

Pembuatan Reagen Alternatif dari Serum Golongan Darah ABO untuk Pemeriksaan Golongan Darah Sistem ABO

Development of Alternative Reagents from ABO Blood Group Serum for ABO Blood Group Testing

Nikma, Dedy M. Thaib, Sandira M. Feisya, Nurul Fitria Nazmia Bani Rahman
Program Studi DIII Teknologi Laboratorium Medis, Poltekkes Kemenkes Ternate

*Nikma_21@yahoo.com : 085298238021

ABSTRACT

This study aims to develop an alternative reagent for ABO blood group testing using blood serum. ABO blood grouping plays a crucial role in medical practice, particularly in blood transfusion, but its implementation is often limited by the cost and availability of commercial reagents. Therefore, this study proposes the use of blood samples from groups A, B, and O to produce a reagent that can be used in agglutination tests for blood group determination. The study utilized serum obtained from three donors representing blood groups A, B, and O. The serum was separated and minimally purified to produce an alternative reagent, which was then tested using the slide method on blood samples of groups A, B, AB, and O in four replications. The results showed that the alternative reagent produced agglutination patterns fully consistent (100% agreement) with commercial reagents. The agglutination strength ranged from 2+ to 4+, consistent with the expected reactions of the ABO system. The reagent also remained stable until the third day of storage without a decrease in agglutination intensity. These findings indicate that serum derived from ABO blood groups can be formulated as an economical, effective, and feasible alternative reagent for blood group testing, particularly in healthcare facilities with limited resources.

Keywords: *alternative reagent, ABO blood grouping, serum, agglutination, transfusion*

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan reagen alternatif untuk pemeriksaan golongan darah ABO menggunakan serum darah. Pemeriksaan golongan darah ABO sangat penting dalam bidang medis, terutama dalam transfusi darah, tetapi sering kali dibatasi oleh biaya dan ketersediaan reagen komersial. Oleh karena itu, penelitian ini mengusulkan penggunaan sampel darah dari golongan darah A, B, dan O untuk menghasilkan reagen yang dapat digunakan dalam uji aglutinasi untuk menentukan golongan darah. Penelitian ini menggunakan serum dari tiga donor perwakilan golongan darah A, B, dan O. Serum dipisahkan dan dimurnikan secara sederhana untuk menghasilkan reagen alternatif, kemudian diuji menggunakan metode slide terhadap sampel golongan darah A, B, AB, dan O dalam empat replikasi. Hasil menunjukkan bahwa reagen alternatif memberikan pola aglutinasi yang sepenuhnya sesuai (100% kesesuaian) dengan reagen komersial. Kekuatan aglutinasi berada pada rentang 2+ hingga 4+, konsisten dengan pola reaksi sistem ABO. Reagen tetap stabil hingga hari ke-3 penyimpanan tanpa penurunan intensitas aglutinasi. Temuan ini menunjukkan bahwa serum darah dari golongan darah ABO dapat diformulasikan sebagai reagen alternatif yang ekonomis, efektif, dan layak digunakan pada fasilitas kesehatan dengan keterbatasan sumber daya.

Kata Kunci: reagen alternatif, pemeriksaan golongan darah ABO, serum, aglutinasi, transfusi

PENDAHULUAN

Pemeriksaan golongan darah ABO merupakan prosedur laboratorium mendasar yang esensial dalam transfusi darah, kehamilan, pembedahan, dan berbagai tindakan medis lain yang membutuhkan kecocokan imunologis (Lv *et al.*, 2023 ; Usmani *et al.*, 2024). Sistem golongan darah ABO pertama kali diperkenalkan oleh Karl Landsteiner pada tahun 1900 dan hingga kini tetap menjadi sistem golongan darah paling penting dalam transfusi (Ashfaq *et al.*, 2021). Golongan darah ABO ditentukan oleh keberadaan antigen A dan B pada membran eritrosit serta antibodi alami terhadap antigen yang tidak dimiliki individu dalam serum. Interaksi antigen dan antibodi inilah yang mendasari terjadinya reaksi

aglutinasi pada pemeriksaan golongan darah (Blancher & Socha, 1997; Schenkel-Brunner, 2000). Oleh karena itu, reagen antisera yang mengandung antibodi anti-A dan anti-B merupakan komponen vital dalam penetapan golongan darah secara akurat (Ngum *et al.*, 2020; Khuje *et al.*, 2022).

Selama ini, metode pemeriksaan masih mengandalkan antisera komersial yang memiliki sensitivitas dan spesifisitas tinggi, namun ketersediaannya sering terkendala oleh biaya serta distribusi, terutama di fasilitas dengan sumber daya terbatas (Joshi & Senjaliya, 2020 ; Mertz, 2024). Kondisi tersebut mendorong perlunya pengembangan reagen alternatif yang lebih ekonomis dan mudah diakses (Harris, 1998).

Salah satu pendekatan potensial adalah pemanfaatan serum darah manusia sebagai sumber antibodi alami anti-A dan anti-B, yang melalui proses ekstraksi dan pemurnian dapat menghasilkan reagen aglutinasi spesifik terhadap antigen ABO (Oriol, 1995; Kulikova *et al.*, 2024). Reagen alternatif berbasis serum ini diharapkan mampu meningkatkan kemandirian laboratorium, memperluas akses pemeriksaan, serta mendukung keamanan transfusi, khususnya pada daerah dengan keterbatasan infrastruktur kesehatan (Oktari & Daeninur, 2016)

Meskipun beberapa penelitian telah mengevaluasi pemanfaatan plasma atau serum manusia sebagai sumber antibodi alternatif (Pei & Szallasi, 2015; Raster *et al.*, 2022), karakteristik yang dilakukan umumnya masih terbatas pada penilaian kemampuan aglutinasi tanpa membandingkan secara komprehensif kesesuaian hasil terhadap reagen komersial maupun kestabilannya selama penyimpanan. Di Indonesia, penelitian terkait juga masih terbatas, studi oleh Oktari & Deaninur (2016) menunjukkan bahwa serum golongan darah A, B, dan O berpotensi digunakan sebagai reagen alternatif, tetapi kualitas aglutinasi yang dihasilkan tidak konsisten dengan antisera komersial sehingga menegaskan pentingnya evaluasi lebih mendalam terhadap kesesuaian reaksi. Sementara itu, penelitian Abror (2023) melaporkan bahwa antisera buatan sendiri dari serum dan plasma menghasilkan penentuan golongan darah yang sebanding dengan reagen komersial, namun penelitian tersebut tidak menilai ketepatan pola aglutinasi maupun stabilitas reagen. Dengan demikian, hingga kini belum terdapat penelitian di Indonesia yang secara sistematis menilai konsistensi aglutinasi dan stabilitas reagen alternatif berbasis serum dibandingkan antisera komersial, terutama menggunakan metode slide yang banyak diterapkan pada fasilitas pelayanan kesehatan dasar.

Proses pengembangan reagen alternatif berbasis serum umumnya melibatkan tahapan pemilihan donor dengan golongan darah tertentu, pengambilan sampel darah, pemisahan serum, serta pemurnian untuk memperoleh antibodi dengan aktivitas aglutinasi yang memadai (Musielski *et al.*, 1989; Abror, 2023). Dengan metode yang tepat, serum ini dapat diformulasikan sebagai antisera alternatif yang memiliki kemampuan reaksi spesifik terhadap antigen A dan B pada eritrosit. Selain itu, inovasi ini diharapkan dapat mendukung pemerataan akses diagnostik di berbagai tingkatan pelayanan kesehatan, mulai dari rumah sakit besar hingga fasilitas kesehatan di daerah terpencil. Dengan demikian, tujuan pembuatan reagen alternatif dari serum berpotensi menjadi solusi praktis dan berkelanjutan untuk mengatasi keterbatasan antisera komersial serta meningkatkan keselamatan pasien dalam praktik transfusi darah (Oktari & Daeninur, 2016; Mertz, 2024).

METODE

Desain, tempat dan waktu

Penelitian ini merupakan studi eksperimental laboratorium yang bertujuan memformulasikan reagen alternatif berbasis serum dan membandingkannya dengan antisera komersial pada pemeriksaan golongan darah ABO menggunakan metode slide. Serum diperoleh dari tiga donor sehat golongan darah A, B, dan O dengan kriteria inklusi: usia 20–40 tahun, tidak memiliki riwayat transfusi dalam enam bulan terakhir, tidak mengalami infeksi akut, serta bersedia menandatangani *informed consent*. Sampel dengan kondisi hemolisis, lipemia, atau ikterik dieksklusi dari penelitian. Penelitian ini dilaksanakan selama dua bulan, yaitu pada bulan Oktober hingga November 2024, bertempat di Laboratorium Terpadu Poltekkes Kemenkes Ternate.

Bahan dan alat

Alat dan bahan yang digunakan untuk penelitian ini meliputi *vacutainer*, *tourniquet*, *holder*, *pen lancet*, *blood lancets*, kapas, *alcohol swab*, plester, tabung merah, tabung ungu, slide golongan darah,

serum golongan darah anti-A, anti-B, dan anti-AB, serta tusuk gigi. Selain itu digunakan juga sampel darah, gelas beaker, spuit, pipet tetes, tabung reaksi, *centrifuge*, tabung *centrifuge*, NaCl fisiologis 0,9%, rak tabung, dan *mikropipet*. Semua alat dan bahan disiapkan sebelum prosedur penelitian dimulai untuk menjamin kelancaran dan keakuratan pemeriksaan.

Langkah-Langkah Penelitian

Langkah penelitian meliputi identifikasi golongan darah donor (A, B, dan O), pengambilan darah vena, dan pembuatan serum. Darah vena dikoleksi menggunakan vacutainer tanpa antikoagulan, kemudian disentrifugasi untuk memperoleh serum sebagai reagen alternatif. Reagen tersebut selanjutnya diuji pada sampel darah golongan A, B, AB, dan O, masing-masing dalam empat replikasi, menggunakan metode slide dan dibandingkan dengan antisera komersial sebagai *gold standard*.

Adapun langkah-langkah penelitian yang dilakukan adalah pertama pemeriksaan golongan darah metode slide menggunakan darah kapiler untuk penentuan donor dari golongan darah A, B, dan O, kemudian pengambilan spesimen darah vena pada individu golongan darah A, B, dan O, dilanjutkan dengan sentrifugasi masing-masing spesimen darah dengan kecepatan 3000 rpm selama 10 menit, setelah itu serum yang terbentuk dipisahkan dan diberi label sesuai golongan darahnya untuk digunakan sebagai reagen alternatif, sementara eritrosit dicuci menggunakan larutan NaCl fisiologis dan dibuat suspensi 5%, kemudian seluruh reagen alternatif diuji pada sampel darah kapiler dan suspensi eritrosit dari masing-masing golongan darah menggunakan metode slide, hasil reaksi aglutinasi diamati dan dicatat untuk setiap replikasi, lalu dibandingkan dengan hasil pemeriksaan menggunakan reagen komersial sebagai kontrol guna menilai kesesuaian dan kestabilan reaksi.

Pemeriksaan Golongan Darah

Pemeriksaan golongan darah dilakukan dengan menyiapkan terlebih dahulu alat dan bahan yang diperlukan. Sampel darah kapiler ditetaskan pada slide golongan darah di tiga titik berbeda, yaitu sisi kanan, tengah, dan kiri. Pada masing-masing tetesan darah kemudian ditambahkan satu tetes reagen komersial pemeriksaan golongan darah sesuai dengan jenis antibodi yang digunakan. Campuran darah dan reagen tersebut diaduk secara perlahan menggunakan tusuk gigi steril agar reaksi dapat berlangsung merata. Setelah diinkubasi selama 2–3 menit, hasil reaksi diamati untuk menilai ada atau tidaknya aglutinasi yang menjadi dasar penentuan golongan darah ABO (Sam-Yellowe, 2021).

Pengambilan Spesimen Darah

Prosedur pengambilan darah vena dilakukan dengan menggunakan sistem *vacutainer* diawali dengan menyiapkan alat dan bahan yang diperlukan. Jarum dipasang pada *holder* dengan cara memasukkan bagian jarum yang tertutup karet ke dalam lubang *holder* kemudian diputar searah jarum jam hingga kencang. Pasien diposisikan dengan lengan diletakkan di atas meja, kemudian dilakukan palpasi untuk menentukan lokasi vena yang sesuai. *Tourniquet* dipasang sekitar tiga jari di atas lipatan siku, lalu kulit di area vena dibersihkan dengan *alcohol swab*. Jarum kemudian disuntikkan ke dalam vena dengan posisi lubang jarum menghadap ke atas. Tabung *vacutainer* dimasukkan ke dalam *holder* dengan cara didorong hingga terhubung dengan jarum, sehingga darah mengalir secara otomatis ke dalam tabung hingga mencapai kapasitas yang ditentukan. Setelah volume darah cukup, *tourniquet* dilepas, tabung dikeluarkan dari *holder*, dan jarum dicabut dari vena. Area tusukan segera ditutup dengan kapas steril, ditekan ringan, kemudian dipasangkan plester atau perban untuk mencegah perdarahan (Chang *et al.*, 2025).

Pembuatan *Homemade* Antisera Serum

Pembuatan antisera serum secara *homemade* dilakukan melalui beberapa tahapan yang cukup sederhana namun tetap memerlukan ketelitian. Proses dimulai dengan pengambilan darah dari individu yang memiliki golongan darah A, B dan O. Darah yang telah diambil kemudian dimasukkan ke dalam tabung tanpa penambahan antikoagulan, agar dapat mengalami proses pembekuan secara alami. Setelah itu, tabung-tabung berisi darah tersebut diinkubasi selama 30 menit untuk memungkinkan terjadinya pemisahan antara serum dan komponen seluler darah. Selanjutnya, darah yang telah diinkubasi disentrifugasi pada kecepatan 3000 rpm selama 10 menit. Proses ini bertujuan untuk memisahkan serum

secara lebih maksimal. Setelah sentrifugasi selesai, serum yang telah terpisah dengan jelas dipindahkan ke tabung baru yang steril. Masing-masing serum kemudian diberi label sesuai asal golongan darahnya: serum dari darah golongan A diberi label “Antisera Serum B”, serum dari golongan B diberi label “Antisera Serum A”, dan serum dari golongan O diberi label “Antisera Serum AB” (Oktari & Daeninur, 2016; Abror, 2023)

Pencucian Eritrosit dan Suspensi eritrosit 5%

Proses pencucian eritrosit dilakukan setelah pengambilan darah vena yang dibagi ke dalam dua tabung terpisah, masing-masing berisi 5 ml darah dengan antikoagulan EDTA. Tabung pertama digunakan untuk pencucian menggunakan NaCl fisiologis 0,9% sediaan, sedangkan tabung kedua digunakan untuk pencucian menggunakan NaCl 0,9% buatan yang dibuat dari garam dapur non-yodium yang diencerkan dalam aquabidest murni. Masing-masing tabung disentrifugasi pada 3000 rpm selama 10 menit untuk memisahkan plasma dan elemen seluler. Plasma dibuang secara hati-hati dan endapan eritrosit dipertahankan. Pada proses pencucian, eritrosit dalam masing-masing tabung ditambahkan larutan NaCl 0,9% sesuai jenisnya, kemudian dihomogenkan dan disentrifugasi 3000 rpm selama satu menit. Supernatan yang terbentuk dibuang, dan proses pencucian diulangi sebanyak tiga kali untuk memastikan eritrosit bebas dari plasma dan substansi pengganggu lainnya. Setelah tahap ini diperoleh suspensi eritrosit 100% kemudian dilanjutkan dengan suspensi 5% eritrosit yaitu 5 tetes darah diencerkan ke dalam 95 tetes NaCl 0,9% (Maharani & Noviar, 2018).

Pemeriksaan Golongan Darah Menggunakan Reagen Alternatif Dan Reagen Komersial

Pemeriksaan golongan darah menggunakan reagen alternatif dilakukan dengan menyiapkan seluruh alat dan bahan yang diperlukan, kemudian meneteskan sampel darah pada tiga area terpisah pada slide pemeriksaan. Pada masing-masing titik tersebut ditambahkan reagen serum yang berbeda, yaitu serum anti-A (yang berasal dari donor bergolongan darah B), serum anti-B (yang berasal dari donor bergolongan darah A), dan serum anti-AB (yang berasal dari donor bergolongan darah O). Setiap campuran darah dan serum dihomogenkan secara perlahan menggunakan alat pengaduk berbeda untuk mencegah kontaminasi antar reagen. Slide kemudian diamati selama dua hingga tiga menit untuk melihat terbentuknya aglutinasi. Pola aglutinasi yang muncul menjadi dasar penentuan golongan darah sampel sesuai reaktivitas spesifik masing-masing serum (Oktari & Daeninur Silvia, 2016; Maharani & Noviar, 2018; Abror, 2023)

Pengolahan dan Analisis Data

Data yang diperoleh berupa hasil reaksi aglutinasi dari pemeriksaan golongan darah menggunakan reagen alternatif berbasis serum dan reagen komersial sebagai pembanding. Setiap reaksi dinilai menggunakan skala aglutinasi 0–4+, kemudian dirata-ratakan untuk masing-masing golongan darah dan jenis reagen. Hasil tersebut dikelompokkan menurut golongan darah A, B, AB, dan O, lalu dibandingkan dengan pola reaksi yang sesuai sistem ABO. Analisis dilakukan secara deskriptif dengan menghitung intensitas rata-rata aglutinasi serta persentase kesesuaian antara reagen alternatif dan komersial. Penilaian stabilitas reagen dilakukan dengan mengamati perubahan intensitas aglutinasi hingga hari ketiga penyimpanan. Hasil akhir disajikan dalam bentuk tabel perbandingan dan narasi deskriptif untuk menggambarkan konsistensi dan akurasi reagen alternatif.

HASIL

Hasil uji golongan darah menggunakan reagen alternatif berbasis serum memperlihatkan pola aglutinasi yang sebanding dengan yang diperoleh melalui penggunaan reagen komersial. Serum golongan A hanya bereaksi dengan sel darah B, serum golongan B bereaksi dengan sel darah A, sedangkan serum golongan O bereaksi dengan sel darah A dan B. Dengan pola tersebut, reagen alternatif mampu mengidentifikasi golongan darah A, B, AB, dan O secara akurat dengan tingkat kesesuaian 100% terhadap reagen komersial.

Tabel 1.
Hasil Aglutinasi Golongan Darah A

Replikasi		Serum A (Anti-B)	Serum B (Anti-A)	Serum O (Anti-AB)	Kontrol (Reagen Komersial)
Darah Kapiler	Suspensi 5% eritrosit pekat yang sudah dicuci				
1	1	-	+3	+3	+4
2	2	-	+3	+3	+4
3	3	-	+3	+3	+4
4	4	-	+3	+3	+4
Rata-rata		0	3,0	3,0	4,0

Tabel 2.
Hasil Aglutinasi Golongan Darah B

Replikasi		Serum A (Anti-B)	Serum B (Anti-A)	Serum O (Anti-AB)	Kontrol (Reagen Komersial)
Darah Kapiler	Suspensi 5% eritrosit pekat yang sudah dicuci				
1	1	+2	-	+2	+4
2	2	+2	-	+2	+4
3	3	+2	-	+2	+4
4	4	+2	-	+2	+4
Rata-rata		2,0	0	2,0	4,0

Tabel 3.
Hasil Aglutinasi Golongan Darah AB

Replikasi		Serum A (Anti-B)	Serum B (Anti-A)	Serum O (Anti-AB)	Kontrol (Reagen Komersial)
Darah Kapiler	Suspensi 5% eritrosit pekat yang sudah dicuci				
1	1	+2	+2	+2	+4
2	2	+2	+2	+2	+4
3	3	+2	+2	+2	+4
4	4	+2	+2	+2	+4
Rata-rata		2,0	2,0	2,0	4,0

Tabel 4.
Hasil Aglutinasi Golongan Darah O

Replikasi		Serum A (Anti-B)	Serum B (Anti-A)	Serum O (Anti-AB)	Kontrol (Reagen Komersial)
Darah Kapiler	Suspensi 5% eritrosit pekat yang sudah dicuci				
1	1	-	-	-	-
2	2	-	-	-	-
3	3	-	-	-	-
4	4	-	-	-	-
Rata-rata		0	0	0	0

Tabel 5.
Perbandingan Hasil Reagen Alternatif dengan Komersial

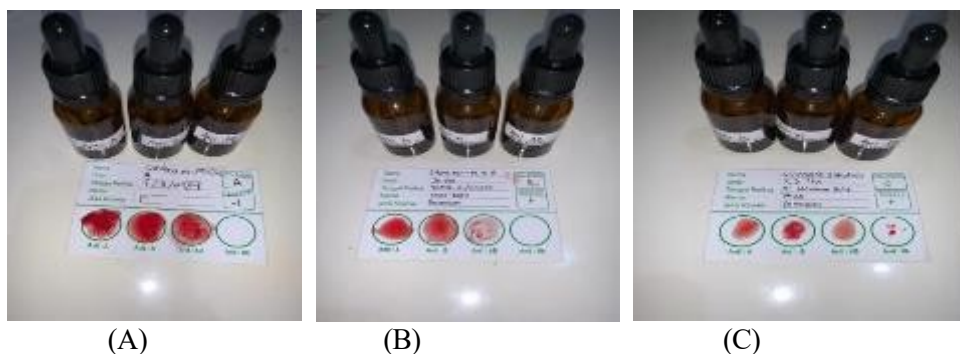
Golongan Darah	Hasil Reagen Komersial (Kontrol)	Hasil Reagen Alternatif (Serum)	Tingkat Kesesuaian
A	Aglutinası dengan anti-B	Aglutinası konsısten dengan serum B (rata-rata skor = 3); tidak ada reaksi dengan serum A	100% sesuai
B	Aglutinası dengan anti-A	Aglutinası konsısten dengan serum A (rata-rata skor = 2); tidak ada reaksi dengan serum B	100% sesuai
O	Tidak terjadi aglutinası	Tidak terjadi aglutinası pada semua serum	100% sesuai
AB	Aglutinası dengan anti-A dan anti-B	Aglutinası konsısten pada serum A, B, dan O (rata-rata skor = 2)	Konsısten

Keterangan skor aglutinası:

- : 0 (Tidak terjadi gumpalan, cairan homogen)
- +1 : 1 (Gumpalan sangat halus, cairan masih keruh)
- +2 : 2 (Gumpalan sedang, tampak lebih kasar, cairan agak keruh)
- +3 : 3 (Gumpalan pecah-pecah, cairan mulai jernih)
- +4 : 4 (Gumpalan besar, bersatu, cairan jernih)



Gambar 2. Hasil pemeriksaan Golongan Darah menggunakan reagen komersial Pada (A) Golongan darah A, (B) Golongan darah B, (C) Golongan darah O



Gambar 3 Hasil pemeriksaan golongan darah menggunakan reagen alternatif berupa serum Pada (A) Golongan darah A, (B) Golongan darah B, (C) Golongan darah O



Gambar 4 Reagen alternatif pemeriksaan golongan darah yang disimpan selama 3 hari

PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa reagen alternatif berbasis serum dari golongan darah A, B, dan O mampu menghasilkan pola aglutinasi yang konsisten dengan reagen komersial, dengan tingkat kesesuaian mencapai 100% pada seluruh sampel uji. Temuan ini sejalan dengan laporan Tada *et al.* (2019), yang menunjukkan bahwa serum manusia dapat menghasilkan pola aglutinasi yang sebanding dengan antisera komersial. Konsistensi ini juga diperkuat oleh penelitian Oktari & Deaninur Silvia (2016) serta Abror (2023), yang sama-sama melaporkan bahwa antisera homemade berbasis serum manusia mampu mereplikasi reaksi aglutinasi reagen komersial secara akurat. Namun, berbeda dengan penelitian Oktari & Deaninur Silvia (2016) maupun Abror (2023) yang tidak mengevaluasi stabilitas reagen selama penyimpanan, penelitian ini memberikan kontribusi tambahan dengan menunjukkan bahwa pola aglutinasi reagen alternatif tetap stabil hingga hari ketiga penyimpanan. Temuan ini memberikan bukti kuat mengenai ketahanan jangka pendek reagen serum sekaligus mempertegas kelayakannya sebagai alternatif reagen komersial di laboratorium.

Keberhasilan reagen alternatif dalam memicu aglutinasi pada sampel A, B, dan AB dapat dijelaskan melalui mekanisme imunologis isoaglutinin alami kelas immunoglobulin (IgM), yang secara fisiologis terdapat dalam serum individu bergolongan darah tertentu. Mekanisme ini sejalan dengan penjelasan Schenkel-Brunner (2000) dan Kuby *et al.* (2019), yang menegaskan bahwa struktur pentamer IgM memungkinkan terjadinya ikatan silang (*cross-linking*) multivalen terhadap antigen A maupun B pada permukaan eritrosit, sehingga menghasilkan reaksi aglutinasi yang kuat. Temuan penelitian ini juga berhubungan dengan hasil Oktari dan Daeninur Silvia (2016), yang menunjukkan bahwa serum golongan darah A dan B dapat berfungsi sebagai reagen anti-B dan anti-A. Namun, penelitian tersebut melaporkan variabilitas kekuatan aglutinasi antar sampel, suatu fenomena yang kemungkinan terkait dengan perbedaan kadar isoaglutinin individu. Berbeda dengan itu, penelitian ini menghasilkan pola reaksi yang lebih konsisten (rata-rata 2+ hingga 3+), yang menunjukkan bahwa stabilitas intra-individu serum donor dapat berperan penting dalam reproduktibilitas reagen berbasis serum. Karena penelitian Oktari dan Daeninur Silvia (2016) tidak mengevaluasi faktor-faktor donor maupun kestabilan reaksi, temuan penelitian ini memberikan kontribusi tambahan dengan menunjukkan bahwa komposisi isoaglutinin individu memiliki implikasi terhadap kestabilan dan konsistensi performa reagen serum.

Hasil pada sampel darah golongan O yang tidak menunjukkan aglutinasi pada semua reagen alternatif juga konsisten dengan prinsip imunologis bahwa serum O tidak mengandung antigen A atau B sehingga tidak bereaksi terhadap antibodi anti-A maupun anti-B. Pola ini sesuai dengan laporan Berest *et al.* (2022) dan Raehun *et al.* (2019) yang menjelaskan bahwa ketidakhadiran antigen menyebabkan tidak terjadinya hemaglutinasi. Namun, penelitian Raehun *et al.* (2019) juga mencatat bahwa antisera buatan dapat mengalami penurunan aktivitas pada penyimpanan hari ketiga akibat degradasi protein, sedangkan penelitian ini menemukan bahwa reagen tetap stabil hingga hari ketiga tanpa tanda-tanda penurunan intensitas reaksi. Perbedaan ini dapat disebabkan oleh kondisi penyimpanan, titer antibodi awal yang tinggi, atau prosedur pemisahan serum yang lebih optimal, sehingga penelitian ini melengkapi temuan Raehun *et al.* dengan menunjukkan bahwa stabilitas jangka pendek dapat dicapai jika prosedur penanganan serum dilakukan secara konsisten.

Temuan penting lain dari penelitian ini adalah stabilitas antibodi hingga hari ketiga penyimpanan, suatu aspek yang belum dievaluasi secara sistematis dalam penelitian sejenis di Indonesia. Penelitian Yen *et al.* (2024) menunjukkan bahwa antibodi IgM relatif stabil terhadap

degradasi struktural pada penyimpanan jangka pendek (2–3 hari), sehingga hasil penelitian ini konsisten dengan teori tersebut. Namun, tidak seperti Ngum *et al.* (2020) yang mengevaluasi masa simpan antisera hingga beberapa minggu, penelitian ini masih terbatas pada tiga hari penyimpanan sehingga belum dapat dibandingkan secara langsung dengan temuan stabilitas jangka panjang. Dengan demikian, penelitian ini memberikan kontribusi penting dalam mengatasi keterbatasan data sebelumnya mengenai stabilitas jangka pendek reagen berbasis serum, meskipun evaluasi lebih lanjut tetap diperlukan untuk memahami stabilitas penyimpanan pada periode jangka menengah dan panjang.

Jika dibandingkan dengan penelitian Oktari & Daeninur Silvia (2016), penelitian ini memberikan hasil yang lebih stabil dan replikatif. Namun, penting dicatat bahwa perbedaan ini dapat berasal dari variasi titer isoaglutinin antar donor, yang dalam penelitian ini tidak diukur hal yang juga tidak dilakukan dalam penelitian Oktari maupun Abror. Artinya, penelitian ini mengonfirmasi efektivitas reagen berbasis serum, tetapi sekaligus mempertegas kelemahan umum penelitian serupa: ketiadaan standardisasi titer antibodi pada donor reagen.

Meskipun hasil penelitian ini memperkuat bukti ilmiah bahwa serum manusia dapat dijadikan reagen alternatif, penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan metodologis. Pertama, jumlah donor dan jumlah sampel relatif sedikit, sebagaimana juga menjadi keterbatasan dalam penelitian Abror (2023) dan Oktari & Daeninur Silvia (2016), sehingga generalisasi hasil harus dilakukan dengan hati-hati. Kedua, durasi penyimpanan yang hanya tiga hari belum cukup untuk menilai stabilitas jangka panjang sebagaimana dilakukan oleh Ngum *et al.* (2020). Ketiga, pemeriksaan dilakukan menggunakan metode slide, yang dikenal kurang sensitif dibandingkan metode tabung atau gel, sebagaimana dijelaskan Woodworth & Pyle-Eilola (2019). Keempat, penelitian ini belum mengukur konsentrasi/titer antibodi sehingga belum dapat memastikan apakah kekuatan aglutinasi yang konsisten berasal dari konsentrasi isoaglutinin yang tinggi atau dari faktor metodologis lainnya.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini mendukung bukti ilmiah bahwa serum A, B, dan O dapat digunakan sebagai reagen alternatif yang akurat, konsisten, dan stabil untuk pemeriksaan golongan darah ABO pada penyimpanan jangka pendek. Selain menegaskan hasil-hasil penelitian terdahulu, penelitian ini mengisi keterbatasan data ilmiah sebelumnya terkait stabilitas reagen hingga hari ketiga serta memberikan kontribusi terhadap pengembangan reagen alternatif yang lebih ekonomis dan dapat diterapkan di fasilitas kesehatan dengan keterbatasan sumber daya.

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan serum ABO sebagai reagen alternatif pada pemeriksaan golongan darah memberikan hasil yang sebanding dengan reagen komersial. Pola reaksi aglutinasi yang dihasilkan tetap konsisten. Hal ini menegaskan bahwa serum ABO memiliki tingkat akurasi dan konsistensi yang hampir sama dengan reagen komersial, sehingga dapat digunakan pada pemeriksaan golongan darah di fasilitas kesehatan tingkat pertama, dengan potensi ekonomis tanpa mengurangi kualitas pemeriksaan.

SARAN

Penelitian selanjutnya disarankan untuk menitikberatkan pada pemurnian serta standardisasi antibodi alami anti-A dan anti-B guna meningkatkan sensitivitas maupun spesifisitas reagen. Uji stabilitas juga perlu dilakukan pada berbagai kondisi penyimpanan untuk menjamin konsistensi efektivitas reagen dalam jangka waktu tertentu. Selain itu, penerapan pendekatan bioteknologi dalam proses produksi diharapkan dapat meningkatkan efisiensi, sementara validasi klinis dengan jumlah sampel yang lebih luas sangat diperlukan agar reagen ini benar-benar terbukti andal sebagai alternatif reagen komersial yang lebih ekonomis dan praktis bagi layanan kesehatan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih tim peneliti ucapkan kepada Direktur Poltekkes Kemenkes Ternate beserta seluruh civitas akademika, Ucapan terima kasih juga kami sampaikan kepada semua pihak yang telah membantu, baik secara langsung maupun tidak langsung, sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik. Semoga segala bantuan yang diberikan mendapatkan balasan yang setimpal dari Tuhan Yang Maha Esa.

DAFTAR PUSTAKA

- Abror, Y. K. (2023). Pemeriksaan golongan darah ABO menggunakan homemade antisera serum dan plasma. *Jurnal Riset Kesehatan Poltekkes Depkes Bandung*, 15(1), 219–229. <https://doi.org/10.34011/juriskesbdg.v15i1.2199>
- Ashfaq, F., Hayee, S., & Ahmed, S. (2021). ABO blood group system and Rh factor. *Markhor*, 03–04. <https://doi.org/10.54393/mjz.v2i1.34>
- Berest, V. P., Borikov, O. Y., Kravchun, P. G., Leontieva, F. S., & Dielievskaya, V. Y. (2022). Determination of blood group antigens using electrophoresis of erythrocytes incubated with specific antibodies. *Separation Science Plus*, 5(8), 424–430. <https://doi.org/10.1002/sscp.202200017>
- Blancher, A., & Socha, W. W. (1997). The ABO, Hh and Lewis blood group in humans and nonhuman primates (pp. 30–92). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-59086-3_3
- Chang, J., Choi, S., Cho, H., Kim, S., Chung, J., Yoo, S. J., Song, E. Y., & Chun, S. (2025). Standards and practice guidelines for venous blood collection: Consensus recommendations from the Korean Society for Laboratory Medicine. *Annals of Laboratory Medicine*, 45(4), 343–357. <https://doi.org/10.3343/alm.2025.0022>
- Daniels, G., & Contreras, M. (2005). ABO blood group system. In *Blood group systems* (pp. 69–83). Springer. https://doi.org/10.1007/3-540-27806-0_69
- Freitas, I. A. S., Carvalho, B. S., Ferreira, J. M. F., Costa, M. R. I. de E., & Souza, V. A. B. de. (2024). Vacinação global: Obstáculos, estratégias e perspectivas futuras. *Brazilian Journal of Implantology and Health Sciences*, 6(6), 209–224. <https://doi.org/10.36557/2674-8169.2024v6n6p209-224>
- Harris, E. (1998). Principles of sustainable technology transfer (pp. 33–59). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oso/9780195119268.003.0003>
- Joshi, S. R., & Senjaliya, S. B. (2020). Nirantara: A conservative approach to economical use of antisera in short-supply. *Journal of Transfusion Medicine*, 5(1), 78. https://doi.org/10.4103/GJTM.GJTM_18_20
- Khuje, P. D., Karandikar, M., & Sable, B. (2022). Comparative scores of ABO and Rh hemagglutination reactions. *Medical Journal of Dr. D.Y. Patil Vidyapeeth*, 15(0), 854–856. https://doi.org/10.4103/mjdrdypu.mjdrdypu_574_20
- Kuby, J., et al. (2019). *Immunology* (8th ed.). W.H. Freeman and Company.
- Kulikova, I. A., Мурашкина, Т. И., Бадеева, Е. А., Cherednik, I., Pavlyuchenko, I. I., Vasiliev, Yu. A., Istomina, T. V., Plotnikova, E. Yu., & Terenina, M. S. (2024). An alternative approach to determining blood group affiliation (pp. 187–192). <https://doi.org/10.47501/978-5-6044060-4-5.187-192>
- Lv, Y.-J., Liang, X.-F., & Wu, Y. (2023). Clinical application of ABO blood typing. *Technology and Health Care*, 1–9. <https://doi.org/10.3233/thc-220659>
- Maharani, E. A., & Noviar, G. (2018). *Imunohematologi dan Bank Darah*. Jakarta: Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. Retrieved from https://tlm.poltekkesaceh.ac.id/wp-content/uploads/2024/01/Imunohematologi-dan-Bank-Darah_SC.pdf
- Mertz, L. (2024). Solving an unmet need: Effective, inexpensive diagnostics for resource-limited settings. *IEEE Pulse*, 15, 4–8. <https://doi.org/10.1109/mpuls.2024.3370446>
- Ngum, L., Netongo, P. M., Chedjou, J. P., Mpopo, S. H., & Mbacham, W. (2020). Production of ABO antisera and a slide and filter paper-base technique for ABO blood grouping using rejected blood. *BJMHR*, 7(4), 44–51. <https://doi.org/10.46624/BJMHR.2020.V7.I4.004>
- Oktari, A., & Daeninur Silvia, N. (2016). Pemeriksaan golongan darah sistem ABO metode slide dengan reagen serum golongan darah A, B, O. *Jurnal Teknologi Laboratorium*, 5(2), 49–54. <https://www.teknolabjournal.com/index.php/Jtl/article/download/78/57>
- Oriol, R. (1995). ABO, Hh, Lewis, and secretion (pp. 37–73). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4757-9537-0_2
- Pei, Z., & Szallasi, A. (2015). Prevention of surgical delays by pre-admission type and screen in patients with scheduled surgical procedures: Improved efficiency. *Vox Sanguinis*, 13(2), 310–312. <https://doi.org/10.2450/2014.0172-14>

- Potet, J., Beran, D., Ray, N., Alcoba, G., Habib, A. G., Iliyasu, G., Waldmann, B., Ralph, R., Faiz, M. A., Monteiro, W. M., Sachett, J. de A. G., di Fabio, J. L., Cortés, M. de los Á., Brown, N., & Williams, D. J. (2021). Access to antivenoms in the developing world: A multidisciplinary analysis. *Toxicon: X*, 12, 100086. <https://doi.org/10.1016/j.toxcx.2021.100086>
- Raehun, R., Jiwintarum, Y., & Fauzi, I. (2019). Pengaruh waktu penyimpanan antisera terhadap daya aglutinasi metode slide. *Jurnal Analisis Medis dan Bio Sains*, 6(1), 16–20. <https://doi.org/10.32807/jambs.v6i1.120>
- Raster, J. F., Jacob, M., Greinacher, A., & Aurich, K. (2022). Plasma isoagglutinin depletion for blood group independent plasma transfusion. *Transfusion Medicine and Hemotherapy*, 49(5), 280–287. <https://doi.org/10.1159/000521217>
- Sam-Yellowe, T. Y. (2021). Exercise 3: Blood cell preparation, leukocyte differentiation and ABO blood typing (pp. 245–254). Springer.
- Schenkel-Brunner, H. (2000). ABO(H) system (pp. 54–183). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-7091-6294-1_5
- Shaz, B. H. (2009). ABO and H blood group system (pp. 115–122). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374432-6.00022-1>
- Tada, S., Kanayama, S., Miyagawa, A., & Murao, K. (2019). Method for ABO Blood Group Testing Using a General-Purpose Automated Biochemical Analyzer. *Clinical Laboratory*, 65(6). <https://doi.org/10.7754/CLIN.LAB.2018.181103>
- Usmani, A., Morris, G. P., & Murphey, C. (2024). The increasing need for ABO blood group genotyping and quality assurance implications for laboratory implementation. *Human Immunology*, 110766. <https://doi.org/10.1016/j.humimm.2024.110766>
- Woodworth, A., & Pyle-Eilola, A. L. (2019). Sample processing and specimen misidentification issues: Major sources of pre-analytical errors (pp. 27–43). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813776-5.00003-0>
- Yen, L., Henao-Díaz, A., Zimmerman, J. J., & Giménez-Lirola, L. (2024). Considerations on the stability of IgG antibody in clinical specimens. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*. <https://doi.org/10.1177/10406387241296848>