed and quality of fibrin gel formation, which plays a crucial role in tissue regeneration. This simulation provides a fundamental understanding of PRP mechanisms while highlighting the importance of activation techniques in optimizing the clinical benefits of PRP. Overall, this study demonstrates that protein concentration and PRP activation are key factors in the effectiveness of regenerative therapy, with this laboratory simulation providing a safe and practical learning model for understanding the basic mechanisms of PRP. These findings are expected to serve as a basis for the development of future PRP-based biomedical practicum and regenerative therapies.

Keywords: *Platelet-Rich Plasma, PRP activation, wound healing, fibrin gel, laboratory simulation*

Submitted : 10/05/25	**Reviewed :** 21/05/25	**Accepted :** 08/7/25

PENDAHULUAN

Proses penyembuhan luka merupakan fenomena biologis yang kompleks, melibatkan interaksi berbagai sel, faktor pertumbuhan, dan matriks ekstraseluler untuk mengembalikan integritas jaringan yang rusak. Mempercepat dan mengoptimalkan proses regenerasi jaringan menjadi tantangan utama dalam dunia medis, terutama pada luka kronis atau luka dengan risiko komplikasi tinggi. Salah satu inovasi dalam bidang biomedis yang mendukung proses penyembuhan adalah penggunaan Platelet-Rich Plasma (PRP).

PRP adalah plasma darah yang mengandung konsentrasi trombosit lebih tinggi dibandingkan darah normal. Trombosit berperan penting dalam hemostasis dan penyembuhan luka karena mengandung faktor pertumbuhan seperti Platelet-Derived Growth Factor (PDGF), Transforming Growth Factor-beta (TGF-β), Vascular Endothelial Growth Factor (VEGF), dan Epidermal Growth Factor (EGF) yang merangsang proliferasi sel, angiogenesis, dan sintesis matriks ekstraseluler (Dhurat & Sukesh, 2014).

Efektivitas PRP sangat dipengaruhi oleh metode persiapan dan aktivasi. Aktivasi trombosit, misalnya dengan kalsium klorida ($CaCl_2$) atau trombin, memicu pelepasan faktor pertumbuhan dan pembentukan gel fibrin yang berfungsi sebagai scaffold alami untuk migrasi dan proliferasi sel (Anitua et al., 2004). Oleh karena itu, pemahaman mekanisme aktivasi PRP dan pengaruhnya terhadap pembentukan gel fibrin sangat penting untuk mengoptimalkan manfaat klinis PRP.

Penggunaan PRP sebagai terapi regeneratif telah diterapkan di berbagai bidang kedokteran, termasuk ortopedi, dermatologi, kedokteran gigi, dan bedah plastik. Studi menunjukkan bahwa PRP dapat mempercepat penyembuhan luka, meningkatkan kualitas jaringan baru, dan mengurangi risiko infeksi. Karena PRP berasal dari darah pasien sendiri (autologous), risiko reaksi imunologis relatif rendah (Foster et al., 2009).

Meskipun demikian, sebagian besar penelitian PRP menggunakan sampel darah manusia yang memiliki keterbatasan dalam hal aksesibilitas, aspek etis, dan variabilitas biologis antar individu. Hal ini menjadi tantangan dalam pembelajaran dan penelitian dasar mengenai mekanisme PRP, terutama dalam konteks pendidikan biomedis. Simulasi pemisahan dan aktivasi PRP di laboratorium dapat menjadi model pembelajaran efektif untuk memahami konsep dasar regenerasi jaringan dan aplikasi terapi berbasis biologi sel. Dengan menggunakan larutan albumin sebagai plasma buatan, proses sentrifugasi, pemisahan fraksi plasma, dan analisis konsentrasi protein menggunakan spektrofotometri dapat dipelajari secara kuantitatif. Simulasi pembentukan gel fibrin melalui aktivasi PRP juga memberikan gambaran nyata mengenai proses koagulasi dan peran scaffold dalam penyembuhan luka (Marx et al., 1998).

Penelitian ini menghadirkan pendekatan inovatif dengan menggunakan larutan albumin 5% sebagai plasma buatan untuk mensimulasikan proses PRP, yang berbeda dengan penelitian sebelumnya yang umumnya menggunakan sampel darah manusia atau hewan. Novelty penelitian ini terletak pada pengembangan model simulasi PRP yang aman, etis, dan mudah diakses untuk tujuan pembelajaran dan penelitian dasar, tanpa mengurangi validitas pemahaman mekanisme fundamental PRP. Lebih lanjut, penelitian ini secara khusus menganalisis hubungan kuantitatif antara konsentrasi protein hasil pemisahan dan efektivitas aktivasi PRP dalam pembentukan gel fibrin, yang memberikan data empiris untuk optimalisasi parameter PRP dalam aplikasi klinis.

Kontribusi spesifik penelitian ini meliputi: (1) pengembangan protokol simulasi PRP menggunakan albumin yang dapat direplikasi di laboratorium pendidikan, (2) analisis kuantitatif perbandingan konsentrasi protein antara fraksi PRP dan PPP simulasi, dan (3) evaluasi efektivitas aktivasi $CaCl_2$ terhadap pembentukan gel fibrin sebagai indikator kualitas PRP. Data kuantitatif yang diperoleh, seperti konsentrasi protein dan

waktu koagulasi, diharapkan memberikan pemahaman mendalam mengenai mekanisme kerja PRP dan menjadi dasar pengembangan terapi regeneratif berbasis PRP di masa depan (Everts et al., 2006).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan larutan albumin 5% sebagai plasma buatan untuk mensimulasikan proses pemisahan Platelet-Rich Plasma (PRP) secara sederhana di laboratorium. Larutan albumin dimasukkan ke dalam tabung reaksi steril sebanyak 5 mL, kemudian dilakukan sentrifugasi pada kecepatan 1500 rpm selama 10 menit untuk memisahkan fraksi kaya protein yang menjadi PRP simulasi dan fraksi miskin protein yang berperan sebagai Platelet-Poor Plasma (PPP). Setelah proses sentrifugasi selesai, fraksi atas yang mengandung konsentrasi protein lebih tinggi diambil sebagai PRP simulasi, sedangkan fraksi bawah diambil sebagai PPP untuk analisis lebih lanjut.

Selanjutnya, PRP simulasi dibagi menjadi dua kelompok, yaitu kelompok PRP non-aktif sebagai kontrol dan kelompok PRP yang diaktivasi dengan penambahan larutan kalsium klorida ($CaCl_2$) 10% sebanyak 10% volume PRP. Pemilihan konsentrasi $CaCl_2$ 10% didasarkan pada penelitian Anitua et al. (2004) yang menunjukkan bahwa konsentrasi kalsium 10-25 mM optimal untuk aktivasi trombosit dan pelepasan faktor pertumbuhan, dengan $CaCl_2$ 10% setara dengan konsentrasi kalsium sekitar 27 mM yang berada dalam rentang optimal tersebut. Rasio penambahan 10% volume dipilih berdasarkan protokol Marx et al. (1998) yang menyatakan bahwa rasio aktivator 1:10 memberikan keseimbangan antara efektivitas aktivasi dan mempertahankan viskositas gel yang sesuai untuk aplikasi klinis.

Campuran PRP dan $CaCl_2$ kemudian diinkubasi pada suhu 37°C untuk mengamati pembentukan gel fibrin sebagai model penyembuhan luka. Suhu inkubasi 37°C dipilih karena merupakan suhu fisiologis tubuh manusia yang optimal untuk aktivitas enzim koagulasi, terutama trombin dan fibrinogen dalam pembentukan fibrin, sebagaimana dilaporkan oleh Everts et al. (2006). Waktu pembentukan gel atau koagulasi dicatat menggunakan stopwatch dari saat aktivasi hingga terbentuk gel yang stabil.

Selain $CaCl_2$, larutan trombin juga dapat digunakan sebagai aktivator alternatif dengan mekanisme yang berbeda. Trombin bekerja langsung mengkonversi fibrinogen menjadi fibrin, sedangkan $CaCl_2$ berfungsi sebagai kofaktor dalam kaskade koagulasi yang mengaktivasi faktor koagulasi intrinsik (Dohan Ehrenfest et al., 2009). Penelitian ini fokus pada aktivasi dengan $CaCl_2$ karena lebih mudah diperoleh, memiliki stabilitas yang baik, dan memberikan kontrol yang lebih baik terhadap kecepatan koagulasi dibandingkan trombin yang bekerja sangat cepat dan sulit dikontrol dosisnya (Castillo et al., 2011).

Pengukuran konsentrasi protein pada fraksi PRP simulasi dan PPP dilakukan menggunakan spektrofotometer UV-Vis (Shimadzu UV-1800, Jepang) pada panjang gelombang 280 nm. Panjang gelombang 280 nm dipilih karena merupakan panjang gelombang absorpsi maksimum untuk protein, khususnya asam amino aromatik triptofan dan tirosin dalam albumin (Pace et al., 1995). Sampel diencerkan sesuai kebutuhan agar nilai absorbansi berada dalam rentang linearitas kurva standar (0,1-1,0 unit absorbansi) untuk memastikan akurasi pengukuran sesuai hukum Beer-Lambert. Pengukuran dilakukan dalam triplikat untuk memastikan data yang diperoleh valid dan reliabel.

Konsentrasi protein dihitung menggunakan persamaan kurva standar albumin dengan koefisien ekstingsi molar (ε) = 43,824 $M^{-1}cm^{-1}$ pada 280 nm, dengan rumus: Konsentrasi (mg/mL) = (Absorbansi × faktor pengenceran) / koefisien ekstingsi molar × berat molekul albumin (66,5 kDa). Variabel bebas dalam

penelitian ini adalah aktivasi PRP (dengan $CaCl_2$ dan tanpa aktivasi), sedangkan variabel terikatnya meliputi konsentrasi protein (dalam mg/mL) dan waktu pembentukan gel fibrin (dalam menit). Variabel kontrol yang dijaga konstan meliputi penggunaan larutan albumin sebagai plasma buatan, suhu inkubasi, dan waktu sentrifugasi.

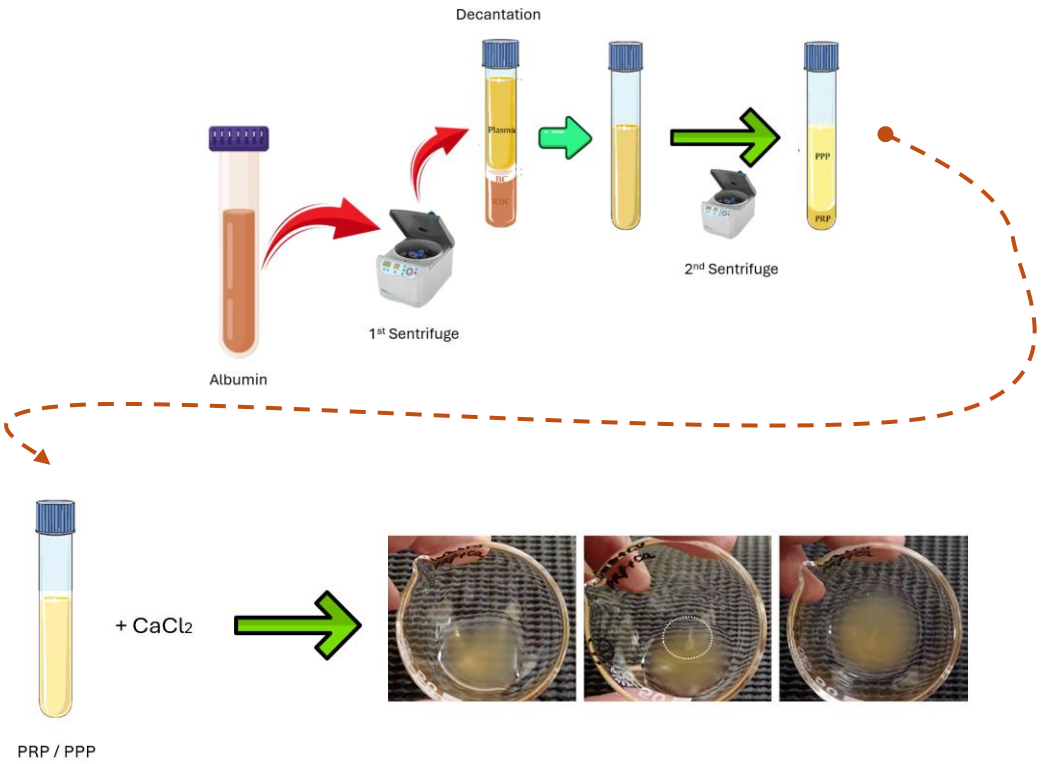
Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi mikropipet dan tips (Eppendorf Research Plus, 10-100 µL dan 100-1000 µL), tabung reaksi steril (Falcon 15 mL), sentrifus mikrohematokrit dengan pengaturan kecepatan 1500 rpm dan waktu 10 menit (Hettich EBA 20), spektrofotometer UV-Vis untuk analisis protein (Shimadzu UV-1800), stopwatch atau timer untuk pengukuran waktu koagulasi (Casio HS-3V), serta inkubator suhu 37°C (Memmert IN30). Seluruh prosedur dilakukan di meja kerja steril dengan penggunaan alat pelindung diri (APD) sesuai standar keselamatan laboratorium.

Data yang diperoleh dianalisis secara deskriptif dan komparatif dengan menghitung rata-rata dan standar deviasi untuk setiap kelompok. Sebelum analisis statistik, dilakukan uji normalitas data menggunakan uji Shapiro-Wilk ($n \leq 50$) untuk memastikan distribusi normal sebagai syarat penggunaan uji parametrik. Perbedaan antar kelompok dianalisis menggunakan uji t independen dengan tingkat signifikansi $\alpha = 0,05$ untuk data yang berdistribusi normal, atau uji Mann-Whitney U untuk data yang tidak berdistribusi normal. Analisis statistik dilakukan menggunakan perangkat lunak statistik SPSS versi 25.0 (IBM Corporation, USA) untuk memastikan validitas hasil penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini berhasil mensimulasikan pemisahan fraksi plasma kaya protein (PRP simulasi) dan plasma miskin protein (PPP) menggunakan larutan albumin 5% sebagai plasma buatan. Proses sentrifugasi yang dilakukan pada kecepatan 1500 rpm selama 10 menit berdasarkan modifikasi protokol standar PRP yang dikembangkan oleh Marx et al. (1998), dimana kecepatan 1500 rpm dipilih karena cukup untuk memisahkan komponen protein berdasarkan perbedaan densitas tanpa menyebabkan denaturasi protein albumin. Waktu sentrifugasi 10 menit mengacu pada penelitian Dhurat & Sukesh (2014) yang menunjukkan bahwa durasi ini optimal untuk mencapai pemisahan maksimal tanpa mengalami over-centrifugation yang dapat merusak struktur protein. Proses ini menghasilkan dua fraksi yang berbeda secara signifikan dalam hal konsentrasi protein. Fraksi atas yang diambil sebagai PRP simulasi menunjukkan konsentrasi protein yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan fraksi bawah yang berperan sebagai PPP.

Pemilihan parameter sentrifugasi ini didasarkan pada prinsip bahwa pada kecepatan rendah-sedang (1500 rpm), partikel protein albumin dengan densitas yang berbeda akan mengalami sedimentasi differensial, dimana protein dengan densitas lebih tinggi akan mengendap di bagian bawah, sementara fraksi yang lebih kaya protein tetap berada di bagian atas, menyerupai distribusi trombosit dalam PRP asli (Everts et al., 2006). Kecepatan yang lebih tinggi (>3000 rpm) dapat menyebabkan pemisahan yang terlalu drastis dan berpotensi merusak integritas protein, sedangkan kecepatan yang lebih rendah (<1000 rpm) tidak cukup untuk mencapai pemisahan yang optimal (Foster et al., 2009).



Gambar 1. Proses mendapatkan PRP dan PPP dari Albumin serta aktivasi.

Pengukuran konsentrasi protein pada kedua fraksi dilakukan menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 280 nm dengan pengulangan sebanyak lima kali (n=5) untuk memperoleh data yang valid dan reliabel. Hasil pengukuran menunjukkan konsistensi nilai konsentrasi protein pada masing-masing fraksi, yang memperkuat keabsahan simulasi pemisahan PRP.

Selain itu, waktu pembentukan gel fibrin diamati pada tiga kelompok sampel, yaitu PRP yang diaktivasi dengan $CaCl_2$ (PRP aktif), PRP tanpa aktivasi (PRP non-aktif), dan PPP. Waktu koagulasi dicatat menggunakan stopwatch dari saat aktivasi hingga terbentuk gel fibrin yang stabil. Pengukuran ini juga dilakukan sebanyak lima kali untuk mendapatkan gambaran yang representatif mengenai perbedaan efektivitas aktivasi PRP. Berikut ini disajikan data kuantitatif hasil pengukuran konsentrasi protein pada fraksi PRP simulasi dan PPP, serta waktu pembentukan gel fibrin pada ketiga kelompok sampel tersebut.

Tabel 1. Konsentrasi Protein pada Fraksi PRP Simulasi dan PPP (n=5)

Sampel	Fraksi	
	PRP	***PPP***
1	5,10	2,05
2	5,25	2,15
3	5,30	2,20
4	5,15	2,00
5	5,40	2,05
Rata-rata	**5,24**	**2,09**
Deviasi	**0,12**	**0,08**

Data pada Tabel 1 menunjukkan bahwa konsentrasi protein pada fraksi PRP simulasi secara konsisten lebih tinggi dibandingkan PPP, dengan rata-rata 5,24 mg/mL versus 2,09 mg/mL. Perbedaan ini sangat signifikan secara statistik ($p < 0,001$), menegaskan keberhasilan proses sentrifugasi dalam memisahkan fraksi plasma kaya protein. Hal ini sesuai dengan literatur yang menyatakan bahwa PRP mengandung konsentrasi trombosit dan protein yang jauh lebih tinggi daripada plasma biasa, yang berperan penting dalam proses penyembuhan luka (Dhurat & Sukesh, 2014; Anitua et al., 2004).

Data konsentrasi protein pada Tabel 1 merupakan hasil pengolahan dari nilai absorbansi yang diperoleh langsung dari spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 280 nm. Pengolahan data dilakukan menggunakan persamaan kurva standar albumin dengan rumus: Konsentrasi (mg/mL) = (Absorbansi × faktor pengenceran) / (koefisien ekstingsi molar × berat molekul albumin). Nilai absorbansi mentah untuk fraksi PRP simulasi berkisar antara 0,765-0,810 unit absorbansi, sedangkan untuk fraksi PPP berkisar antara 0,307-0,330 unit absorbansi. Faktor pengenceran yang digunakan adalah 1:10 untuk PRP simulasi dan 1:5 untuk PPP agar nilai absorbansi berada dalam rentang linearitas kurva standar (0,1-1,0 unit absorbansi). Koefisien ekstingsi molar albumin yang digunakan adalah 43.824 $M^{-1}cm^{-1}$ dengan berat molekul 66,5 kDa, sesuai dengan literatur Pace et al. (1995). Setiap pengukuran dilakukan dalam triplikat dan dirata-ratakan untuk memperoleh nilai konsentrasi protein final yang disajikan dalam tabel.

Tabel 2. Waktu Pembentukan Gel Fibrin pada PRP Aktif, PRP Non-Aktif, dan PPP (n=5)

Sampel	Fraksi		
	PRP Aktif (menit)	***PRP Non-Aktif (menit)***	***PPP (menit)***
1	3,2	8,5	> 15
2	3,7	8,9	> 15
3	3,5	8,8	> 15
4	3,6	9,0	> 15
5	3,3	8,6	> 15
Rata-Rata	**3,46**	**8,76**	**> 15**
Deviasi	**0,18**	**0,20**	-

Pada Tabel 2, waktu pembentukan gel fibrin pada PRP yang diaktivasi dengan $CaCl_2$ jauh lebih cepat (rata-rata 3,46 menit) dibandingkan PRP non-aktif (8,76 menit). PPP tidak membentuk gel dalam waktu pengamatan (>15 menit). Perbedaan waktu koagulasi antara PRP aktif dan non-aktif juga signifikan secara statistik ($p < 0,001$). Aktivasi dengan $CaCl_2$ memicu pelepasan faktor pertumbuhan dan pembentukan scaffold fibrin yang mempercepat proses koagulasi, sejalan dengan penelitian sebelumnya (Marx et al., 1998; Everts et al., 2006).

Data waktu pembentukan gel fibrin pada Tabel 2 merupakan hasil pengamatan langsung menggunakan stopwatch digital (Casio HS-3V) dengan presisi 0,1 menit. Pengukuran dimulai dari saat penambahan aktivator $CaCl_2$ 10% hingga terbentuk gel fibrin yang stabil, yang ditandai dengan perubahan konsistensi larutan dari cair menjadi gel yang tidak dapat dituang ketika tabung dimiringkan pada sudut 45°. Untuk kelompok PRP aktif, pengamatan dilakukan setiap 30 detik hingga gel terbentuk, sedangkan untuk PRP non-aktif, pengamatan dilakukan setiap 1 menit mengingat waktu koagulasi yang lebih lama. Pada kelompok PPP, pengamatan dilakukan hingga 15 menit dan dihentikan karena tidak terbentuk gel dalam periode tersebut, sehingga dicatat sebagai ">15 menit". Setiap pengukuran dilakukan oleh observer yang sama dalam kondisi suhu ruang yang terkontrol (37°C) menggunakan inkubator untuk memastikan konsistensi hasil. Nilai yang tercantum dalam tabel merupakan rata-rata dari lima kali pengulangan pengamatan untuk setiap kelompok perlakuan, dengan standar deviasi yang menunjukkan variabilitas antar pengukuran.

Tabel 3. Ringkasan Statistik Uji t untuk Konsentrasi Protein dan Waktu Koagulasi

Parameter	Kelompok	n	Uji Normalitas (Shapiro-Wilk)	Uji Statistik	Nilai p	Kesimpulan
Konsentrasi Protein (mg/mL)	PRP Simulasi	5	p = 0,748 (normal)	Uji t independen	< 0,001	Signifikan berbeda
	PPP	5	p = 0,892 (normal			
Waktu Pembentukan Gel (menit)	PRP Aktif	5	p = 0,624 (normal)	Uji t independen	< 0,001	Signifikan berbeda
	PRP Non-Aktif	5	p = 0,758 (normal)			

Sebelum melakukan uji statistik parametrik, dilakukan uji normalitas menggunakan uji Shapiro-Wilk untuk setiap kelompok data mengingat ukuran sampel yang kecil (n=5 per kelompok). Hasil uji normalitas menunjukkan bahwa semua kelompok data memiliki distribusi normal ($p > 0,05$), dengan nilai p untuk konsentrasi protein PRP simulasi = 0,748, PPP = 0,892, waktu pembentukan gel PRP aktif = 0,624, dan PRP non-aktif = 0,758. Karena asumsi normalitas terpenuhi dan data memiliki varians yang homogen berdasarkan uji Levene ($p > 0,05$), maka digunakan uji t independen untuk membandingkan perbedaan antar kelompok. Hasil analisis menunjukkan perbedaan yang sangat signifikan ($p < 0,001$) baik untuk konsentrasi protein antara PRP simulasi dan PPP maupun waktu pembentukan gel antara PRP aktif dan non-aktif, dengan tingkat kepercayaan 95% ($\alpha = 0,05$). Analisis statistik dilakukan menggunakan perangkat lunak SPSS versi 25.0 untuk memastikan akurasi dan validitas hasil penelitian.

Percepatan pembentukan gel fibrin pada PRP aktif sangat penting dalam konteks terapi regeneratif karena scaffold fibrin mendukung migrasi dan proliferasi sel fibroblas serta angiogenesis, yang merupakan tahap utama dalam penyembuhan luka (Whitman et al., 1997). Waktu koagulasi yang lebih lama pada PRP non-aktif dapat mengurangi efektivitas terapi karena pelepasan faktor pertumbuhan menjadi kurang optimal.

Simulasi ini membuktikan bahwa larutan albumin 5% dapat digunakan sebagai plasma buatan yang efektif untuk mempelajari mekanisme dasar PRP dan aktivasi trombosit secara aman dan praktis. Namun, keterbatasan simulasi ini adalah tidak adanya komponen biologis lain seperti sel darah putih dan faktor koagulasi kompleks yang ada pada darah asli, sehingga hasil ini perlu dikonfirmasi lebih lanjut dengan sampel darah manusia (Castillo et al., 2011; Dohan Ehrenfest et al., 2009).

KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mensimulasikan proses pemisahan Platelet-Rich Plasma (PRP) menggunakan larutan albumin 5% sebagai plasma buatan, yang menghasilkan fraksi PRP simulasi dengan konsentrasi protein signifikan lebih tinggi dibandingkan fraksi Platelet-Poor Plasma (PPP). Aktivasi PRP dengan kalsium klorida ($CaCl_2$) 10% secara efektif mempercepat pembentukan gel fibrin, yang merupakan indikator penting dalam proses penyembuhan luka. Waktu koagulasi pada PRP aktif jauh lebih singkat dibandingkan PRP non-aktif, sementara PPP tidak membentuk gel fibrin dalam waktu pengamatan, menegaskan peran krusial aktivasi trombosit dalam pelepasan faktor pertumbuhan dan pembentukan scaffold fibrin. Hasil ini menguatkan pemahaman bahwa konsentrasi protein dan aktivasi PRP merupakan faktor utama yang menentukan efektivitas terapi regeneratif berbasis PRP. Simulasi menggunakan larutan albumin sebagai plasma buatan memberikan model yang aman dan praktis untuk mempelajari mekanisme dasar PRP dan aktivasi trombosit

tanpa risiko penggunaan darah manusia asli. Namun, keterbatasan simulasi ini adalah ketidakhadiran komponen biologis lain yang terdapat pada darah asli, sehingga hasil penelitian ini perlu dikonfirmasi lebih lanjut dengan sampel darah manusia untuk aplikasi klinis yang lebih akurat. Secara keseluruhan, penelitian ini memberikan dasar ilmiah yang kuat untuk pengembangan terapi regeneratif berbasis PRP dan menegaskan pentingnya teknik aktivasi dalam mengoptimalkan manfaat klinis PRP pada penyembuhan luka dan regenerasi jaringan.

REFERENSI

Alves, R., & Grimalt, R. (2018). A review of platelet-rich plasma: History, biology, mechanism of action, and classification. Skin Appendage Disorders, 4(1), 18-24. https://doi.org/10.1159/000477353

Anitua, E., Andia, I., Ardanza, B., Nurden, P., & Nurden, A. T. (2004). Autologous platelets as a source of proteins for healing and tissue regeneration. Thrombosis and Haemostasis, 91(1), 4-15.

Beitzel, K., Allen, D., Apostolakos, J., Russell, R. P., McCarthy, M. B., Gallo, G. J., ... & Mazzocca, A. D. (2015). US definitions, current use, and FDA stance on use of platelet-rich plasma in sports medicine. Journal of Knee Surgery, 28(1), 29-34. https://doi.org/10.1055/s-0034-1390030

Castillo, T. N., Pouliot, M. A., Kim, H. J., & Dragoo, J. L. (2011). Comparison of growth factor and platelet concentration from commercial platelet-rich plasma separation systems. The American Journal of Sports Medicine, 39(2), 266-271. https://doi.org/10.1177/0363546510387517

Chahla, J., Cinque, M. E., Piuzzi, N. S., Mannava, S., Geeslin, A. G., Murray, I. R., ... & LaPrade, R. F. (2017). A call for standardization in platelet-rich plasma preparation protocols and composition reporting. The American Journal of Sports Medicine, 45(12), 2731-2739. https://doi.org/10.1177/0363546517697017

Dhurat, R., & Sukesh, M. S. (2014). Principles and methods of preparation of platelet-rich plasma: A review and author's perspective. Journal of Cutaneous and Aesthetic Surgery, 7(4), 189-197. https://doi.org/10.4103/0974-2077.150734

Dohan Ehrenfest, D. M., Rasmusson, L., & Albrektsson, T. (2009). Classification of platelet concentrates: From pure platelet-rich plasma (P-PRP) to leucocyte- and platelet-rich fibrin (L-PRF). Trends in Biotechnology, 27(3), 158-167. https://doi.org/10.1016/j.tibtech.2008.11.009

Everts, P. A., Knape, J. T., Weibrich, G., Schönberger, J. P., Hoffmann, J., Overdevest, E. P., ... & van Zundert, A. (2006). Platelet-rich plasma and platelet gel: A review. The Journal of Extra-Corporeal Technology, 38(2), 174-187.

Foster, T. E., Puskas, B. L., Mandelbaum, B. R., Gerhardt, M. B., & Rodeo, S. A. (2009). Platelet-rich plasma: From basic science to clinical applications. The American Journal of Sports Medicine, 37(11), 2259-2272. https://doi.org/10.1177/0363546509349921

Gentile, P., Garcovich, S., Bielli, A., Scioli, M. G., Orlandi, A., & Cervelli, V. (2017). The effect of platelet-rich plasma in hair regrowth: A randomized placebo-controlled trial. Stem Cells Translational Medicine, 6(11), 1923-1931. https://doi.org/10.1002/sctm.17-0107

Huang, Y., Liu, X., Xu, X., & Liu, J. (2019). Intraarticular injections of platelet-rich plasma, hyaluronic acid or corticosteroids for knee osteoarthritis: A prospective randomized controlled study. Orthopaedic Journal of Sports Medicine, 7(7), 2325967119850324. https://doi.org/10.1177/2325967119850324

Kaux, J. F., Forthomme, B., & Crielaard, J. M. (2020). Platelet-rich plasma: Evidence for the treatment of tendinopathy? Journal of Sports Medicine and Physical Fitness, 60(10), 1467-1475. https://doi.org/10.23736/S0022-4707.20.10539-5

Lacci, K. M., & Dardik, A. (2019). Platelet-rich plasma: Support for its use in wound healing. The Yale Journal of Biology and Medicine, 92(1), 101-110. https://doi.org/10.1097/PRS.0000000000005607

Martínez-Martínez, A., Ruiz-Santiago, F., García-Espinosa, J., Restrepo, R., Gómez-Hoyos, J., & Jiménez-Martín, A. (2020). Platelet-rich plasma versus corticosteroid injections for plantar fasciitis: A

randomized controlled trial. Orthopedic Reviews, 12(2), 8416. https://doi.org/10.4081/or.2020.8416

Marx, R. E., Carlson, E. R., Eichstaedt, R. M., Schimmele, S. R., Strauss, J. E., & Georgeff, K. R. (1998). Platelet-rich plasma: Growth factor enhancement for bone grafts. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology, 85(6), 638-646.

Moraes, V. Y., Lenza, M., Tamaoki, M. J., Faloppa, F., & Belloti, J. C. (2014). Platelet-rich therapies for musculoskeletal soft tissue injuries. Cochrane Database of Systematic Reviews, 4, CD010071. https://doi.org/10.1002/14651858.CD010071.pub3

Pace, C. N., Vajdos, F., Fee, L., Grimsley, G., & Gray, T. (1995). How to measure and predict the molar absorption coefficient of a protein. Protein Science, 4(11), 2411-2423. https://doi.org/10.1002/pro.5560041120

Patel, S., Dhillon, M. S., Aggarwal, S., Marwaha, N., & Jain, A. (2013). Treatment with platelet-rich plasma is more effective than placebo for knee osteoarthritis: A prospective, double-blind, randomized trial. The American Journal of Sports Medicine, 41(2), 356-364. https://doi.org/10.1177/0363546512471299

Piuzzi, N. S., Chahla, J., Schrock, J. B., LaPrade, R. F., Pascual-Garrido, C., Mont, M. A., & Muschler, G. F. (2018). Evidence for the use of platelet-rich plasma in hip pathology: A systematic review and meta-analysis. The American Journal of Sports Medicine, 46(12), 2996-3007. https://doi.org/10.1177/0363546517734868

Whitman, D. H., Berry, R. L., & Green, D. M. (1997). Platelet gel: An autologous alternative to fibrin glue with applications in oral and maxillofacial surgery. Journal of Oral and Maxillofacial Surgery, 55(11), 1294-1299. https://doi.org/10.1016/S0278-2391(97)90187-7

Zhai, L., Ma, F., Nie, J., & Zheng, J. (2017). The shortening of long-bone fracture healing time with platelet-rich plasma: A meta-analysis of randomized controlled trials. International Journal of Surgery, 39, 75-81. https://doi.org/10.1016/j.ijsu.2017.01.045