

Zulfadli Zulfadli

Skripsi _Zulfadli_069.pdf

-  Skripsi dan KTI
-  Skripsi dan KTI D4 & D3 TLM
-  Politeknik Kesehatan Kemenkes Makassar

Document Details

Submission ID**trn:oid::1:3320638534****Submission Date****Aug 25, 2025, 8:37 PM GMT+7****Download Date****Aug 25, 2025, 9:00 PM GMT+7****File Name****Skripsi _Zulfadli_069.pdf****File Size****22.7 MB****221 Pages****29,623 Words****180,633 Characters**

28% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

Filtered from the Report

- Bibliography
- Quoted Text

Top Sources

- 26%  Internet sources
 - 9%  Publications
 - 10%  Submitted works (Student Papers)
-

Top Sources

- 26% Internet sources
- 9% Publications
- 10% Submitted works (Student Papers)

Top Sources

The sources with the highest number of matches within the submission. Overlapping sources will not be displayed.

1	Student papers		
	Badan PPSDM Kesehatan Kementerian Kesehatan		2%
2	Internet		
	repository.ubaya.ac.id		2%
3	Internet		
	idoc.pub		2%
4	Internet		
	perpustakaan.poltekkes-malang.ac.id		1%
5	Internet		
	press.umsida.ac.id		1%
6	Internet		
	repository.unhas.ac.id		1%
7	Internet		
	juriskes.com		<1%
8	Internet		
	dspace.uil.ac.id		<1%
9	Internet		
	core.ac.uk		<1%
10	Internet		
	www.infolabmed.com		<1%
11	Internet		
	docplayer.info		<1%

12	Internet	erepo.unud.ac.id	<1%
13	Student papers	State Islamic University of Alauddin Makassar	<1%
14	Internet	www.prosidingonline.iik.ac.id	<1%
15	Internet	repository.unjaya.ac.id	<1%
16	Internet	fliphtml5.com	<1%
17	Internet	eprints.poltekkesjogja.ac.id	<1%
18	Publication	Yogi Abror. "PEMERIKSAAN GOLONGAN DARAH ABO MENGGUNAKAN HOMEMAD...	<1%
19	Internet	www.scribd.com	<1%
20	Internet	jurnal.politeknikpajajaran.ac.id	<1%
21	Internet	journal.universitaspahlawan.ac.id	<1%
22	Student papers	University of Bath	<1%
23	Internet	eprints.uny.ac.id	<1%
24	Internet	anakes.poltekkes-mks.ac.id	<1%
25	Internet	repo.unand.ac.id	<1%

26	Student papers	Universitas Pelita Harapan	<1%
27	Student papers	Sriwijaya University	<1%
28	Student papers	Southville International School and Colleges	<1%
29	Internet	repositori.uin-alaudidin.ac.id	<1%
30	Internet	eprints.uad.ac.id	<1%
31	Student papers	Chester College of Higher Education	<1%
32	Internet	sekitarduniaunik.blogspot.com	<1%
33	Student papers	UIN Maulana Malik Ibrahim Malang	<1%
34	Internet	jurnal.um-tapsel.ac.id	<1%
35	Internet	yanialkarim.blogspot.com	<1%
36	Student papers	Manchester Metropolitan University	<1%
37	Internet	blog.ruangguru.com	<1%
38	Internet	eviyemuet.blogspot.com	<1%
39	Internet	hpep3.eps.s.u-tokyo.ac.jp	<1%

40	Internet	pdfcoffee.com	<1%
41	Internet	biosaintropis.unisma.ac.id	<1%
42	Internet	journal.intelekmadani.org	<1%
43	Internet	anyflip.com	<1%
44	Internet	id.m.wikipedia.org	<1%
45	Student papers	Universiti Teknologi Petronas	<1%
46	Student papers	iGroup	<1%
47	Student papers	Laureate Higher Education Group	<1%
48	Internet	digilib.uin-suka.ac.id	<1%
49	Internet	nanopdf.com	<1%
50	Student papers	Universitas Nahdlatul Ulama Surabaya	<1%
51	Internet	repo.upertis.ac.id	<1%
52	Internet	ojs.umada.ac.id	<1%
53	Student papers	Birkbeck College	<1%

54	Internet	nuninglilik.wordpress.com	<1%
55	Internet	repository.poltekkes-denpasar.ac.id	<1%
56	Internet	id.scribd.com	<1%
57	Internet	www.slideshare.net	<1%
58	Student papers	University of Aberdeen	<1%
59	Internet	ridwananalisis.wordpress.com	<1%
60	Student papers	De Montfort University	<1%
61	Student papers	Universidade Nova De Lisboa	<1%
62	Student papers	Universiti Teknologi MARA	<1%
63	Internet	lawanapradana.blogspot.com	<1%
64	Publication	Chris Bates, Peter Rowley, Paul Taylor. "Involutions in the Automorphism Groups ...	<1%
65	Student papers	Institute of Graduate Studies, UiTM	<1%
66	Internet	tekno.nasional.news	<1%
67	Internet	www.fda.gov	<1%

68	Internet	123docz.net	<1%
69	Internet	123dok.com	<1%
70	Publication	Endang Pratiwi, Ni Ken Ritchie, Heri Wibowo. "Deteksi Varian Rhesus Dweak pada..."	<1%
71	Internet	ejournal.poltekkes-smg.ac.id	<1%
72	Internet	es.scribd.com	<1%
73	Internet	eprints.walisongo.ac.id	<1%
74	Internet	repository.uinjkt.ac.id	<1%
75	Internet	dmi-journals.org	<1%
76	Internet	repository.ukwms.ac.id	<1%
77	Student papers	Udayana University	<1%
78	Publication	Lawrance Richardson, Tsung-Ying Yang, Yu-Wei Chen, Shang-Yi Lin, Yeng-Tseng ...	<1%
79	Internet	bengawan.poltekindonusa.ac.id	<1%
80	Internet	ochenbiofisiologi.blogspot.com	<1%
81	Internet	repository.usd.ac.id	<1%

Submission ID trn:oid:::1:3320638534

96	Internet	docobook.com	<1%
97	Internet	insanta.journalilmiah.org	<1%
98	Internet	qdoc.tips	<1%
99	Internet	quickhomeworkessays.com	<1%
100	Internet	repository.uin-suska.ac.id	<1%
101	Internet	repository.unusa.ac.id	<1%
102	Publication	Erna Kristinawati, Miftahul Jannah, Yudha Anggit Jiwantoro. "Test Results Of Qual...	<1%
103	Internet	ejournal.umpri.ac.id	<1%
104	Internet	lib.ui.ac.id	<1%
105	Internet	librepo.stikesnas.ac.id	<1%
106	Student papers	MCI Management Centre Innsbruck	<1%
107	Student papers	National College of Ireland	<1%
108	Student papers	Universitas Islam Indonesia	<1%
109	Student papers	Universiteit van Amsterdam	<1%

110	Student papers	University of Southampton	<1%
111	Internet	adoc.pub	<1%
112	Internet	media.neliti.com	<1%
113	Internet	ejournals.umma.ac.id	<1%
114	Internet	jamb.s.poltekkes-mataram.ac.id	<1%
115	Internet	journals.ums.ac.id	<1%
116	Internet	repositori.usu.ac.id:8080	<1%
117	Internet	repository.umy.ac.id	<1%
118	Internet	researchspace.ukzn.ac.za	<1%
119	Student papers	Austin College	<1%
120	Student papers	Universitas Binawan	<1%
121	Student papers	University of Babylon	<1%
122	Internet	ar.scribd.com	<1%
123	Internet	ojs.uho.ac.id	<1%

124	Internet	www.ejurnalmalahayati.ac.id	<1%
125	Student papers	Unika Soegijapranata	<1%
126	Student papers	Universitas Sultan Ageng Tirtayasa	<1%
127	Student papers	University of Wisconsin, Platteville	<1%
128	Internet	doku.pub	<1%
129	Internet	eprints.ums.ac.id	<1%
130	Internet	isoeva.com	<1%
131	Internet	jurnal.narotama.ac.id	<1%
132	Internet	repository.uindatokarama.ac.id	<1%
133	Publication	" 2022 - Abstract Book ", Vox Sanguinis, 2022	<1%
134	Student papers	Fakultas Kedokteran	<1%
135	Student papers	Kingston University	<1%
136	Internet	ip2lk.blogspot.com	<1%
137	Internet	pressenter5.blogspot.com	<1%

138	Internet	repo.poltekkes-medan.ac.id	<1%
139	Internet	repo.poltekkesbandung.ac.id	<1%
140	Internet	repository.ustjogja.ac.id	<1%
141	Internet	www.prosehat.com	<1%
142	Internet	www.redcross.org.cn	<1%
143	Publication	Fitriyeni Fitriyeni. "PEMERIKSAAN GOLONGAN DARAH DAN RHESUS DI RT 02 RW 0...	<1%
144	Internet	asc.academicianstudies.com	<1%
145	Internet	issuu.com	<1%
146	Internet	journal.laaroiba.ac.id	<1%
147	Internet	ojs.stfmuhammadiyahcirebon.ac.id	<1%
148	Internet	repository.stikeselisabethmedan.ac.id	<1%
149	Internet	repository.umsu.ac.id	<1%
150	Internet	tlm.poltekkesaceh.ac.id	<1%
151	Internet	worldscholarshipforum.com	<1%

152	Internet	www.ilo.org	<1%
153	Internet	www.manfaatmewah.com	<1%
154	Publication	Adita Puspitasari Swastya Putri Adita Puspitasari Swastya Putri. "Pemeriksaan Te...	<1%
155	Publication	Rodrigo Duarte Ferreira, Cristina Helena Faleiros Ferreira, Walusa Assad Goncalv...	<1%
156	Internet	beritatrans.com	<1%
157	Internet	conference.unsri.ac.id	<1%
158	Internet	digilib.iainkendari.ac.id	<1%
159	Internet	digilib.polban.ac.id	<1%
160	Internet	ejurnal.itenas.ac.id	<1%
161	Internet	eprints.undip.ac.id	<1%
162	Internet	eprints.unm.ac.id	<1%
163	Internet	journal.ummat.ac.id	<1%
164	Internet	jurnal.poltekkespalembang.ac.id	<1%
165	Internet	nic.vstu.by	<1%

166	Internet	prosiding.aiptlmi-iasmlt.id	<1%
167	Internet	repo.iainbatusangkar.ac.id	<1%
168	Internet	repository.iainbengkulu.ac.id	<1%
169	Internet	repository.stik-ij.ac.id	<1%
170	Internet	repository.trisakti.ac.id	<1%
171	Internet	scholar.unand.ac.id	<1%
172	Internet	www.ipbl.edu.my	<1%
173	Internet	www.neraca.co.id	<1%
174	Publication	Irna Diyana Kartika, Hilma Yuniar Thamrin, Rachmawati Muhiddin, Mansyur Arif, ...	<1%
175	Student papers	Kaplan College	<1%
176	Student papers	Program Pascasarjana Universitas Negeri Yogyakarta	<1%
177	Internet	beritapanas-lifestyle.blogspot.com	<1%
178	Internet	digilib.iain-palangkaraya.ac.id	<1%
179	Internet	digilib.uinsby.ac.id	<1%

180	Internet	digilibadmin.unismuh.ac.id	<1%
181	Internet	eprints.unram.ac.id	<1%
182	Internet	journal.genbinesia.or.id	<1%
183	Internet	jp.feb.unsoed.ac.id	<1%
184	Internet	repositori.untidar.ac.id	<1%
185	Internet	repository.its.ac.id	<1%
186	Internet	ruangguruku.com	<1%
187	Internet	text-id.123dok.com	<1%
188	Internet	www.gooddoctor.co.id	<1%
189	Internet	yankes.kemkes.go.id	<1%
190	Internet	zaifbio.wordpress.com	<1%
191	Publication	Agnes Felicia Lubis, Mustika Sari H Hutabarat, Margareta Haiti, Lidwina Septie Ch...	<1%
192	Publication	Raehun Raehun, Yunan Jiwintarum, Iswari Fauzi. "Pengaruh Waktu Penyimpanan...	<1%
193	Internet	archive.org	<1%

194	Internet	jurnal.poltekba.ac.id	<1%
195	Internet	jurnal.untan.ac.id	<1%
196	Internet	summer-absolutely.icu	<1%
197	Publication	Fistia Cendana, Masribut Masribut, Leon Candra. "ANALISIS RISIKO KELELAHAN K...	<1%
198	Publication	Jean-Jacques Lefrère†, Philippe Rouger. "Immunologie transfusionnelle", Elsevier ...	<1%
199	Publication	Nurhidayati Nurhidayati, Ratih Hardisari, Anik Nuryati. "Differences in blood crea...	<1%
200	Internet	cacingbergerigi.blogspot.com	<1%
201	Internet	pertanianilmu.blogspot.com	<1%
202	Internet	repository.ub.ac.id	<1%
203	Internet	stutzartists.org	<1%
204	Internet	www.alodokter.com	<1%

SKRIPSI

PEMANFAATAN SERUM SISA SEBAGAI ALTERNATIF PENGANTI ANTISERA ABO DAN RHESUS DALAM PENENTUAN GOLONGAN DARAH



ZULFADLI

**KEMENTERIAN KESEHATAN REPUBLIK INDONESIA
POLITEKNIK KESEHATAN MAKASSAR
JURUSAN TEKNOLOGI LABORATORIUM MEDIS
PROGRAM SARJANA TERAPAN
2025**

28

SKRIPSI**PEMANFAATAN SERUM SISA SEBAGAI ALTERNATIF PENGANTI
ANTISERA ABO DAN RHESUS DALAM PENENTUAN
GOLONGAN DARAH****ZULFADLI****PO.71.4.203.21.1.069****KEMENTERIAN KESEHATAN REPUBLIK INDONESIA
POLITEKNIK KESEHATAN MAKASSAR
JURUSAN TEKNOLOGI LABORATORIUM MEDIS
PROGRAM SARJANA TERAPAN
2025**

**PEMANFAATAN SERUM SISA SEBAGAI ALTERNATIF PENGANTI
ANTISERA ABO DAN RHESUS DALAM PENENTUAN
GOLONGAN DARAH**

SKRIPSI

untuk Memperoleh Gelar Sarjana Terapan Kesehatan (S.Tr.Kes) dalam
Program Studi Sarjana Terapan Jurusan Teknologi Laboratorium Medis
Poltekkes Kemenkes Makassar

oleh

ZULFADLI

PO.71.4.203.21.1.069

**KEMENTERIAN KESEHATAN REPUBLIK INDONESIA
POLITEKNIK KESEHATAN MAKASSAR
JURUSAN TEKNOLOGI LABORATORIUM MEDIS
PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
2025**

LEMBAR PERSETUJUAN

Seminar Ujian Skripsi Penelitian dengan Judul:

**PEMANFAATAN SERUM SISA SEBAGAI ALTERNATIF PENGANTI
ANTISERA ABO DAN RHESUS DALAM PENENTUAN
GOLONGAN DARAH**

Telah Disetujui untuk Diseminarkan/Diajukan oleh Tim Penguji
pada Hari Rabu Tanggal 02 Juli Tahun 2025

Pembimbing I

Pembimbing II

Yaumil Fachni Tandjungbulu, S.ST., M.Kes
NIP. 19900901 201902 2 001

Alfin Resya Virgiawan, S.ST., M.Si
NIP. 19910429 201902 1 001

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknologi Laboratorium Medis
Poltekkes Kemenkes Makassar

Rahman, S.Si., M.Si
NIP. 19641231 198603 1 032

LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi Penelitian ini Telah Disetujui
pada Hari Rabu Tanggal 02 Juli Tahun 2025

Pembimbing I

Pembimbing II

Yaumil Fachni Tandjungbulu, S.ST., M.Kes
NIP. 19900901 201902 2 001

Alfin Resya Virgiawan, S.ST., M.Si
NIP. 19910429 201902 1 001

Penguji

Dr. H. Herman, S.Pd., M.Kes
NIP. 19610526 198303 1 002

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknologi Laboratorium Medis
Poltekkes Kemenkes Makassar

Rahman, S.Si., M.Si
NIP. 19641231 198603 1 032

KATA PENGANTAR



Alhamdulillah Rabbil Alamin segala puji atas kehadiran Allah SWT Tuhan semesta alam, Rab yang memiliki ilmu pengetahuan yang telah melimpahkan segala rahmat, hidayah, serta karunia-Nya sehingga penulis dengan segala kekurangan dapat menyelesaikan skripsi ini. Shalawat serta salam senantiasa tercurah kepada junjungan Nabi Besar Muhammad SAW yang telah menjadi teladan bagi umat manusia. Penulis mengucapkan syukur atas segala limpahan karunia dan nikmat yang diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penyusunan skripsi ini dengan judul **Pemanfaatan Serum Sisa Sebagai Alternatif Pengganti Antisera ABO dan Rhesus dalam Penentuan Golongan Darah**. Penyusunan skripsi ini disusun dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Program Studi Teknologi Laboratorium Medis Poltekkes Kemenkes Makassar.

Ucapan terima kasih yang paling tulus dan mendalam penulis haturkan kepada kedua orang tua tercinta, **Bapak Abd. Rahman** dan **Ibu Darmawati**, dua sosok luar biasa yang menjadi cahaya dalam gelap, pelita di tengah keraguan, dan sandaran setia dalam setiap langkah penulis menjalani kehidupan. Dari merekalah penulis belajar arti kesungguhan, keteguhan hati, dan pengorbanan yang tidak pernah

berhenti. Dalam diam mereka berdoa, dalam lelah mereka tetap bekerja, dan dalam setiap tetes peluh mereka terselip harapan besar agar anaknya tumbuh menjadi insan yang berguna, tidak terhitung berapa banyak doa yang mereka panjatkan dalam sujud malam doa yang mungkin tidak terdengar oleh telinga, namun kekuatannya penulis rasakan setiap hari. Bapak dan Ibu, maafkan jika selama ini penulis belum mampu membalas segala kasih dan cinta yang kalian curahkan, maaf atas keluh yang mungkin pernah terdengar, atas tangis yang tertahan, atau harapan yang belum sepenuhnya penulis wujudkan. Namun percayalah, setiap huruf dalam skripsi ini, setiap langkah kecil dalam perjuangan ini, adalah persembahan terbaik dari anakmu yang sedang belajar untuk menjadi kuat, setegar kalian. Terima kasih telah menjadi rumah saat dunia terasa asing. Terima kasih telah menjadi tempat kembali ketika lelah tidak tertahankan. Terima kasih atas cinta tanpa syarat yang tidak pernah habis, bahkan ketika dunia kadang tidak bersahabat. Penulis hanya mampu memohon kepada Allah SWT agar senantiasa melimpahkan keberkahan umur, kesehatan, dan kebahagiaan untuk Bapak dan Ibu. Semoga kelak penulis dapat membalas, meski tidak sebanding, dengan prestasi dan sikap yang membuat kalian bangga. Skripsi ini bukan sekedar pemenuhan tugas akademik, tetapi merupakan wujud cinta dan penghormatan yang tulus kepada dua insan paling berarti dalam hidup penulis.

19 Ucapan terima kasih yang tulus dan mendalam saya haturkan kepada saudara tercinta **Muhajir, S.Pd., Gr**, yang telah menjadi bagian

167 penting dalam perjalanan panjang penulis hingga sampai pada tahap penyelesaian skripsi ini. Terima kasih atas segala bentuk perhatian, 145 motivasi, serta semangat yang tidak pernah surut dalam memberikan dukungan, baik dalam bentuk moril maupun spiritual. Kehadiran dan dukunganmu menjadi penguat dan penyemangat yang sangat berarti. Terima kasih telah menjadi pendengar yang sabar, tempat berbagi cerita di tengah rasa jenuh dan lelah, serta pribadi yang selalu hadir dengan doa dan harapan baik. Dalam kesibukanmu sendiri, engkau tetap 151 menyempatkan waktu untuk memastikan penulis tetap berada di jalur yang benar dan tidak menyerah dengan keadaan. Ketulusanmu dalam mendoakan, menyemangati, bahkan membantu dalam hal-hal kecil sekalipun, telah memberikan dampak besar bagi kelancaran dan keberhasilan proses ini. 9 Dengan penuh rasa hormat dan cinta, penulis juga menyampaikan terima kasih yang mendalam kepada keluarga besar **Hj. Saribau, S.Ag.,** dan keluarga besar **Sombali Dg. Bilu** atas kasih sayang yang tulus, atas doa-doa yang tidak pernah henti dipanjatkan, serta atas dukungan yang terus mengalir tanpa syarat sejak awal hingga akhir perjuangan ini. Dalam setiap proses yang saya jalani, ada peran besar dari keluarga yang selalu menjadi tempat berpulang dan sumber kekuatan. Doa dan restu dari keluarga telah menjadi pijakan kokoh yang membawa penulis tetap teguh dalam menyelesaikan skripsi ini.

29 Selama penyusunan skripsi ini berbagai hambatan yang dihadapi oleh penulis, mulai dari tahap persiapan hingga penyelesaian tulisan.

Namun berkat bantuan, bimbingan, dan motivasi dari berbagai pihak maka skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik. Maka dari itu perkenankanlah penulis menyampaikan rasa hormat dan terima kasih yang mendalam kepada Ibu Yaumil Fachni Tandjungbulu, S.ST., M.Kes selaku Pembimbing Pertama dan Bapak Alfin Resya Virgiawan, S.ST., M.Si selaku Pembimbing Kedua yang telah memberikan arahan meski ditengah kesibukan tugasnya yang begitu padat, masih berkenan memberikan bimbingan dengan penuh tanggung jawab, semangat, dan motivasi sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi ini. Selanjutnya penulis menyampaikan rasa hormat dan terima kasih yang mendalam kepada Bapak Dr. H. Herman, S.Pd., M.Kes selaku Penguji yang telah memberikan saran, masukan, serta arahan kepada penulis untuk menyempurnakan skripsi ini.

Penyelesaian tugas akhir ini, juga tidak lepas dari bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, maka dari itu perkenankanlah penulis menyampaikan rasa hormat, terima kasih yang sebesar-besarnya dan penghargaan setinggi-tingginya kepada:

1. Bapak Dr. Drs. Rusli, Apt., Sp.FRS selaku Direktur Poltekkes Kemenkes Makassar.
2. Bapak Rahman, S.Si., M.Si selaku Ketua Jurusan Teknologi Laboratorium Medis Poltekkes Kemenkes Makassar.

3. **Ibu Syahida Djasang, SKM., M.Kes** selaku Ketua Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Laboratorium Medis Poltekkes Kemenkes Makassar.

4. **Ibu Yaumil Fachni Tandjungbulu, S.ST., M.Kes** selaku Pembimbing Akademik yang telah menjadi salah satu sosok paling berpengaruh dalam perjalanan pendidikan penulis. Sejak awal memasuki dunia perkuliahan hingga menyelesaikan skripsi ini, beliau senantiasa hadir bukan hanya sebagai seorang dosen atau pembimbing, tetapi sebagai figur ibu yang penuh kasih sayang, kesabaran, dan perhatian. Dalam setiap pertemuan, beliau selalu memberikan semangat, nasihat, serta masukan yang sangat berarti, baik dalam hal akademik maupun kehidupan pribadi. Sikap beliau yang rendah hati, sabar dalam membimbing, dan tidak pernah lelah menjawab setiap pertanyaan penulis menjadi sumber motivasi yang luar biasa. Di saat penulis menghadapi kebingungan, keterbatasan waktu, tekanan tugas, hingga tantangan dalam proses penelitian ini, beliau senantiasa memberikan arahan yang jelas, menguatkan ketika semangat mulai goyah, bahkan tidak jarang meluangkan waktunya di luar jam kerja demi memastikan penulis bisa menyelesaikan tanggung jawab akademik dengan baik. Tidak hanya itu, beliau juga memberikan bantuan nyata dalam pelaksanaan penelitian ini, mulai dari memberikan saran teknis, membantu komunikasi dengan pihak laboratorium, hingga mendampingi penulis dalam proses penelitian ini. Kebaikan hati beliau,

keikhlasannya dalam membimbing, serta keteladanannya sebagai seorang pendidik telah meninggalkan kesan mendalam yang tidak akan pernah penulis lupakan. Untuk segala perhatian, waktu, doa, dan bimbingan yang telah Ibu berikan, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya.

5. Segenap **Dosen Pengajar** dan **Staf** Jurusan Teknologi Laboratorium Medis Poltekkes Kemenkes Makassar atas didikan, arahan, dan masukan yang telah diberikan.
6. Kepada **Komunitas Rhesus Negatif Indonesia (RNI) bagian Sulawesi Selatan dan Barat** yang telah memberikan dukungan yang luar biasa dalam penelitian ini. Ucapan terima kasih sebesar-besarnya saya sampaikan kepada **Bapak Donty** selaku Ketua RNI, yang dengan tulus bersedia membantu dan menyediakan sampel penelitian yang sangat berharga. Peneliti juga mengucapkan terima kasih yang mendalam kepada **Bapak Yenri**, **Ibu Fitri**, dan **Bapak Idris** yang dengan sukarela dan penuh komitmen bersedia memberikan sampel darah rhesus negatif, bahkan rela diambil sampelnya hingga beberapa kali.
7. Kepada **Staf** dan **Pegawai** Laboratorium RSKD Dadi Provinsi Sulawesi Selatan yang telah banyak membantu penulis pada proses penelitian terutama **Kakanda Rully, S.ST., M.Kes** sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.

8. Kepada segenap keluarga besar Laboratorium **RSUD Labuang Baji** dan **RS Stella Maris Makassar** yang telah berkenan memberikan sampel penelitian, sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik.
9. Kepada teman-teman **SMA Spost Class** tercinta **Zahratul Jannah, Tri Nur Fadilla, Irna Damayanty, Fadia Azh-Fahani, Muhammad Farhan Mahmuda, Rahmat Hidayat, Fatahul Hidayat**, dan **Rian Hidayat**, terima kasih atas kebersamaan, tawa, dan kenangan indah yang selalu memberi semangat hingga saat ini.
10. Kepada **Brudak Sunda** sahabat-sahabat penulis selama kuliah, terima kasih yang sebesar-besarnya penulis ucapkan atas segala kebersamaan, dukungan, dan persahabatan yang telah terjalin sejak awal perkuliahan, kalian bukan hanya teman yang selalu ada dalam setiap langkah akademik, tetapi juga menjadi keluarga yang menyenangkan, penuh tawa, dan keceriaan di setiap pertemuan, Terima kasih atas segala kebaikan, kebersamaan, dan semua kenangan indah yang telah kita buat bersama, kalian adalah bagian yang tidak terpisahkan dalam perjalanan penulis hingga dapat menyelesaikan skripsi ini **Muh. Arham Saputra, Andi Salsabila, Handika, Aulia Fadhilah Yusuf**, dan **Muh. Fathin Yulfiansyah**.
11. Kepada **teman dekat Botita**, penulis menyampaikan terima kasih atas kebersamaan yang telah terjalin selama menjadi asisten dosen dalam suka dan duka yang dilalui, dalam kekonyolan dan kerecehan yang

159

menemani hari-hari penulis, serta atas bantuan dalam menyusun dan memberikan motivasi yang membuat penulis kembali menyelesaikan skripsi, penulis pertama kali mengenal kalian sejak semester tiga, pada saat itu kalian tidak hanya membantu dalam proses persiapan lomba, tetapi juga membuka ruang untuk penulis menjadi bagian dari lingkaran yang hangat dan suportif, sejak saat itu penulis merasa diterima dengan baik dan terus mendapatkan banyak pembelajaran, baik dari segi akademik maupun kehidupan sosial, terima kasih yang tulus penulis sampaikan kepada **Muhammad Yusril, Rolando Prasetyo, Sri Hilyana Ariani, Ulfiyah Anugrah, Putri Varin Maharanie**, dan **Kurniawan Agus Jamaan**.

152

12. Kepada **Muhammad Rafli** yang meskipun berada jauh di China, tetap setia memberikan semangat dan doa, terima kasih atas persahabatan yang tulus serta dukungan yang tidak pernah pudar, penulis juga berterima kasih atas bantuan yang telah diberikan dalam keperluan bahasa Inggris selama proses penyusunan karya ini.

49

13. Kepada **Deswita Maharani** Terima kasih sudah menjadi teman berbagi cerita dan tempat bertukar pikiran disaat penulis merasa kesulitan dan penuh tekanan. Kebersamaan kita dalam melewati proses ini akan selalu menjadi bagian berharga dalam perjalanan akademik penulis.

162

14. Kepada **Muh. Asbar** terima kasih yang sebesar-besarnya telah banyak membantu dalam pelaksanaan penelitian ini. Dukungan, kerja sama, serta waktu yang telah diluangkan sangat berarti bagi kelancaran

proses penelitian, mulai dari pengumpulan sampel hingga proses pemeriksaan di laboratorium.

15. Teman-teman seperjuangan **Trigliserida B Angkatan 2021** terima kasih telah kebersamai penulis dalam proses menuntut ilmu selama 4 Tahun.

111 Semoga Allah SWT berkenan membalas segala kebaikan semua
100 pihak yang telah bersedia membantu penulis dan semoga Allah SWT
senantiasa memberikan rahmat dan hidayah-Nya kepada kita semua.
Amin Yaa Rabbal Alamiin.

69 Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih sangat
104 jauh dari kata sempurna, untuk itu dibutuhkan saran serta masukan
dengan harapan sebagai bahan perbaikan di masa mendatang. Penulis
berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang
membutuhkan, menambah ilmu pengetahuan, dan dapat menambah
wawasan kita semua.

Makassar, 26 Juni 2025

Zulfadli

ABSTRAK

ZULFADLI : Pemanfaatan Serum Sisa sebagai Alternatif Pengganti Antisera ABO dan Rhesus dalam Penentuan Golongan Darah (Dibimbing oleh **Yaumil Fachni Tandjungbulu** dan **Alfin Resya Virgiawan**)

Limbah medis rumah sakit yang berpotensi untuk dimanfaatkan kembali sebagai alternatif pengganti antisera dalam penentuan golongan darah yaitu serum sisa, dikarenakan di dalam serum sisa mengandung imunoglobulin terhadap antigen A, B, ataupun D. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pemanfaatan serum sisa sebagai alternatif pengganti antisera ABO dan Rh dalam penentuan golongan darah. Jenis penelitian merupakan penelitian *true* eksperimen dengan desain *statistic group comparison* dengan jumlah sampel sebanyak 115 sampel yang memenuhi kriteria inklusi penelitian, yang dilaksanakan di Laboratorium RSKD Dadi Provinsi Sulawesi Selatan pada 17 April-25 Mei 2025. Didapatkan hasil penelitian distribusi frekuensi hasil pemeriksaan golongan darah pada 115 sampel penelitian diperoleh golongan darah O (35,66%), golongan darah A (30,43%), golongan darah B (24,35%), dan golongan darah AB (9,56%). Kemudian untuk penggolongan darah Rh ditemukan pada Rh positif (97,39%), sedangkan pada Rh negatif hanya ditemukan (2,61%). Setelah dilakukan pembuatan antisera pengembangan, selanjutnya dilakukan uji efektivitas tingkat aglutinasi, hasil menunjukkan bahwa antisera pengembangan anti-AB dan anti-D memiliki efektivitas aglutinasi yang setara dengan antisera komersial yaitu mencapai +4, sedangkan pada antisera pengembangan anti-A dan anti-B diperoleh tingkat aglutinasi +3 hingga +4 yang menunjukkan efektivitas sedikit lebih rendah dibandingkan antisera komersial yang mencapai +4. Kemudian hasil penelitian diolah menggunakan uji statistik *Wilcoxon* untuk melihat hubungan setiap variabel. Hasil penelitian menunjukkan tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara hasil pemeriksaan golongan darah menggunakan antisera komersial dan antisera pengembangan anti-AB ($p=1,000$) dan anti-D ($p=0,317$) ($p>0,05$), sedangkan terdapat perbedaan yang signifikan antara kedua jenis antisera untuk anti-A ($p=0,046$) dan anti-B ($p=0,025$) ($p<0,05$). Sehingga dapat disimpulkan bahwa antisera pengembangan memiliki potensi untuk menggantikan antisera komersial dalam penentuan golongan darah khususnya pada anti-AB dan anti-D.

Kata Kunci : Serum Sisa, Antisera ABO dan Rh Pengembangan, Antisera ABO dan Rh Komersial, Pemeriksaan Golongan Darah

Daftar Pustaka : 2008-2025

ABSTRACT

ZULFADLI : *Utilization of Remaining Serum as an Alternative to Substitute ABO and Rhesus Antisera in Blood Group Determination (Supervised by Yaumil Fachni Tandjungbulu and Alfin Resya Virgiawan).*

Hospital medical waste that has the potential to be reused as an alternative to antisera in determining blood groups is residual serum, because residual serum contains immunoglobulins against antigens A, B, or D. This study aims to determine the use of residual serum as an alternative to ABO and Rh antisera in determining blood groups. This type of research is a true experimental study with a statistical group comparison design with a total sample of 115 samples that meet the inclusion criteria of the study, which was conducted at the Dadi Hospital Laboratory of South Sulawesi Province on April 17-May 25, 2025. The results of the frequency distribution of blood group examination results in 115 research samples obtained blood group O (35.66%), blood group A (30.43%), blood group B (24.35%), and blood group AB (9.56%). Then for Rh blood grouping found in Rh positive (97.39%), while in Rh negative only found (2.61%). The results showed that anti-AB and anti-D development antisera had agglutination effectiveness equivalent to commercial antisera which reached +4, while anti-A and anti-B development antisera obtained agglutination levels of +3 to +4 which showed slightly lower effectiveness than commercial antisera which reached +4. Then the results of the study were processed using the Wilcoxon statistical test to see the relationship of each variable. The results showed that there was no significant difference between the results of blood group examination using commercial antisera and anti-AB ($p=1.000$) and anti-D ($p=0.317$) development antisera ($p>0.05$), while there was a significant difference between the two types of antisera for anti-A ($p=0.046$) and anti-B ($p=0.025$) ($p<0.05$). So it can be concluded that the developed antisera has the potential to replace commercial antisera in determining blood groups, especially in anti-AB and anti-D.

Kata Kunci : *Residual Serum, Developmental ABO and Rh Antisera, Commercial ABO and Rh Antisera, Blood Group Testing*

Refrences : 2008-2025

DAFTAR ISI

SAMPUL DALAM.....	i
LEMBAR PERSETUJUAN.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	vi
DAFTAR TABEL.....	vii
BAB I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah	7
C. Tujuan Penelitian.....	7
D. Manfaat Penelitian.....	8
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....	10
A. Tinjauan Umum Darah	10
1. Sejarah	10
2. Definisi.....	10
3. Hematopoiesis	11
4. Karakteristik.....	12
5. Fungsi.....	13
6. Komponen	15
B. Tinjauan Khusus Serum.....	16
1. Sejarah	16
2. Definisi	17
3. Pembentukan dan Metabolisme dalam Tubuh.....	17
4. Fungsi.....	18
5. Kandungan	18
6. Proses Memperoleh	20
7. Pemanfaatan Serum dalam Pembuatan Antisera ABO dan Rhesus	20
C. Tinjauan Umum Golongan Darah ABO dan Rhesus	21
1. Sejarah	21
2. Definisi.....	22
3. Klasifikasi	22
4. Sistem Penggolongan.....	24
5. Pola Pewarisan.....	39
6. Fungsi Pemeriksaan dalam Status Klinis.....	41
7. Metode dan Prosedur Pemeriksaan	42
8. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Hasil Pemeriksaan...	59
D. Tinjauan Khusus Antigen dan Antibodi.....	59
1. Sejarah	59

2. Definisi.....	61
3. Proses Pembentukan dan Metabolisme	61
4. Fungsi	65
5. Klasifikasi.....	66
6. Reaksi.....	72
7. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Reaksi.....	75
E. Tinjauan Khusus Antisera ABO dan Rhesus	75
1. Sejarah	77
2. Definisi.....	77
3. Fungsi	77
4. Kandungan	77
5. Prinsip Kerja	79
F. Tinjauan Khusus Pemanfaatan Serum Sisa sebagai Alternatif Pengganti Antisera ABO dan Rh dalam Penentuan Golongan Darah	80
G. Kerangka Teori.....	83
H. Kerangka Konseptual.....	86
BAB III. METODE PENELITIAN.....	89
A. Jenis dan Desain Penelitian	89
B. Tempat dan Waktu Penelitian.....	89
C. Populasi, Sampel, dan Teknik Pengambilan Sampel Penelitian	90
D. Kriteria dan Perhitungan Besar Sampel Penelitian	91
E. Variabel Penelitian	95
F. Definisi Operasional	96
G. Instrumen Penelitian	98
H. Prosedur Kerja Penelitian.....	99
I. Teknik Pengumpulan Data.....	106
J. Analisa Data.....	106
K. Etik Penelitian.....	107
L. Kerangka Operasional.....	110
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	112
A. Hasil	112
B. Pembahasan	124
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	133
A. Kesimpulan.....	133
B. Saran.....	134
DAFTAR PUSTAKA.....	135

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Ilustrasi Pembentukan Sel-Sel Darah (Hematopoiesis)	12
Gambar 2.2	Komponen Darah yang dapat Diamati Melalui Proses Sentrifugasi Darah dengan Komponennya	15
Gambar 2.3	Serum Darah.....	18
Gambar 2.4	Interpretasi Hasil Pemeriksaan Golongan Darah Metode <i>Slide Test</i>	44
Gambar 2.5	Interpretasi Hasil Metode Pemeriksaan Golongan Darah Metode <i>Gel Test</i>	48
Gambar 2.6	Interpretasi Hasil Metode Pemeriksaan Golongan Darah Metode <i>Mikroplate Test</i>	51
Gambar 2.7	Interpretasi Hasil Metode Pemeriksaan Golongan Darah Metode Tabung.....	55
Gambar 2.8	Mekanisme Pembentukan Antibodi.....	62
Gambar 2.9	Perbedaan Struktur Isotipe Antibodi.....	69
Gambar 2.10	Ragam Interaksi Antigen dengan Antibodi	74
Gambar 2.11	Reagen Antisera Komersial	79

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sistem Golongan Darah (<i>International Society of Blood Transfusion</i>)	22
Tabel 2.2 Pewarisan Golongan Darah Berdasarkan Fenotip	39
Tabel 2.3 Interpretasi Hasil Pemeriksaan Golongan Darah Metode <i>Slide Test</i>	43
Tabel 2.4 Interpretasi Hasil Pemeriksaan Golongan Darah Metode Tabung	54
Tabel 2.5 Pewarna yang Digunakan pada Antisera Komersial.....	79
Tabel 3.1 Interpretasi Pemeriksaan Golongan Darah	93
Tabel 3.2 Interpretasi Tingkat Aglutinasi Pemeriksaan Golongan Darah	93
Tabel 3.3 Interpretasi Nilai Momen <i>Kappa</i>	93
Tabel 4.1 Hasil Pemeriksaan Golongan Darah pada Sampel EDTA Sebagai Kandidat Antisera ABO dan Rh Pengembangan.....	113
Tabel 4.2 Distribusi Frekuensi Tingkat Aglutinasi Hasil Pemeriksaan Golongan Darah Menggunakan Antisera Pengembangan (Anti-A) Terhadap Antisera Komersial (Anti-A)	115
Tabel 4.3 Distribusi Frekuensi Tingkat Aglutinasi Hasil Pemeriksaan Golongan Darah Menggunakan Antisera Pengembangan (Anti-B) Terhadap Antisera Komersial (Anti-B)	116
Tabel 4.4 Distribusi Frekuensi Tingkat Aglutinasi Hasil Pemeriksaan Golongan Darah Menggunakan Antisera Pengembangan (Anti-AB) Terhadap Antisera Komersial (Anti-AB)	118
Tabel 4.5 Distribusi Frekuensi Tingkat Aglutinasi Hasil Pemeriksaan Golongan Darah Menggunakan Antisera Pengembangan (Anti-D) Terhadap Antisera Komersial (Anti-D)	119
Tabel 4.6 Hasil Uji Wilcoxon dari Hasil Pemeriksaan Golongan Darah Menggunakan Antisera Pengembangan yang Dibandingkan dengan Antisera Komersial.....	121

6

DAFTAR LAMPIRAN

94

89

Lampiran 1 Rekomendasi Persetujuan Etik.....	141
Lampiran 2 Surat Permohonan Izin RSKD Dadi.....	142
Lampiran 3 Surat Permohonan Izin PTSP.....	143
Lampiran 4 Surat Izin Pengambilan Sampel Rh Negatif Indonesia.....	144
Lampiran 5 Surat Izin Penelitian PTSP.....	145
Lampiran 6 Surat Keterangan Penelitian RSKD Dadi.....	146
Lampiran 7 Hasil Penelitian.....	147
Lampiran 8 Tabel Hasil SPSS.....	156
Lampiran 9 Surat Keterangan Telah Melakukan Penelitian.....	171
Lampiran 10 <i>Informed Consent</i>	172
Lampiran 11 Dokumentasi Penelitian.....	175
Lampiran 11 Biodata Penulis.....	196

11

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

173

Tingginya angka pengolahan limbah yang dihasilkan dari berbagai fasilitas kesehatan terutama di rumah sakit, masih menjadi permasalahan yang cukup tinggi. Berdasarkan data *World Health Organization* (WHO), kriteria pengelolaan limbah rumah sakit yang baik maksimal sebanyak 15% dari limbah yang harus dikelola secara tepat, namun kenyataannya di Indonesia limbah rumah sakit yang dikelola secara tepat mencapai 23,3% ($\geq 15\%$), yang mana sebanyak 20,5% ($\geq 15\%$) rumah sakit hanya melakukan pewadaan dan sebanyak 72,7% ($\geq 15\%$) yang melakukan pengangkutan ke tempat pembuangan limbah akhir, sehingga pengelolaan limbah rumah sakit di Indonesia masih sangat jauh dari kriteria baik menurut WHO. Sampai saat ini, limbah rumah sakit yang sangat berbahaya yaitu limbah infeksius yang dihasilkan dari bahan biologis seperti jaringan tubuh, darah, dan cairan tubuh lainnya (Heriwati *et al.*, 2023).

Pemeriksaan darah yang dilakukan di laboratorium umumnya menghasilkan sisa spesimen berupa serum dan plasma, karena beberapa jenis pemeriksaan hanya membutuhkan volume spesimen yang sedikit dari total jumlah spesimen yang tersedia. Sisa spesimen tersebut, yang tidak lagi digunakan akan dibuang dan akan menghasilkan limbah. Sedangkan limbah ini berpotensi untuk

dimanfaatkan kembali untuk digunakan dalam diagnostik pemeriksaan laboratorium dengan memperhatikan keamanan biologis dari spesimen tersebut. Salah satu limbah yang potensial untuk dikembangkan dalam diagnostik pemeriksaan laboratorium yaitu serum sisa (Wulandari *et al.*, 2022).

Serum merupakan komponen cair dalam darah yang tidak mengandung sel darah maupun faktor-faktor pembekuan darah. Komposisi serum terdiri dari 91,0% air, 8% protein, dan 0,9% mineral. Dalam serum terdapat dua jenis protein yaitu albumin dan globulin. Serum mengandung imunoglobulin terhadap antigen A atau B yang terdapat di membran eritrosit, sehingga dapat dimanfaatkan sebagai alternatif pengganti antisera komersial untuk pemeriksaan golongan darah (Abror, 2023).

Pemeriksaan golongan darah sangat penting dilakukan seseorang baik untuk kepentingan transfusi, donor darah yang tepat, serta identifikasi kasus kedokteran forensik seperti pada beberapa kasus kriminal (Rahman *et al.*, 2019). Terdapat sekitar 44 sistem golongan darah dengan lebih dari 300 antigen yang dapat ditemukan pada membran eritrosit. Dari jumlah tersebut, ada dua kelompok besar golongan darah yang digunakan secara umum, yaitu golongan darah ABO dan Rhesus (Rh) (Rosita *et al.*, 2019).

Golongan darah ABO dan Rh ditentukan berdasarkan antigen yang terdapat pada membran eritrosit yang dipenuhi oleh banyak

protein. Beberapa diantaranya merupakan antigen permukaan yang tersusun atas kompleks glikoprotein dan glikolipid. Antigen tersebut diturunkan secara genetik dan dikenal sebagai aglutinogen, ada atau tidaknya aglutinogen pada membran eritrosit dapat digunakan sebagai dasar pengelompokan golongan darah (Tortora & Derrickson, 2012).

Golongan darah sistem ABO ditentukan oleh tiga alel yang berbeda yaitu alel I^A , alel I^B , dan alel i . Adanya alel-alel tersebut mempengaruhi pewarisan golongan darah yang dapat menghasilkan individu dengan kondisi homozigot atau heterozigot (Rezki *et al.*, 2021). Penggolongan sistem darah ABO ditentukan oleh keberadaan dua antigen glikolipid pada membran eritrosit yaitu antigen A dan antigen B. Kedua antigen tersebut merupakan senyawa oligosakarida kompleks, namun keduanya berbeda pada senyawa penyusun di ujung rantai oligosakaridanya. Antigen A tersusun atas N-*acetylgalactosamine* sedangkan antigen B tersusun atas galaktosa (Setiawan, 2024).

Selain golongan darah sistem ABO, terdapat juga penggolongan darah pada manusia berdasarkan sistem Rh yang berbeda dengan sistem ABO. Berdasarkan antigen Rh pada membran eritrosit, mempunyai 5 antigen Rh utama yaitu C, c, D, E, dan e (Nadarajan, 2023). Golongan darah Rh ditentukan oleh keberadaan antigen D yang bersifat imunogenik (Astuti & Artini, 2019). Dari kelimanya, yang paling penting adalah antigen D. Antigen ini berupa

glikoprotein tertentu pada membran plasma eritrosit dan membagi golongan darah menjadi 2 kelompok berdasarkan reaksi aglutinasi antara antigen eritrosit dengan antibodi Rh yaitu positif dan negatif (Endang *et al.*, 2023).

Pemeriksaan golongan darah sistem ABO dan Rh yang dilakukan di laboratorium klinik secara umum menggunakan antisera yang diperoleh secara komersial dan pada prakteknya digunakan dalam bentuk siap pakai (Naim, 2015). Antisera komersial dapat diperoleh dengan harga yang relatif mahal (Abror, 2023). Antisera ini hanya tersedia di tempat yang menjual bahan kimia atau reagen laboratorium, dan dalam pengadaannya seringkali memerlukan proses pemesanan yang memakan waktu beberapa hari. Hal ini menjadi permasalahan yang dihadapi dalam proses pemeriksaan golongan darah di laboratorium.

Antisera komersial adalah reagen yang digunakan dalam pemeriksaan golongan darah, yang diperoleh melalui pembiakan supernatan secara *in vitro* hasil hibridisasi imunoglobulin sel tikus, dan menghasilkan aglutinasi pada pemeriksaan (Oktari & Silvia, 2016). Untuk menentukan Rh digunakan anti-D yang mengandung antibodi monoklonal manusia tipe IgM, natrium azida, potensiator, dan bahan sapi (albumin serum sapi dan serum sapi janin) (Machine, 2021). Sedangkan antisera ABO pengembangan yang dibuat oleh peneliti diperoleh dari serum sisa yang mengandung imunoglobulin terhadap

antigen A atau B yang terdapat di membran eritrosit dan antisera Rh pengembangan diperoleh dari serum sisa yang mengandung antibodi D.

55 Serum sisa diperoleh dari spesimen darah yang tidak mengandung antikoagulan, dengan cara memisahkan darah menjadi dua bagian menggunakan alat sentrifuge. Serum sisa dari laboratorium yang tidak dimanfaatkan lagi dapat dijadikan sebagai 20 antisera, karena aglutinin yang berada di dalam serum. Aglutinin golongan darah merupakan protein globulin, yang bertanggungjawab sebagai kekebalan tubuh alamiah untuk melawan aglutinogen asing (Khoirunnisa, 2024). Aglutinogen maupun aglutinin terbagi menjadi 37 dua jenis yaitu aglutinogen A dan aglutinogen B. Sedangkan aglutinin terbagi menjadi alfa (α) dan beta (β). Aglutinin α menghasilkan aglutinasi terhadap aglutinogen A dan aglutinin β menghasilkan aglutinasi terhadap aglutinogen B (Burhanuddin, 2019). Sedangkan serum yang mengandung antibodi Rh merupakan antibodi jenis Imunoglobulin G (IgG) yang terbentuk akibat paparan terhadap darah Rh positif, yang umumnya terjadi melalui kehamilan atau transfusi darah. Individu dengan golongan darah Rh negatif (mengandung 56 antibodi D) yang terpapar darah Rh positif (mengandung antigen D) akan terjadi reaksi imunologis menghasilkan aglutinasi (Roback *et al.*, 2008). Berdasarkan hal tersebut, perlu dilakukan penelitian

pengembangan untuk memanfaatkan serum sisa sebagai alternatif pengganti antisera ABO dan Rh.

Menurut penelitian sebelumnya, serum dapat digunakan sebagai antisera untuk pemeriksaan golongan darah dengan memanfaatkan serum manusia yang sesuai dengan golongan darahnya. Serum golongan darah A akan menghasilkan antisera B, untuk serum golongan darah B menghasilkan antisera A. Penelitian sebelumnya hanya menguji apakah serum dapat digunakan sebagai alternatif antisera atau tidak (Raehun *et al.*, 2019). Penelitian yang dilakukan oleh Oktari dan Silvia (2016) mengenai pengujian golongan darah sistem ABO menggunakan metode slide pada golongan darah A, B, dan O menunjukkan bahwa serum golongan darah A, B, dan O dapat dijadikan alternatif sebagai anti-A, anti-B, dan anti-AB.

Penelitian yang dilakukan oleh Sippert *et al.* (2024) mengevaluasi reagen *DeoxyriboNucleic Acid* (DNA) referensi untuk genotipe varian Rh di 17 laboratorium, menggunakan uji molekuler seperti sekuensing sanger, sekuensing generasi berikutnya, dan sekuensing generasi ketiga. Hasil menunjukkan 99,4% kesesuaian untuk polimorfisme Rh target dan 87,9% untuk kesesuaian alel Rh. Hasil imunoglobulin yang terbentuk memiliki stabilitas tertentu, dan degradasinya yang dipercepat tetap mendukung penggunaan reagen ini sebagai standar referensi dalam pengembangan pemeriksaan imunologi.

Pemanfaatan serum sisa sebagai alternatif antisera ABO telah dilakukan pada penelitian sebelumnya. Namun, secara spesifik untuk melihat efektivitas tingkat aglutinasi, pembuatan antisera penggolongan darah Rh, dan uji validitas hasil pemeriksaan dari antisera ABO dan Rh pengembangan berbahan dasar serum sisa terhadap antisera ABO dan Rh komersial masih sangat terbatas, berdasarkan hal tersebut maka peneliti berkeinginan untuk melakukan pengembangan penelitian terkait pemanfaatan serum sisa sebagai alternatif pengganti antisera ABO dan Rh dalam penentuan golongan darah.

B. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu apakah serum sisa dapat dimanfaatkan sebagai alternatif pengganti antisera ABO dan Rh dalam penentuan golongan darah?

C. Tujuan Penelitian

1. Tujuan Umum

Mengetahui pemanfaatan serum sisa sebagai alternatif pengganti antisera ABO dan Rh dalam penentuan golongan darah.

2. Tujuan Khusus

- a. Membuat antisera ABO dan Rh pengembangan berbahan dasar serum sisa sebagai alternatif pengganti antisera ABO dan Rh komersial dalam penentuan golongan darah.

- b. Mengetahui hasil pemeriksaan golongan darah menggunakan antisera ABO dan Rh pengembangan berbahan dasar serum sisa serta antisera ABO dan Rh komersial dalam penentuan golongan darah.
- c. Mengetahui efektivitas tingkat aglutinasi antisera ABO dan Rh pengembangan berbahan dasar serum sisa yang dibandingkan dengan antisera ABO dan Rh komersial (*gold standard*) dalam penentuan golongan darah.
- d. Mengetahui uji komparasi validitas hasil pemeriksaan golongan darah menggunakan antisera ABO dan Rh pengembangan berbahan dasar serum sisa terhadap antisera ABO dan Rh komersial dalam penentuan golongan darah.

D. Manfaat Penelitian

1. Peneliti

Sarana pengembangan kompetensi dan pengetahuan dalam menerapkan keilmuan yang diperoleh dalam perkuliahan dengan melakukan penelitian terkait pemanfaatan serum sisa sebagai alternatif pengganti antisera ABO dan Rh dalam penentuan golongan darah.

2. Institusi

Memberikan sumbangsih ilmiah kepada almamater berdasarkan hasil penelitian khususnya pada bidang imunoserologi

yaitu pemanfaatan serum sisa sebagai alternatif pengganti antisera ABO dan Rh dalam penentuan golongan darah.

3. Klinisi

Memberikan informasi ilmiah terkait serum sisa dapat menjadi salah satu bahan potensial untuk dikembangkan sebagai antisera ABO dan Rh dalam menggantikan antisera ABO dan Rh komersial dalam penentuan golongan darah.

4. Masyarakat

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan ilmiah kepada masyarakat tentang pemeriksaan golongan darah.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Tinjauan Umum Darah

1. Sejarah

Menurut sejarah, berbagai budaya di berbagai belahan dunia, baik yang kuno maupun modern, telah meyakini adanya kekuatan magis dalam darah yang dipandang sebagai “intisari kehidupan” karena kehilangan darah yang terlalu banyak dapat berujung pada kematian. Sejak zaman dahulu, manusia telah memandang darah sebagai sumber kehidupan. Bahkan, para gladiator Romawi meminum darah karena percaya bahwa darah memiliki kekuatan vital yang dapat memberikan perlindungan saat bertempur. Selain itu, darah juga sering dikaitkan dengan pembentukan karakter dan emosi seseorang (Sa'adah, 2018).

Pemeriksaan darah dengan secara visual pada proses flebotomi telah dilakukan sejak zaman kuno. Penemuan mikroskop di Belanda sekitar tahun 1590 oleh Hans dan Zacharias Jannsen sehingga dapat meneliti tentang darah. Pada tahun 1658 di Belanda Jan Swammerdam adalah orang pertama yang mengamati eritrosit di bawah mikroskop. Ahli mikroskop Belanda lainnya, Antoni van Leeuwenhoek tahun 1632–1723, yang merupakan kenalan Swammerdam, menggambarkan ukuran dan bentuk eritrosit dan membuat ilustrasi pertama hal tersebut pada tahun

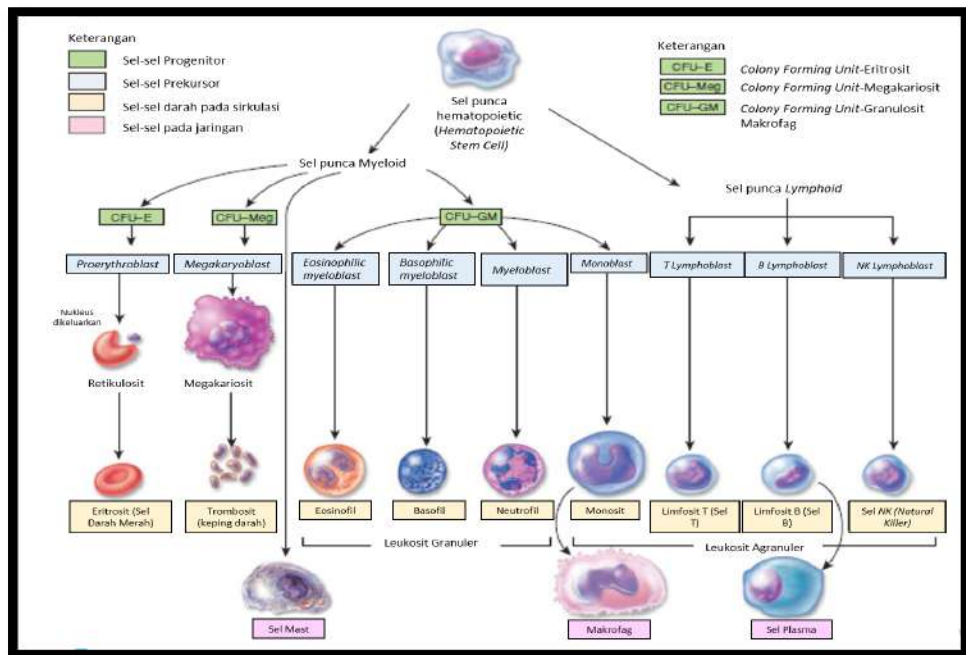
1695. Selama 150 tahun ilmuwan hanya mengamati eritrosit (Steven & Hajdu, 2003).

2. Definisi

Darah merupakan cairan tubuh yang berperan vital dalam memastikan kelangsungan hidup manusia, dengan bersirkulasi melalui jantung dan pembuluh darah. Salah satu komponen darah yang beredar dalam tubuh dan memiliki fungsi untuk mengangkut oksigen serta nutrisi yang dibutuhkan adalah eritrosit (Nuraini *et al.*, 2022). Terdiri dari berbagai komponen darah, yaitu plasma darah sebagai komponen cair dan sel-sel darah sebagai komponen padat yang terdiri atas eritrosit, leukosit, dan trombosit (Hall J, 2016).

3. Hematopoiesis

Hematopoiesis, atau yang juga dikenal sebagai hemopoiesis (dari kata *haema* berarti darah dan *poiesis* berarti pembentukan), merupakan proses pembentukan seluruh jenis sel darah, termasuk Eritrosit, leukosit, dan trombosit. Pada tahap embrionik, hematopoiesis pertama kali terjadi di sac kuning (yolk sac), kemudian dilanjutkan di hati (liver), limpa, timus, dan kelenjar getah bening (nodus limfatikus) saat janin berkembang. Memasuki trimester ketiga kehamilan, tepatnya tiga bulan sebelum kelahiran, proses hematopoiesis berpindah ke sumsum tulang merah dan terus berlangsung di sana setelah kelahiran hingga sepanjang hidup (Tortora & Derrickson, 2012).



Gambar 2.1 Ilustrasi pembentukan sel-sel darah (Hematopoiesis) (Sumber: Tortora & Derrickson, 2012)

Hematopoiesis adalah proses seluler di mana sel-sel nenek moyang di sumsum tulang berkembang menjadi sel-sel darah matang yang memiliki fungsi biologis tertentu. Manfaat utama sel-sel darah meliputi pengangkutan oksigen dan nutrisi, pembentukan pembekuan darah (pembekuan) ketika luka terjadi atau kerusakan pada pembuluh darah, serta melindungi tubuh dari infeksi melalui memungkinkan dalam sistem imun (Hoffman *et al.*, 2012).

4. Karakteristik

Darah merupakan jaringan cair yang terdiri atas komponen seluler yaitu eritrosit, leukosit, trombosit, serta plasma darah. Eritrosit berjumlah 4 sampai 5 juta sel/mm³ darah, leukosit Jumlah leukosit berkisar antara 5.000 sampai 8.000 sel/mm³ darah,

sedangkan trombosit memiliki jumlah antara 150.000 sampai 400.000 keping/mm³ darah (Fatimah *et al.*, 2019).

Menurut Tirtana *et al.* (2023) Darah memiliki perbedaan dibandingkan dengan cairan. Ada beberapa karakteristik dari darah sebagai berikut:

- a. Tekstur darah lebih padat dan lebih kental dibanding dengan air.
- b. Suhu darah 38°C ($\pm 1^\circ\text{C}$ lebih tinggi dibandingkan suhu rektal atau suhu oral).
- c. Ph darah berkisar 7,35-7,45.
- d. Warna darah tergantung kadar oksigen. Warna merah ketika darah banyak mengandung oksigen dan warna merah tua ketika kadar oksigen rendah di dalam darah.
- e. $\pm 20\%$ darah merupakan cairan ekstraseluler.
- f. $\pm 8\%$ dari total massa tubuh.
- g. Volume darah antara 4-6 liter pada manusia dewasa (pria 5-6 liter dan wanita 4-5 liter) perbedaan ini disebabkan oleh berat badan.

5. Fungsi

Menurut Setiawan (2024) darah merupakan salah satu jaringan pengikat yang memiliki fungsi vital. Secara keseluruhan fungsi umum darah dapat dikelompokkan menjadi 3 fungsi yaitu:

a. Fungsi Transportasi

Fungsi umum darah sebagai media *transport* oksigen, karbondioksida melalui eritrosit. Oksigen sangat sulit terlarut dalam plasma darah (hanya 1,5%), sehingga pengangkut oksigen yang utama adalah eritrosit. Heme pada hemoglobin akan mengikat oksigen membentuk oksihemoglobin, ikatan tersebut bersifat *reversible*. Jumlah sel eritrosit yang sangat banyak akan mengoptimalkan pengangkutan oksigen, yakni setiap 100 ml darah mengandung setara 20 ml gas oksigen. Sebanyak 23% karbon dioksida hasil dari metabolisme akan dikembalikan ke jantung dari jaringan-jaringan tubuh dengan diangkut oleh hemoglobin. Karbon dioksida akan berikatan dengan protein globin pada hemoglobin membentuk carbaminohemoglobin. *Transport* karbon dioksida terbesar (sebanyak 70%) akan kembali ke jantung dalam bentuk ion bikarbonat terlarut dalam plasma. Darah juga berfungsi dalam *transport nutrient* seperti glukosa, asam amino, dan vitamin, serta membantu sirkulasi hormon dari kelenjar menuju ke organ-organ target.

b. Fungsi Regulasi

Darah berperan dalam menjaga hemostasis cairan tubuh, pH tubuh, dan suhu tubuh. Hemostasis cairan tubuh guna menjaga volume cairan tubuh serta osmolaritas cairan

tubuh. Regulasi homeostasis cairan tubuh dilakukan dengan osmosis air pada plasma darah keluar menuju cairan interstisial, begitu pula sebaliknya. Homeostasis pH tubuh dilakukan dengan sistem buffer, pengangkutan karbondioksida kembali ke jantung dalam bentuk ion bikarbonat mampu mempertahankan derajat pH tubuh 7,35-7,45. Air sebagai komponen utama plasma darah bertindak sebagai absorban dan pendingin untuk menjaga suhu tubuh.

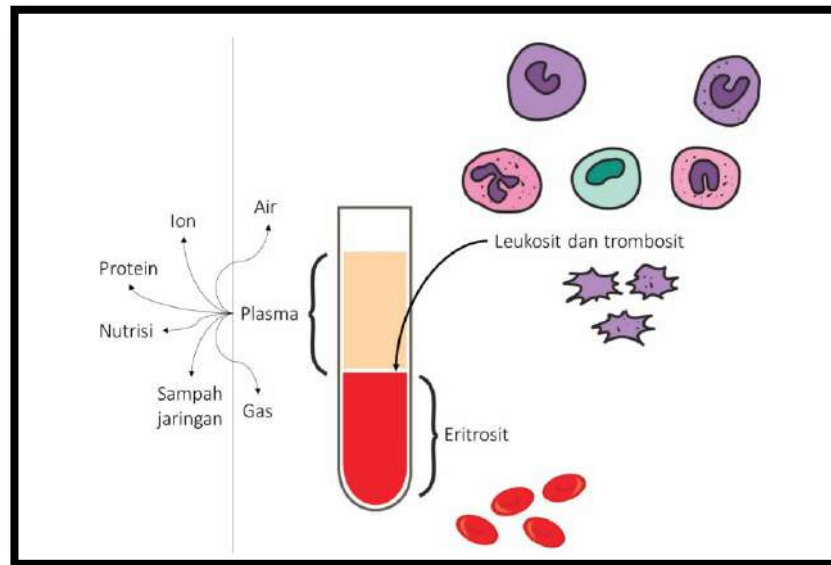
c. Fungsi Proteksi

Kemampuan sel-sel leukosit keluar pembuluh darah sebagai tanggapan terhadap invasi patogen serta kemampuan dalam memfagositosis dan membentuk antibodi merupakan bagian dari fungsi proteksi. Fungsi proteksi lainnya adalah mencegah kehilangan darah dengan membentuk sumbat trombosit (*platelet plug*) dan mekanisme pembekuan darah dengan mengaktifkan benang-benang fibrin.

6. Komponen

Darah terdiri atas dua komponen utama, yaitu bagian cair dan bagian padat. Komponen cair berupa plasma darah, sedangkan bagian padat terdiri atas eritrosit, leukosit, dan trombosit yang berperan penting dalam berbagai fungsi fisiologis, termasuk proses pembekuan darah (*American Society of Hematology*, 2018). Seluruh komponen darah yang beredar di dalam tubuh manusia

dikenal sebagai *whole blood*, yang terdiri atas sekitar 55% plasma darah dan 45% sel-sel darah (Rosita *et al.*, 2019).



Gambar 2.2 Komponen Darah yang Diamati Melalui Proses Sentrifugasi (Sumber: Rosita *et al.*, 2019)

B. Tinjauan Khusus Serum

1. Sejarah

Tahun 1890, Emil Behring dan *Kitasato Shibasaburō* menerbitkan makalah pertama mereka tentang terapi serum. Behring mempelopori teknik ini, menggunakan marmut untuk memproduksi serum. Berdasarkan pengamatannya bahwa orang yang selamat dari infeksi bakteri difteri tidak pernah terinfeksi lagi, ia menemukan bahwa tubuh terus-menerus memproduksi antitoksin, yang mencegah orang yang selamat dari infeksi terinfeksi lagi dengan agen yang sama (Grundmann, 2021).

Behring perlu mengimunisasi hewan yang lebih besar agar dapat menghasilkan serum yang cukup untuk melindungi manusia,

karena jumlah antiserum yang diproduksi oleh marmut terlalu sedikit untuk dapat digunakan secara praktis. Kuda diketahui sebagai hewan penghasil serum terbaik, karena serum dari hewan besar lainnya cenderung memiliki konsentrasi antibodi yang lebih rendah. Selain itu, kuda juga diyakini tidak membawa patogen yang berisiko menular kepada manusia, sehingga dinilai lebih aman untuk digunakan dalam produksi serum. Karena perang dunia pertama, sejumlah besar kuda dibutuhkan untuk keperluan militer. Sulit bagi Behring untuk menemukan cukup banyak kuda Jerman untuk fasilitas serumnya. Ia memilih untuk mendapatkan kuda dari negara-negara Eropa Timur, terutama Hongaria dan Polandia. Karena keterbatasan sumber daya keuangan Behring, sebagian besar kuda yang dipilihnya dimaksudkan untuk disembelih. Namun, kegunaan hewan tersebut bagi orang lain tidak memengaruhi produksi serum (Behring, 2014).

2. Definisi

17 Serum merupakan komponen cair darah yang tidak
mengandung sel maupun faktor-faktor pembekuan seperti
17 fibrinogen. Meskipun demikian, protein-protein koagulasi lainnya
serta protein yang tidak berperan dalam proses hemostasis tetap
terdapat dalam serum dengan konsentrasi yang hampir sama
17 seperti pada plasma. Jika proses koagulasi berlangsung secara
tidak sempurna, serum dapat mengandung sisa fibrinogen serta

produk pemecahan fibrinogen atau protrombin yang belum sepenuhnya terkonversi (Sacher & McPerson, 2012).

3. Pembentukan dan Metabolisme dalam Tubuh

Serum mengandung dua jenis protein utama, yaitu albumin dan globulin. Albumin, yang disintesis di hati, merupakan protein paling dominan dalam serum dan memiliki muatan negatif yang kuat, sehingga mampu mengikat molekul-molekul kecil untuk diedarkan melalui aliran darah. Selain itu, albumin berperan penting dalam menjaga tekanan osmotik darah. Sementara itu, globulin terdiri atas beberapa jenis; sebagian diproduksi di hati, dan sebagian lainnya dihasilkan oleh sistem kekebalan tubuh. Secara umum, istilah globulin merujuk pada kelompok protein yang bersifat heterogen, memiliki berat molekul tinggi, kelarutan rendah, serta laju migrasi elektroforetik yang lebih lambat dibandingkan albumin (John, 2010).

4. Fungsi

Dilansir dari *Microbe Notes*, serum berfungsi sebagai sumber utama elektrolit, mendeteksi paparan patogen seperti virus dan bakteri, dan membantu mendiagnosis penyakit (Utami, 2023). Selain itu serum berfungsi untuk membawa zat gizi dan hormon, sumber antibodi, penanda diagnostik, menunjang respons imun, dan menjaga keseimbangan elektrolit dan pH.

5. Kandungan

Komposisi serum terdiri dari 91,0% air, 8% protein, dan 0,9% mineral. Serum mengandung berbagai komponen penting, antara lain antigen, antibodi, hormon, serta protein dalam jumlah sekitar 6-8% yang tidak terlibat dalam proses pembekuan darah (Khasanah, 2015). Antibodi yang terdapat dalam serum berperan sebagai mekanisme pertahanan tubuh, dengan cara mengenali dan menghancurkan protein asing (antigen) seperti virus, bakteri, dan zat patogen lainnya yang masuk ke tubuh.



Gambar 2.3 Serum Darah
(Sumber: Medline, 2022)

Serum mengandung antibodi yang berkaitan dengan golongan darah termasuk dalam kelompok protein globulin, yang berperan sebagai bagian dari sistem kekebalan tubuh alami dalam

mengenali dan melawan antigen asing. Penentuan golongan darah didasarkan pada keberadaan aglutinogen (antigen) pada permukaan membran eritrosit dan aglutinin (antibodi) dalam plasma darah. Aglutinogen adalah protein yang terletak pada membran eritrosit dan mampu bereaksi dengan aglutinin sehingga membentuk aglutinasi. Terdapat Terdapat dua jenis aglutinogen utama, yaitu aglutinogen A dan aglutinogen B. Sementara itu, aglutinin adalah protein yang ada dalam plasma darah dan dapat bereaksi secara spesifik dengan aglutinogen yang sesuai. Aglutinin berperan sebagai antibodi. Ada dua jenis aglutinin, yaitu aglutinin alfa (α) dan aglutinin beta (β). Aglutinin α , yang juga disebut serum anti-A, akan menyebabkan aglutinasi terhadap aglutinogen A, sedangkan aglutinin β , yang dikenal juga sebagai antiserum B, akan menyebabkan aglutinasi terhadap aglutinogen B (Burhanuddin, 2019).

6. Proses Memperoleh

Proses memperoleh serum dimulai dengan membiarkan darah membeku secara alami selama 15–30 menit pada suhu ruang (20–25°C). Setelah proses pembekuan, darah kemudian disentrifugasi dengan kecepatan 3.000 *Revolusi Per Menit* (rpm) selama 5–15 menit. Spesimen darah yang akan digunakan untuk pembuatan serum ditampung terlebih dahulu ke dalam tabung reaksi atau tabung vakum tanpa antikoagulan (plain tube), atau

dapat pula menggunakan *Serum Separator Tube* (SST). Pemisahan serum dari komponen lainnya setelah proses sentrifugasi sebaiknya dilakukan maksimal dalam waktu 2 jam untuk menjaga kestabilan komponen serum (Permenkes, 2013).

7. Pemanfaatan Serum dalam Pembuatan Antisera ABO dan Rhesus

Serum diperoleh dari darah utuh yang didiamkan selama 30 menit hingga beku, setelah itu *dicentrifuge* dengan 3000 rpm selama 5 menit, lalu dilakukan pemisahan (Nugraha, 2015).

8 Aglutinin dalam serum darah mampu bereaksi dengan antigen A atau B, yang kemudian memicu respons imun berupa aglutinasi. Proses aglutinasi ini terjadi akibat interaksi antara antigen dan antibodi, yang dalam beberapa kasus dapat menyebabkan kerusakan eritrosit atau hemolisis. Antibodi A akan bereaksi terhadap antigen B, begitu pula sebaliknya, antibodi B akan bereaksi terhadap antigen A. Secara normal, antibodi yang ada di dalam plasma darah seseorang tidak akan bereaksi dengan antigen pada membran eritrositnya sendiri, karena antigen tersebut bukan merupakan pasangan komplemen dari antibodi dalam plasmanya (Tortora & Derrickson, 2012).

114 Penelitian Raehun *et al.* (2019) Digunakan reagen alternatif berupa antisera yang berasal dari serum manusia. Antisera A dibuat dari sampel bergolongan darah B, sedangkan antisera B berasal dari sampel bergolongan darah A. Sampel kemudian disentrifugasi

dengan kecepatan 3000 rpm selama 5 menit untuk memisahkan serum dari sel darah. Setelah pemisahan, serum yang diperoleh dapat dimanfaatkan sebagai alternatif antisera anti-A dan anti-B dalam pemeriksaan golongan darah.

C. Tinjauan Umum Golongan Darah ABO dan Rhesus

1. Sejarah

Sebelum tahun 1901, diyakini bahwa semua darah manusia memiliki karakteristik yang sama. Pandangan ini menyebabkan terjadinya banyak kasus reaksi transfusi yang fatal, bahkan berujung pada kematian. Namun, pada tahun 1901, Karl Landsteiner, seorang ilmuwan asal Austria, berhasil menemukan sistem golongan darah ABO. Ia mengungkapkan setiap individu memiliki golongan darah yang berbeda yaitu A, B, AB, dan O. Kemudian, pada tahun 1902, Alfred Decastello dan Adriana Struli menemukan golongan darah AB, sehingga sistem ABO menjadi lengkap. Penemuan ini menegaskan bahwa transfusi darah hanya dapat dilakukan jika golongan darah donor dan resipien sesuai (Maharani, 2018).

2. Definisi

Golongan darah merupakan klasifikasi darah pada manusia yang disebabkan oleh faktor genetik yang diwariskan dari kedua orang tua. Sistem ini mengacu pada keberadaan antigen yang terdapat pada permukaan eritrosit (Lestari et al., 2020). Antigen

berada di membran eritrosit, serta antibodi terdapat dalam plasma darah. Kombinasi antara antigen dan antibodi inilah yang menjadi dasar dalam penentuan golongan darah (Natsir, 2022).

3. Klasifikasi

Golongan darah adalah sifat genetik yang diwariskan dari orang tua kepada anak. Klasifikasi golongan darah didasarkan pada keberadaan antigen yang terletak pada membran eritrosit (He *et al.*, 2021). Berdasarkan data dari *International Society of Blood Transfusion* (ISBT), hingga saat ini telah teridentifikasi 44 sistem golongan darah yang mencakup lebih dari 300 jenis antigen, sebagian besar di antaranya telah berhasil dikloning dan disekuensing (diurutkan). Gen-gen penyusun sistem golongan darah umumnya bersifat autosomal, kecuali sistem XG dan XK yang diwariskan melalui kromosom X, serta MIC2 yang terdapat pada kromosom X dan Y. Antigen pada permukaan eritrosit ini dapat berupa protein integral dengan variasi urutan asam amino sebagai bentuk polimorfismenya (seperti pada sistem Rh dan Kell), atau berupa glikoprotein dan glikolipid seperti pada sistem ABO (Aliviameita, 2020).

Tabel 2.1 Sistem Golongan Darah (*International Society of Blood Transfusion*)

No ISBT	Nama	Simbol	Jumlah Antigen
001	ABO	ABO	4
002	MNS	MNS	50
003	P1PK	P1PK	3
004	Rh	RH	56

90

005	Lutheran	LU	26
006	Kell	KEL	37
007	Lewis	LE	6
008	Duffy	FY	5
009	Kidd	JK	3
010	Diego	DI	23
011	Yt	YT	6
012	G	G	2
013	Scianna	SC	9
014	Dombrock	DO	10
015	Colton	CO	4
016	Landstein-er- Wiener	LW	4

62

017	Chido/Rodgers	CH/RG	9
018	H	H	1
019	Kx	XK	1
020	Gerbich	GE	13
021	Cromer	CROM	20
022	Knops	KN	12
023	Indian	IN	6
024	Ok	OK	3
025	Raph	RAPH	1
026	John Milton Hagen	JMH	8

198

027	I	I	1
028	Globoside	GLOB	3
029	Gill	GIL	1
030	Rh- associated Glycoprotein	RHAG	5

142

031	FORS	FORS	1
032	JR	JR	1
033	LAN	LAN	1
034	Vel	VEL	1
035	CD59	CD59	1
036	Augustine	AUG	4
037	Kanno	KANNO	1
038	SID	SID	1
039	CTL2	CTL2	2
040	PEL	PEL	1
041	MAM	MAM	1

042	EMM	EMM	1
043	ABCC1	ABCC1	1
044	Er	ER	5

Sumber: Darwin *et al.*, 2021

4. Sistem Penggolongan

a. ABO

1) Sejarah

Karl Landsteiner menemukan sistem golongan darah ABO pada tahun 1900, yang menjadi dasar terbentuknya pusat darah dan kemajuan dalam ilmu kedokteran transfusi. Melalui serangkaian eksperimen, Landsteiner berhasil mengidentifikasi tiga golongan darah, yaitu A, B, dan O. Beberapa waktu tak lama setelah itu, dua kolega Landsteiner, Alfred von Decastello dan Adriano Sturli, menemukan golongan darah AB, menyempurnakan sistem ABO. Dalam penelitian lebih lanjut, Landsteiner juga menemukan hubungan antara antigen terkandung dalam eritrosit dan antibodi aglutinasi pada serum individu yang sama, misalnya adanya antigen A pada eritrosit disertai dengan antibodi anti-B dalam serum. Temuan ini dikenal sebagai Hukum Landsteiner, yang menjadi dasar penting dalam terapi transfusi dan penentuan kecocokan antara donor dan penerima. Hingga saat ini, pemeriksaan golongan darah ABO tetap menjadi prosedur utama di bank darah (Aliviameita, 2020).

2) Definisi

Sistem golongan darah ABO merupakan pengelompokan darah yang terdiri dari empat tipe, yaitu golongan darah A, B, AB, dan O (Maharani & Noviar, 2018). Pengelompokan ini ditentukan berdasarkan ada atau tidaknya antigen A dan B yang diekspresikan pada membran eritrosit, serta keberadaan antibodi anti-A dan anti-B dalam serum atau plasma darah.

3) Antigen

Antigen dalam sistem golongan darah ABO adalah antigen yang berupa oligosakarida yang dibentuk melalui Ekspresi gabungan dari gen H, gen ABO, dan gen Se terjadi melalui interaksi antara gen-gen tersebut. Gen H terletak pada lokus H (FUT1) di kromosom 19 dan mengkode enzim fukosil transferase, yang berperan dalam pembentukan antigen H pada permukaan eritrosit. Antigen H ini berfungsi sebagai prekursor utama dalam pembentukan antigen A dan B. Individu dengan genotipe HH atau Hh mampu memproduksi antigen H, sedangkan Individu dengan genotipe hh tidak dapat memproduksi fukosil transferase, sehingga mereka tidak menghasilkan antigen H dan tidak dapat mengekspresikan antigen A maupun B. Kondisi ini dikenal sebagai golongan darah O

Bombay. Jumlah antigen H yang dikonversi menjadi antigen A atau B ditentukan oleh aktivitas enzim glikosiltransferase yang diproduksi oleh gen ABO (Maharani & Noviar, 2018).

4) Antibodi

Umumnya, manusia memiliki Antibodi anti-A dan anti-B terbentuk secara alami dalam tubuh. Pembentukan antibodi ini bersifat berlawanan (resiprokal) terhadap jenis antigen membran eritrosit. Sebagai contoh, individu yang memiliki antigen A pada eritrositnya akan membentuk antibodi anti-B dalam plasmanya, demikian pula sebaliknya (Maharani & Noviar, 2018).

Antibodi ABO dalam serum terbentuk secara alami tanpa perlu adanya paparan transfusi sebelumnya. Produksi antibodi ini distimulasi saat sistem imun terpapar oleh antigen golongan darah ABO yang "tidak dimiliki" tubuh, yang umumnya berasal dari makanan atau mikroorganisme. Proses ini dimulai sejak struktur gula yang identik atau sangat mirip dengan antigen golongan darah ABO banyak dijumpai di alam pada usia dini. Lokus gen ABO memiliki tiga alel utama, A, B, dan O, di mana alel A mengkode enzim glikosiltransferase yang menambahkan N-asetilgalaktosamin sebagai gula imunodominan untuk membentuk antigen A, sedangkan alel B mengkode

glikosiltransferase yang menambahkan D-galaktosa sebagai gula imunodominan untuk membentuk antigen B. Antibodi ABO memiliki relevansi klinis yang penting karena dua hal yaitu terjadi antibodi sistem ABO terbentuk secara alami, ditemukan secara universal, dan sangat reaktif. Antibodi ini muncul segera setelah kelahiran sebagai respons terhadap agen lingkungan yang memiliki antigen serupa dengan antigen A dan B yang terdapat pada eritrosit. Tingkat konsentrasi atau titer antibodi ini dapat bervariasi. *Antibodi Non-Red Cell Stimulated* (NRCS) dalam sistem ABO umumnya berupa IgM, meskipun IgG dan IgA juga dapat ditemukan. Antibodi ini mengikuti karakteristik umum antibodi IgM (bereaksi paling baik pada suhu kamar atau lebih rendah, dapat mengaktifkan komplemen, dan berfungsi sebagai aglutinin saline). Versi IgM dan IgA dari antibodi ABO tidak dapat menembus penghalang plasenta. Namun, versi IgG dapat menembus plasenta dan berpotensi menyebabkan penyakit hemolitik pada bayi baru lahir (Aliviameita, 2020).

b. Rhesus

1) Sejarah

Tahun 1940, Landsteiner dan Wiener, awalnya mengamati bahwa antiserum, yang diperoleh dari marmut

dan kelinci yang diimunisasi dengan eritrosit monyet Rh, bereaksi sekitar 85 eritrosit manusia yang mereka uji, dan pola reaktivitasnya sama dengan reaktivitas yang ditemukan pada serum wanita yang mengalami *Hemolytic Disease of the Newborn* (HDN). Antigen yang diusulkan pada membran eritrosit manusia yang bereaksi terhadap antiserum dari monyet Rh, disebut sebagai antigen Rh dan antibodi sebagai anti-Rh.

Pada periode yang sama Levine dan Stetson mendeskripsikan kasus eritroblastosis fetalis yang disebabkan oleh isoimunisasi eritrosit ibu oleh antigen eritrosit paternal, yang kemudian diidentifikasi sebagai antigen Rh. Namun, penelitian selanjutnya mengonfirmasi bahwa anti-Rh yang diidentifikasi Landsteiner dan Wiener adalah anti-LW, dan kebingungan muncul karena antigen LW diekspresikan lebih kuat pada eritrosit Rh-positif daripada eritrosit Rh-negatif (Nadaran, 2023).

Kontroversi dan kebingungan dalam sistem golongan darah Rh berlanjut selama beberapa dekade berikutnya setelah pengakuan bahwa Rh-positif dan Rh-negatif disebabkan oleh ada dan tidaknya antigen D, dan bahwa ada antigen antitesis tambahan yang disebut sebagai C, c, dan E, e yang terkait dengan antigen D. Pendapat yang

berbeda di antara kelompok-kelompok sehubungan dengan ekspresi dan jumlah gen yang mengkode antigen yang terkait erat ini, tercermin dalam terminologi dan nomenklatur yang berbeda yang diusulkan untuk mencatat kombinasi antigen (Wiener, 1960).

Sementara terminologi *Fisher-Race* didasarkan pada usulan bahwa tiga gen yang saling terkait erat C/c, E/e dan D menganugerahkan fenotipe Rh yang berbeda, nomenklatur *Wiener* mengambil pandangan yang berlawanan bahwa satu gen mengodekan faktor golongan darah Rh yang berbeda. Namun, kedua teori tersebut ditemukan tidak benar, dan usulan oleh *Tippett* bahwa berbagai antigen Rh dapat dijelaskan oleh interaksi hanya dua gen, *RHD* dan *RHCE* yang kemudian terbukti benar. Butuh beberapa dekade upaya bersama oleh berbagai kelompok untuk mengungkap dasar serologis, biokimia, dan molekuler dari sistem golongan darah Rh, yang tetap menjadi Sistem golongan darah yang paling penting dalam konteks klinis adalah sistem ABO dan Rh, khususnya antigen D karena perannya yang penting dalam reaksi transfusi dan penyakit hemolitik pada bayi yang baru lahir terjadi akibat respons imun terhadap sel darah merah yang dianggap asing. (Nadarajan, 2023).

2) Definisi

Sistem penggolongan darah terbesar kedua setelah sistem ABO yaitu penggolongan darah Rh. Sistem ini memiliki kepentingan klinis yang tinggi karena bersifat imunogenik, terutama antigen D, yang dapat memicu respons imun. Antigen Rh juga merupakan penyebab utama terjadinya HDN (Nuraini *et al.*, 2022).

3) Antigen

Antigen-antigen yang menyusun sistem golongan darah Rhesus, khususnya antigen D, C, c, E, dan e, dikenal memiliki sifat imunogenik yang tinggi. Antigen D merupakan yang paling imunogenik di antara semuanya dan paling sering terlibat dalam HDN serta dapat menjadi sumber imunisasi dan *Hemolitik Transfusion Reaksi* (HTR) berikutnya, ketika eritrosit yang positif antigen ditransfusikan ke subjek yang negatif antigennya. Antigen sistem golongan darah Rh (ISBT 004) dikodekan oleh dua gen utama, yaitu RHD dan RHCE, yang terletak pada lokus kromosom 1p36.11. Kedua gen ini masing-masing mengkodekan protein yang terdiri atas 417 asam amino dan memiliki tingkat homologi yang tinggi, mencerminkan asal-usul evolusioner yang serupa serta fungsi struktural yang berkaitan dalam membran eritrosit. Gen-gen tersebut

muncul dalam orientasi terbalik, masing-masing mengandung 10 ekson dan 97% identik (Nadarajan, 2023).

4) Antibodi

Antibodi Rh imun sebagian besar adalah IgG (IgG1 dan IgG3), tetapi mungkin memiliki komponen IgM. Mereka bereaksi optimal pada suhu 37°C, mereka tidak mengikat komplemen dan deteksi mereka sering ditingkatkan dengan penggunaan eritrosit yang diobati dengan enzim. Hemolisis, ketika terjadi, oleh karena itu bersifat ekstravaskular dan sebagian besar terjadi di limpa. Anti-D secara klinis merupakan antibodi yang paling penting, antibodi ini dapat menyebabkan reaksi transfusi hemolitik dan merupakan penyebab umum kematian janin akibat penyakit hemolitik pada bayi baru lahir sebelum profilaksis anti-D diperkenalkan. Anti-D disertai dengan anti-C pada 30% kasus dan anti-E pada 2% kasus. Imunisasi primer setelah transfusi sel D-positif menjadi jelas dalam 2–5 bulan, tetapi mungkin tidak terdeteksi setelah terpapar dosis kecil sel D-positif selama kehamilan. Namun, paparan kedua terhadap sel D-positif pada kehamilan berikutnya akan memicu respons imun anamnestic atau sekunder yang cepat. Dari antibodi Rh non-D, anti-c adalah yang paling umum ditemukan dan juga dapat menyebabkan penyakit hemolitik

parah pada janin dan bayi baru lahir. Anti-E kurang umum, sedangkan anti-C jarang ditemukan jika tidak ada anti-D (Lewis, 2012).

c. Golongan Darah Lewis

1) Definisi

Sistem golongan darah Lewis (Le) adalah klasifikasi darah manusia berdasarkan ekspresi glikoprotein yang disebut antigen Le pada membran eritrosit atau dalam cairan tubuh, atau keduanya. Sistem antigen Le terkait erat dengan sistem sekretor dan sistem golongan darah ABO secara biokimia, meskipun lokus genetiknya tidak terkait (Aliviameita, 2020).

2) Antigen

Sistem penggolongan darah Lewis (Le) terdiri dari dua antigen utama, yaitu Lea dan Leb. Antigen Le memiliki sifat khas karena, berbeda dengan banyak sistem golongan darah lainnya seperti ABO dan Rh, antigen ini tidak merupakan bagian yang melekat langsung pada membran eritrosit. Antigen Le dibentuk melalui proses sekresi di jaringan epitel dan kemudian diadsorpsi ke permukaan eritrosit. Pada saat lahir, bayi umumnya tidak memiliki antigen Le dan bertipe Le(a-b-). Antigen ini mulai terdeteksi sekitar satu minggu setelah kelahiran dan terus

berkembang hingga usia enam tahun. Urutan perkembangan fenotipe antigen biasanya dimulai dari $Le(a-b-)$ $\rightarrow$ $Le(a+b-)$ $\rightarrow$ $Le(a+b+)$ $\rightarrow$ $Le(a-b+)$, di mana tipe akhir ini umumnya baru tampak sepenuhnya pada usia sekitar enam tahun (Aliviameita, 2020).

d. **Golongan Darah Kell**

1) Sejarah

Sistem penggolongan darah Kell ditemukan untuk pertama kalinya pada tahun 1946 dan dinamakan berdasarkan nama seorang pasien, Nyonya Kelleher, yang mengandung antibodi anti-Kell. Antibodi tersebut menyebabkan penyakit hemolitik pada bayi baru lahir, karena anaknya mewarisi antigen Kell yang kemudian diikat oleh antibodi ibu selama kehamilan. Hingga saat ini, telah teridentifikasi sebanyak 25 antigen dalam sistem Kell, dengan frekuensi distribusi yang bervariasi antar populasi. Meskipun demikian, antigen Kell yang pertama kali ditemukan (K atau K1) tetap menjadi yang paling signifikan secara klinis, terutama dalam konteks transfusi darah dan kejadian HDN (Aliviameita, 2020).

2) Definisi

Golongan darah Kell adalah sekelompok antigen pada membran eritrosit manusia yang merupakan penentu

penting golongan darah dan merupakan target untuk penyakit autoimun atau aloimun yang menghancurkan eritrosit.

3) Antigen

Antigen dalam sistem golongan darah Kell terletak pada glikoprotein yang terdapat di membran eritrosit yang mengalami N-glycosylation. Sistem Kell adalah sistem yang kompleks dan hingga Saat ini, diketahui terdapat 24 antigen. Terdapat lima pasangan alel yang mengekspresikan antigen dengan frekuensi tinggi dan rendah, serta sekitar 14 antigen tambahan lainnya yang bersifat independen. Antigen Kell menunjukkan variasi ekspresi yang signifikan antar populasi. Sebagai contoh, antigen K (Kell) ditemukan pada sekitar 9% populasi kulit putih, namun hanya sekitar 2% pada populasi kulit hitam (Aliviameita, 2020).

4) Antibodi

Antibodi terhadap antigen-antigen Kell seperti Kp^a , Kp^b , Kp^c , Js^a , dan Js^b Antigen ini juga ditemukan dan dapat berperan dalam kasus HDFN dan HTR. Faktor ras perlu dipertimbangkan dalam mengidentifikasi antibodi. Antigen Kpa hanya ditemukan pada ras kulit putih, sedangkan Kpc hanya ada pada orang Asia. Baik Kpa

maupun Kpc merupakan antigen dengan frekuensi rendah, sehingga sebagian besar individu memiliki tipe Kp (a-b+c-). Antigen Jsa lebih sering dijumpai pada orang kulit hitam, sedangkan antigen Kpa lebih umum pada orang kulit putih, dan Kpc pada orang Asia. Individu yang kekurangan antigen Kell dan terpapar akan menghasilkan antibodi yang dikenal sebagai anti-Ku (K untuk Kell dan u untuk universal). Selain itu, serum juga mengandung antibodi terhadap antigen Kell lainnya yang memiliki insiden tinggi (Aliviameita, 2020).

3 e. Golongan Darah Duffy

1) Sejarah

5 Sistem penggolongan darah Duffy ditemukan pertama kali pada tahun 1950, dan dinamakan berdasarkan nama seorang pasien hemofilia, Tuan Duffy. Individu yang telah menerima banyak transfusi darah menjadi orang pertama yang diketahui membentuk antibodi anti-Fya. Setahun kemudian, antibodi anti-Fyb ditemukan pada seorang wanita yang memiliki beberapa anak. Antigen-antigen Duffy lainnya, seperti FY3, FY4, FY5, dan FY6, juga ditemukan sekitar dua dekade setelah penemuan awal. Di antara antigen-antigen tersebut, FY3 merupakan yang paling signifikan secara klinis (Aliviameita, 2020).

2) Definisi

Sistem golongan darah Duffy merupakan kompleks antigen glikoprotein yang bersifat sangat imunogenik. Antigen bukan hanya ditemukan pada membran eritrosit, tetapi juga diekspresikan pada sel endotel pembuluh darah, sel epitel alveolar, tubulus pengumpul ginjal, serta membran sel Purkinje di otak.

3) Antigen

Antigen Duffy merupakan glikoprotein yang terletak pada membran integral eritrosit. Glikoprotein ini memiliki struktur yang terdiri atas tujuh domain transmembran dengan loop intraseluler dan ekstraseluler, serta memiliki domain terminal-N yang bersifat ekstraseluler dan domain terminal-C yang bersifat intraseluler. Dua antigen utama dalam sistem ini adalah Fya dan Fyb, yang diwariskan mengikuti hukum Mendel dan dibedakan oleh perbedaan satu kodon. Tiga genotipe yang mungkin terjadi adalah Fya/Fya, Fya/Fyb, dan Fyb/Fyb. Frekuensi fenotipe Duffy bervariasi di antara populasi, dengan distribusi Antigen Duffy memiliki perbedaan antara populasi Kaukasia dan populasi kulit hitam (Aliviameita, 2020).

4) Antibodi

Antibodi terhadap antigen Duffy umumnya termasuk dalam kelas imunoglobulin G dan bersifat reaktif pada fase Anti-Human Globulin (AHG). Antibodi ini terbentuk sebagai respons aktif terhadap paparan langsung terhadap antigen, seperti melalui transfusi darah atau kehamilan. Karena merupakan antibodi IgG, antibodi Duffy mampu menembus plasenta dan berpotensi menyebabkan HDFN serta HTR.

f. Golongan Darah Kidd

1) Sejarah

Tahun 1951, seorang pasien yang dikenal dengan nama Nyonya Kidd ditemukan menghasilkan antibodi terhadap antigen eritrosit yang belum dikenal pada saat itu, selama masa kehamilannya. Antibodi ini menyebabkan penyakit hemolitik yang berat pada bayi yang baru lahir. Antigen yang dikenali oleh antibodi tersebut kemudian diberi nama Jka, dan menjadi antigen pertama yang diidentifikasi dalam sistem golongan darah Kidd. Selanjutnya, dua antigen lain, yaitu Jkb dan Jk3, juga berhasil ditemukan. Pada tahun 1959, fenotipe null pertama dalam sistem Kidd, yaitu Jk(a-b-), ditemukan pada seorang wanita yang mengalami penyakit kuning (*jaundice*) setelah menerima transfusi darah. Serum pasien tersebut

mengandung antibodi yang bereaksi terhadap kedua antigen Jka dan Jkb, yang kemudian dikenal sebagai anti-Jk3 (Aliviameita, 2020).

2) Definisi

Sistem penggolongan darah Kidd adalah salah satu sistem golongan darah yang ditentukan oleh keberadaan antigen Jka dan Jkb pada permukaan membran eritrosit. Glikoprotein Kidd tidak hanya diekspresikan pada eritrosit, tetapi juga ditemukan di sel-sel ginjal, khususnya pada tubulus ginjal. Di ginjal, protein ini berperan dalam transport urea dan berperan dalam pembentukan konsentrasi urea yang tinggi, yang diperlukan dalam proses pembentukan urin yang pekat.

3) Antigen dan Antibodi

Antigen Jka dan Jkb bertanggung jawab terhadap perbedaan fenotipe dalam sistem golongan darah Kidd. Pembentukan antibodi terhadap antigen Kidd umumnya Distimulasi oleh kehamilan atau transfusi darah, meskipun antigen ini termasuk dalam kategori yang kurang imunogenik dibandingkan sistem golongan darah lainnya. Antibodi anti-Jka sering ditemukan bersama dengan antibodi lain, sementara anti-Jkb umumnya juga terdeteksi dalam kombinasi dengan antibodi lain. Keduanya

merupakan antibodi IgG yang biasanya terdapat dalam kadar rendah di dalam darah, sehingga reaktivitasnya cenderung lemah. Reaktivitas ini dapat ditingkatkan dengan penggunaan enzim dalam pengujian serologis. Salah satu karakteristik penting dari antibodi Kidd adalah kemampuannya untuk melemah atau bahkan menjadi tidak terdeteksi seiring waktu. Hal ini menyebabkan antibodi mungkin tidak teridentifikasi saat pengujian pra-transfusi, namun tetap berpotensi menimbulkan delayed hemolytic transfusion reaction (HTR) yang berat. Oleh karena itu, pasien yang memiliki riwayat antibodi terhadap antigen Kidd harus menerima darah dari donor yang negatif terhadap antigen terkait. Antibodi anti-Jka, anti-Jkb, dan anti-Jk3 juga diketahui dapat menyebabkan HDFN, meskipun umumnya dalam bentuk yang ringan. Hal ini disebabkan oleh sifat antibodinya yang berupa IgG, mampu mengikat komplemen, serta antigennya yang telah berkembang dengan baik pada eritrosit janin (Aliviameita, 2020).

g. Golongan Darah MNS

1) Definisi

Penggolongan darah MNS adalah salah satu sistem penggolongan darah manusia yang didasarkan pada keberadaan antigen M, N, S, s, dan U. Antigen-antigen ini

diekspresikan pada 2 jenis glikoforin, yaitu glikoforin A dan glikoforin B, yang terletak pada membran eritrosit.

2) Antigen

Penggolongan darah MNS terdiri atas lebih dari 40 antigen, dengan antigen M, N, S, s, dan U sebagai yang paling umum dan paling dikenal secara klinis. Sistem ini dikodekan oleh dua gen utama, yaitu GYP A dan GYP B, yang terletak pada kromosom 4. Gen GYP A mengkode glikoforin A (GPA) yang membawa antigen M dan N, sedangkan GYP B mengkode glikoforin B (GPB) yang membawa antigen S dan s. Kedua gen ini terletak berdekatan dan diwariskan bersama sebagai satu haplotipe, bukan secara independen. Beberapa kombinasi haplotipe yang mungkin antara lain Ms, MS, Ns, dan NS, dengan Ns menjadi haplotipe yang paling umum ditemukan. Pewarisan alel M atau N dalam keadaan homozigot cenderung memperkuat ekspresi antigen pada permukaan eritrosit (Aliviameita, 2020).

3) Antibodi

Antibodi terhadap antigen M dan N umumnya termasuk dalam golongan IgM dan bereaksi pada suhu dingin. Antibodi ini dapat terbentuk secara alami tanpa adanya stimulasi oleh paparan eritrosit asing, namun juga

dapat terbentuk akibat paparan seperti transfusi atau kehamilan. Anti-M umumnya bersifat tidak signifikan secara klinis dan jarang menyebabkan Hemolytic Disease of the Fetus and Newborn (HDFN). Anti-N memiliki karakteristik serologis yang serupa dengan anti-M, namun frekuensinya lebih jarang ditemukan. Kedua antibodi ini biasanya tidak menunjukkan reaktivitas dalam uji serologis yang melibatkan enzim. Sebaliknya, antibodi terhadap antigen S, s, dan U biasanya merupakan antibodi IgG yang bereaksi pada suhu tubuh (37°C) dan terdeteksi pada fase pengujian antihuman globulin (AHG). Antibodi ini bersifat signifikan secara klinis karena dapat menyebabkan HDFN serta menurunkan kelangsungan hidup sel eritrosit pada pasien pasca-transfusi. Meskipun anti-U jarang ditemukan, antibodi ini juga dapat menimbulkan dampak klinis yang penting bila terbentuk. (Aliviameita, 2020).

5. Pola Pewarisan

Sistem golongan darah ABO terdapat tiga jenis alel, yaitu A (IA), B (IB), dan O (IO). Kombinasi dari alel ketiga tersebut menghasilkan berbagai genotip, seperti OO, AO, BO, AB, AA, dan BB, yang menentukan golongan darah seseorang. Contohnya, individu dengan golongan darah A dapat memiliki genotip AA atau AO, di mana alel A diwariskan dari salah satu orang tua dan alel O

dari orang tua lainnya. Pada golongan darah B dengan genotip BB atau BO, alel B juga dapat berasal dari ayah maupun ibu, sedangkan alel O diperoleh dari pasangan orang tua yang lain. Golongan darah AB hanya memiliki genotip AB, yang terbentuk dari pewarisan alel A dan B masing-masing dari ayah dan ibu. Alel A dan B bersifat kodominan, artinya keduanya terekspresi secara bersamaan tanpa saling menutupi. Berbeda halnya dengan alel O yang bersifat resesif; ketika dipasangkan dengan A atau B (heterozigot), alel O tidak terlihat dan hanya A atau B yang muncul. Alel O hanya dapat mengungkapkan apabila hadir dalam kondisi homozigot, yaitu pada genotip OO yang menghasilkan golongan darah O. Sebagai ilustrasi, jika ayah bergolongan darah A (genotip AO) dan ibu bergolongan darah B (genotip BO), maka anak berpeluang memiliki golongan darah A, B, O, maupun AB (Maharani & Noviar, 2018).

Tabel 2.2 Pewarisan Golongan Darah Berdasarkan Fenotip

Golongan Darah	O	A	B	AB
O	O	O atau A	O atau B	A atau B
A	O atau A	O atau A	O, A, B atau AB	A, B atau AB
B	O atau B	O, A, B atau AB	O atau B	A, B atau AB
AB	A atau B	A, B atau AB	A, B atau AB	A, B atau AB

Sumber: Aldi *et al.*, 2023

Terdapat tiga teori utama yang menjelaskan pola pewarisan antigen Rh, yaitu teori Wiener, Fisher-Race, dan Tippet. Gen Rh berada pada kromosom 1 serta diwariskan dengan pola

3 kodominan. Menurut teori Wiener, pewarisan antigen Rh dikendalikan oleh satu yang mampu menghasilkan beberapa antigen dengan spesifisitas yang mirip, seperti Rh^0 , Rh^1 , Rh^2 , dan Rh^z . Berbeda dengan itu, teori Fisher-Race menyatakan bahwa terdapat tiga gen terpisah namun saling berdekatan—masing-masing mengkodekan satu antigen, yaitu D, C/c, dan E/e. Dalam sistem ini, tidak terdapat antigen “d”; istilah tersebut hanya digunakan untuk menunjukkan tidak adanya antigen D. > Teori Tippet, yang didasarkan pada pendekatan biomolekuler, menyatakan bahwa ekspresi antigen Rh dikendalikan oleh dua gen utama, yaitu RHD dan RHCE. Gen RHD mengkodekan antigen D, sementara RHCE bertanggung jawab atas ekspresi kombinasi antigen C/c dan E/e. > Pewarisan antigen Rh dapat dijelaskan melalui keberadaan atau ketiadaan antigen D. Individu dengan genotipe DD atau Dd diekspresikan sebagai Rh positif, sedangkan individu dengan genotipe dd diekspresikan sebagai Rh negatif. Sebagai contoh, jika seorang ibu dan ayah masing-masing bergolongan darah Rh positif dengan genotipe heterozigot (Dd), maka kemungkinan anak-anak mereka memiliki golongan darah Rh positif (baik DD maupun Dd) atau Rh negatif (dd), tergantung kombinasi alel yang diwariskan (Maharani & Noviar, 2018).

6. Fungsi Pemeriksaan dalam Status Klinis

Menurut Amalia dan Widuri (2020), mengetahui golongan darah memiliki beberapa alasan penting, antara lain:

a. Transfusi darah

Pengetahuan mengenai golongan darah sangat krusial dalam proses transfusi darah, terutama dalam kondisi medis tertentu, seperti kehilangan darah yang signifikan akibat perdarahan. Ketidaksesuaian antara golongan darah donor dan resipien dapat memicu reaksi imunologis serius yang berpotensi mengancam jiwa.

b. Transplantasi organ

Kecocokan golongan darah antara pendonor dan penerima organ sangat menentukan keberhasilan prosedur transplantasi. Ketidakcocokan dapat menyebabkan tubuh penerima menolak organ yang ditransplantasikan.

c. Identifikasi medis

Situasi darurat, ketika pasien tidak mampu berkomunikasi secara verbal, informasi mengenai golongan darah dapat membantu tenaga medis dalam mengambil keputusan cepat dan tepat dalam pemberian penanganan.

d. Respons terhadap obat-obatan tertentu

Golongan darah juga diketahui dapat memengaruhi respons individu terhadap beberapa jenis obat. Informasi ini berguna dalam menentukan pilihan jenis dan dosis obat yang paling sesuai bagi pasien.

7. Metode dan Prosedur Pemeriksaan

a. Slide test

1) Definisi

Pemeriksaan golongan darah metode *slide* adalah metode yang didasarkan pada reaksi antara aglutinogen (antigen) dan aglutinin (antibodi).

2) Prosedur Pemeriksaan

a) Pra analitik

1. Persiapan Pasien

Informasikan kepada pasien bahwa pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan golongan darah (A, B, AB, O) dan status Rh (Putri *et al.*, 2022).

2. Persiapan Spesimen

Gunakan darah kapiler atau darah vena yang telah ditambahkan antikoagulan EDTA. Pastikan reagen antisera disimpan pada suhu ruang (20-25°C) dan belum kadaluwarsa.

3. Prinsip Pemeriksaan

Metode slide test didasarkan pada prinsip reaksi antara aglutinogen (antigen) pada membran eritrosit dengan aglutinin (antibodi) dalam serum atau plasma yang menghasilkan aglutinasi. Metode ini

merupakan salah satu cara yang sederhana, cepat, dan mudah (Oktari & Silvia, 2016).

b) Analitik

1. Siapkan antisera pada suhu ruang sebelum digunakan yaitu suhu 15-25°C.
2. Menyiapkan *whole blood* yang akan dilakukan pemeriksaan golongan darah.
3. Siapkan formulir pemeriksaan golongan darah ABO dan Rh.
4. Siapkan *slide test* yang kering dan bersih, lalu beri identitas pada bagian atas tiap-tiap kotak berturut-turut: Anti-A, anti-B, anti-AB, dan anti- D.
5. Isi masing-masing kotak dengan :

Sumur 1 : 1 tetes antisera anti-A + 1 tetes *whole blood*

Sumur 2 : 1 tetes antisera anti-B + 1 tetes *whole blood*

Sumur 3 : 1 tetes antisera anti-AB + 1 tetes *whole blood*

Sumur 4 : 1 tetes antisera anti-D + 1 tetes *whole blood*
6. Homogenisasi dengan menggunakan batang pengaduk.

16

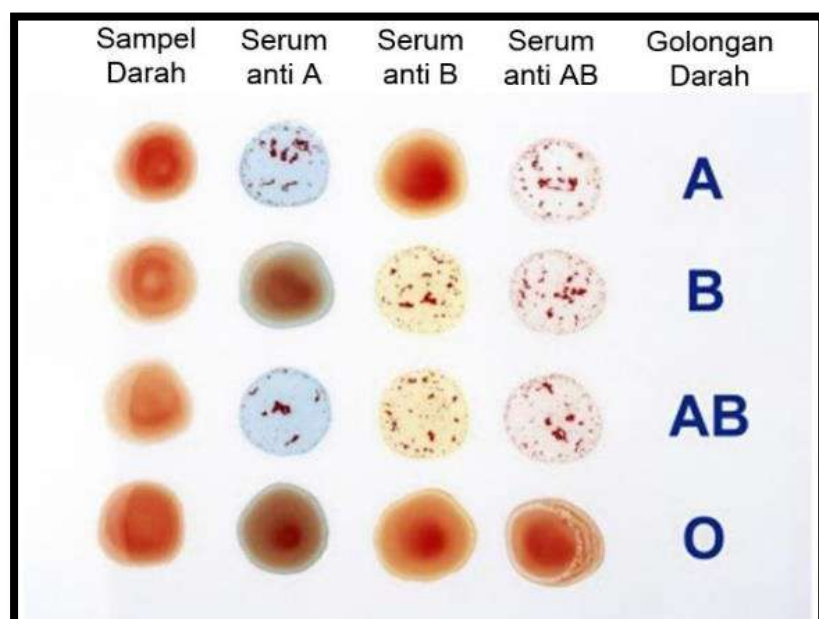
7. Homogenisasi ke kiri kanan dan baca hasil reaksi yang terjadi (Maharani & Noviar, 2018).

c) Pasca analitik

Tabel 2.3 Interpretasi Hasil Pemeriksaan Golongan Darah Metode *Slide Test*

Golongan Darah	Antisera A	Antisera B	Antisera AB	Antisera D
A Rh (+)	+aglutinasi	-	+aglutinasi	+aglutinasi
A Rh (-)	+aglutinasi	-	+aglutinasi	-
B Rh (+)	-	+aglutinasi	+aglutinasi	+aglutinasi
B Rh (-)	-	+aglutinasi	+aglutinasi	-
AB Rh (+)	+aglutinasi	+aglutinasi	+aglutinasi	+aglutinasi
AB Rh (-)	+aglutinasi	+aglutinasi	+aglutinasi	-
O Rh (+)	-	-	-	+aglutinasi
O Rh (-)	-	-	-	-

Sumber: Toaz, 2021



Gambar 2.4 Interpretasi Hasil Pemeriksaan Golongan Darah Metode *Slide Test*

b. Metode *Gel test*

1) Definisi

Metode gel test adalah teknik untuk mendeteksi reaksi antara eritrosit dan antibodi. Metode ini lebih cepat dan memiliki akurasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan metode tabung (Walker & Harmening, 2012). Berdasarkan penelitian McCullough (2012), metode gel test memberikan kemudahan dan akurasi yang lebih baik dibandingkan dengan metode *tube test*.

2) Prosedur Pemeriksaan

a) Pra analitik

1. Persiapan Pasien

Informasikan kepada pasien bahwa pemeriksaan ini bertujuan untuk mengetahui golongan darah A, B, AB, O dan status Rh (Putri *et al.*, 2022).

2. Persiapan Spesimen

Sampel untuk *gel test* golongan darah adalah darah lengkap yang berisi eritrosit dan plasma. Sampel dapat berupa darah beku.

3. Prinsip Pemeriksaan

Prinsip utama pada metode *gel test* hampir sama dengan metode tabung, yaitu mereaksikan

serum dengan suspensi sel di dalam *microtube* berukuran kecil, dengan panjang sekitar 15 mm dan lebar 4 mm. Sejumlah serum/plasma dan suspensi eritrosit yang akan diuji dimasukkan ke dalam *microtube*, kemudian melalui proses inkubasi dan sentrifugasi (Harmening, 2012). Selama inkubasi, antigen pada membran eritrosit akan berikatan dengan antibodi, membentuk aglutinasi. Selama proses sentrifugasi, sel yang bereaksi kuat akan tertangkap di bagian atas gel, sedangkan sel yang beraglutinasi lemah akan berada di bagian tengah gel. Jika tidak terjadi aglutinasi, semua sel akan mengendap di bagian bawah gel (Supply, 2016).

b) Analitik

1. Siapkan dua tabung reaksi berukuran 12x75 mm dan beri label masing-masing.
2. Pada tabung pertama, masukkan 5 μ L sel darah merah donor, lalu tambahkan 500 μ L LISS.
3. Pada tabung kedua, masukkan 5 μ L sel darah merah pasien, lalu tambahkan 500 μ L LISS.
4. Beri label pada kartu plastik (untuk identitas pasien dan nomor donor), serta tandai *microtube* untuk reaksi mayor, minor, dan autokontrol.

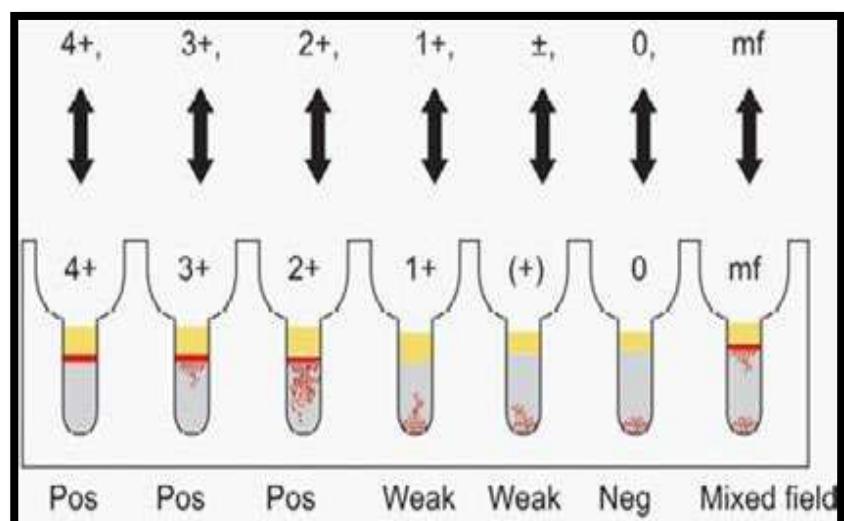
- 4 5. Ambil 50 μ L suspensi sel dari tabung pertama, masukkan ke dalam *microtube*, dan tambahkan 25 μ L serum atau plasma pasien (reaksi mayor).
- 4 6. Ambil 50 μ L suspensi suspensi sel dari tabung kedua, masukkan ke dalam *microtube*, dan tambahkan 25 μ L serum atau plasma (minor)
- 4 7. Ambil 50 μ L suspensi sel dari tabung kedua, masukkan ke dalam *microtube*, dan tambahkan 25 μ L serum atau plasma (*autocontrol*).
- 4 8. Masukkan sampel ke dalam *microtube* dengan posisi miring.
9. Pastikan sel darah merah dan serum atau plasma dimasukkan dengan tepat ke dalam ruang reaksi pada *microtube*.
10. Inkubasi *plastic card* pada suhu 37°C selama 15 menit.
11. *Plastic card* disentrifugasi selama 10 menit dengan kecepatan 1000 rpm.
12. Baca dan catat hasil reaksi yang terjadi. (Purwanti, 2017).

c) Pasca analitik

- 4 a) Aglutinasi 4+ ditunjukkan dengan pengelompokan seluruh sel darah merah pada permukaan *microtube*

dan tidak ada eritrosit disepanjang *microtube* atau di bagian bawahnya.

- b) Reaksi 3+ ditunjukkan dengan sebagian besar sel darah merah berada di permukaan gel, sementara sebagian kecil mulai turun ke bagian bawah gel.
- c) Reaksi 2+ ditandai dengan distribusi eritrosit sepanjang *microtube*.
- d) Reaksi 1+ menunjukkan sebagian besar eritrosit mengendap di dasar gel, sementara sebagian kecil mengapung ke bagian atas gel.
- e) Reaksi negatif, seluruh eritrosit terkumpul di bagian bawah gel.
- f) Padareaksi yang *mixed field*, sebagian eritrosit berada di permukaan gel, sementara sebagian lainnya mengendap di dasar gel (Purwanti, 2017).



Gambar 2.5 Interpretasi Hasil Metode Gel Test
(Sumber: Purwanti, 2017)

c. Metode *Microplate*

1) Definisi

Metode *microplate* adalah metode yang lebih maju dibandingkan dengan dua metode manual lainnya. Seiring dengan perkembangan teknologi, metode ini telah diubah menjadi sistem otomatis, sehingga memungkinkan pemeriksaan golongan darah dilakukan dengan lebih cepat dan memiliki tingkat sensitivitas yang lebih tinggi. Dengan metode *microplate*, volume reagen yang diperlukan lebih sedikit dan kemampuan analisis *throughput*-nya lebih tinggi. (Mujahid, 2015).

2) Prosedur Pemeriksaan

a) Pra analitik

1. Persiapan Pasien

Informasikan kepada pasien bahwa pemeriksaan ini bertujuan untuk mengetahui golongan darah A, B, AB, O dan status Rh (Putri *et al.*, 2022).

2. Persiapan Spesimen

Umumnya, sampel darah yang digunakan berupa darah beku atau darah yang mengandung antikoagulan. Eritrosit dapat disuspensikan secara autologus menggunakan serum, plasma, salin, atau setelah dicuci terlebih dahulu dan kemudian

diresponsensi dalam salin. Pemilihan jenis sampel disesuaikan dengan petunjuk yang tertera pada insert kit reagen yang digunakan (Cooling, 2014).

3. Prinsip Pemeriksaan

Prinsip *microplate* golongan darah adalah mencampur sampel darah dengan reagen yang berisi antibodi kemudian menginkubasi dan menghomogenkan hingga terbentuk aglutinasi yang dideteksi secara otomatis oleh alat.

2) Analitik

1. Teteskan 1 tetes anti-A dan 1 tetes anti-B secara terpisah pada sumuran *U-bottom microplate* yang bersih dan kering. Jika pemeriksaan dengan anti-D juga diperlukan, teteskan pada sumuran ketiga.
2. Tambahkan 1 tetes suspensi sel 2-5% pada setiap sumuran yang sudah mengandung anti-A, anti-B, dan anti-D.
3. Lakukan pemeriksaan autokontrol pada sumuran keempat dengan menambahkan suspensi sel sampel 2-5% bersama serum atau plasma sampelnya.
4. Homogenisasi secara perlahan dengan cara membatasi bagian piring.
5. Sentrifugasi *microplate* dengan kecepatan 700×g selama 5 detik jika menggunakan *microplate* bawah berbentuk U

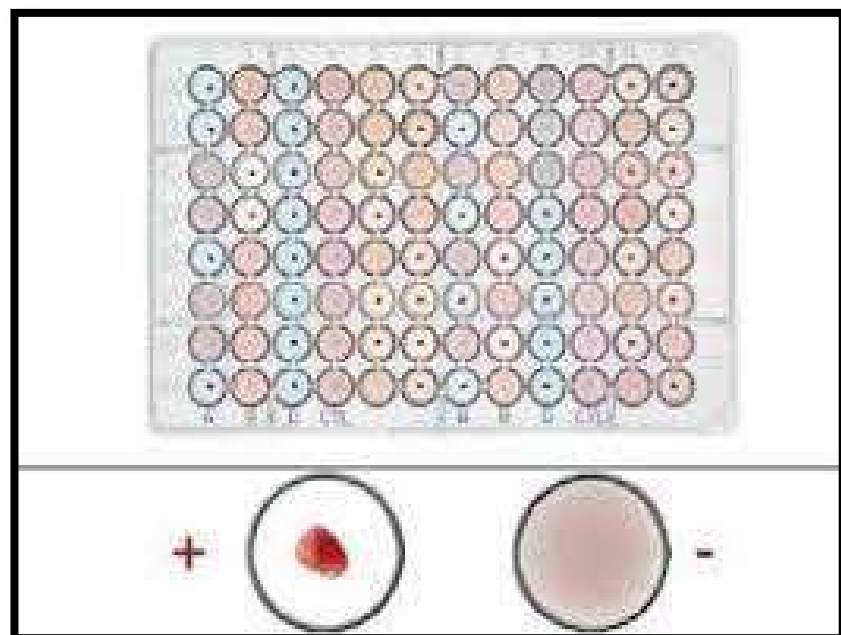
yang fleksibel, atau 400×g selama 30 detik jika menggunakan microplate bawah berbentuk U yang kaku.

6. Resuspensi sel yang mengendap pada dasar sumuran secara manual atau dengan menggunakan pengocok mekanis, dan perhatikan adanya aglutinasi.
7. Amati aglutinasi yang terjadi, kemudian catat hasil pemeriksaan.

3) Pasca Analitik

Hasil positif : Apabila terjadi aglutinasi kuat

Hasil negatif : Apabila tidak terjadi aglutinasi Interpretasi golongan darah ABO.



Gambar 2.6 Interpretasi Hasil Pemeriksaan Golongan Darah Metode *Microplate Test*
(Sumber: Ni Kadek, 2016)

d. Metode Tabung

1) Definisi

Metode tabung adalah salah satu teknik standar utama dalam pemeriksaan golongan darah. Metode ini terbagi dua menjadi jenis, yaitu serum grouping dan cell grouping. Pada pengelompokan sel, golongan darah diperiksa dengan cara mencampurkan sel darah pasien merah dengan serum yang mengandung antibodi yang sudah diketahui untuk mengidentifikasi antigen pada eritrosit yang sedang diuji (WHO, 2013).

2) Prosedur Pemeriksaan

a) Pra analitik

1. Persiapan Pasien

Informasikan kepada pasien bahwa pemeriksaan ini bertujuan untuk mengetahui golongan darah (A, B, AB, O) dan status Rh (Putri *et al.*, 2022).

2. Persiapan Spesimen

Berikut saya buat versi parafrase yang lebih baku namun tetap jelas:

Pemeriksaan golongan darah dengan metode tabung (*tube test*) dapat dilakukan menggunakan sampel darah beku maupun darah yang mengandung antikoagulan. Sel eritrosit dapat disuspensikan secara autolog dengan serum, plasma, atau larutan salin, atau terlebih dahulu dicuci kemudian disuspensikan kembali dalam salin. Pemilihan jenis sampel menyesuaikan instruksi yang tercantum pada insert kit reagen yang digunakan. Reagen utama yang dipakai adalah anti-A, anti-B, dan anti-AB, meskipun penggunaan anti-AB bersifat opsional. Selain itu, karena pemeriksaan juga melibatkan sampel serum, maka diperlukan reagen tambahan berupa suspensi sel A1, A2, B, dan O dengan konsentrasi 2–5%. Suspensi sel tersebut dapat dipersiapkan di laboratorium maupun diperoleh dalam bentuk komersial. Adapun penggunaan sel A2 tidak bersifat wajib (Mulyantari & Yasa, 2017).

3. Prinsip Pemeriksaan

Prinsip dasar pemeriksaan golongan darah menggunakan metode tabung adalah terjadinya aglutinasi jika eritrosit mengandung antigen yang cocok dengan antibodi yang ditambahkan pada

reagen. Metode tabung sangat direkomendasikan untuk pemeriksaan golongan darah di laboratorium karena mampu mendeteksi aglutinasi yang lemah, sehingga memberikan tingkat sensitivitas yang lebih tinggi (Maharani dan Noviar, 2018).

b) Analitik

1. Biarkan reagen pada suhu ruang sebelum digunakan yaitu 15-25°C dan simpan kembali pada suhu 2-8°C setelah digunakan.
2. Siapkan sampel darah dengan antikoagulan yang akan diperiksa.
3. Lakukan pengolahan sampel darah yang akan diperiksa, termasuk pemisahan plasma dari sel darah merah (SDM), pencucian, dan pembuatan suspensi sel 5%.
4. Mempersiapkan lembar kerja untuk pemeriksaan golongan darah ABO.
5. Siapkan 6 tabung serologi yang telah ditandai untuk masing-masing siswa atau kelompok.
6. Isi masing-masing tabung dengan :
Tabung 1: 2 tetes anti-A + 1 tetes sel 5%
Tabung 2: 2 tetes anti-B + 1 tetes sel 5%
Tabung 3: 1 tetes sel A 5% + 2 tetes serum/plasma

Tabung 4: 1 tetes sel B 5% + 2 tetes serum/plasma

Tabung 5: 1 tetes sel O 5% + 2 tetes serum/plasma

Tabung 6: 1 tetes sel 5% + 2 tetes serum/plasma

Tabung 7: 1 tetes sel 5% + 2 tetes anti-D

Tabung 8: 1 tetes sel 5% + 2 tetes BA 6%

7. Homogenisasi perlahan sampai merata.

8. Sentrifuge selama 15 detik dengan kecepatan 3000 rpm.

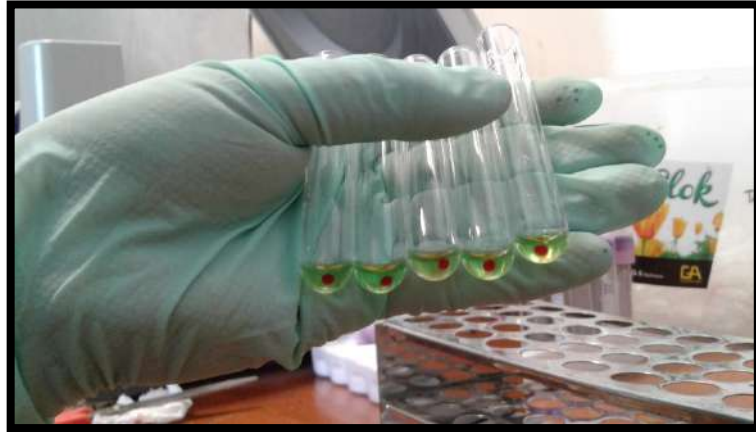
9. Homogenisasi tabung secara perlahan dan perhatikan adanya aglutinasi secara makroskopis, jika diperlukan secara mikroskopis dengan menggunakan mikroskop (perbesaran objektif 10x).

c) Pasca analitik

Tabel 2.5 Interpretasi Hasil Pemeriksaan Golongan Darah Metode Tabung

Anti – A Well 1	Anti –B Well 2	Test Sel A Well 3	Test Sel B Well 4	Test Sel O Well 5	AK Well 6	Golongan Darah	Anti- D	BA 6%	Golongan Darah
Neg	Neg	+	+	Neg	Neg	O	+	Neg	Rh Positif (D ⁺)
+	Neg	Neg	+	Neg	Neg	A			
Neg	+	+	Neg	Neg	Neg	B	Neg	Neg	Rh Negatif (D ⁻)
+	+	Neg	Neg	Neg	Neg	AB			

Sumber: Putri *et al.*, 2022



Gambar 2.7 Hasil Pemeriksaan Golongan Darah Metode Tabung
(Sumber: Maharani & Noviar, 2018)

e. Metode *Bioplate*

1) Definisi

Metode bioplate merupakan suatu teknik untuk mengidentifikasi golongan darah berdasarkan sistem ABO dan Rh, dengan cara mereaksikan antigen dan antibodi yang ada dalam darah.

2) Prosedur Pemeriksaan

a) Pra analitik

1. Persiapan Pasien

Informasikan kepada pasien bahwa pemeriksaan ini bertujuan untuk mengetahui golongan darah A, B, AB, O, dan status Rh (Putri *et al.*, 2022).

2. Persiapan Spesimen

Persiapan sampel pada metode *bioplate* dilakukan dengan menggunakan darah segar, baik

dari darah kapiler atau vena, yang langsung ditetaskan ke area kartu *bioplate* yang telah diberi antisera. Darah harus bebas dari hemolisis atau pembekuan untuk memastikan hasil yang akurat.

3. Prinsip Pemeriksaan

Prinsip pemeriksaan golongan darah menggunakan bioplate adalah untuk mendeteksi keberadaan antigen pada membran eritrosit serta antibodi yang terdapat dalam serum atau plasma.

b) Analitik

1. Biarkan reagen berada pada suhu ruangan (15-25°C) sebelum digunakan, kemudian simpan kembali pada suhu (2-8°C) setelah digunakan.
2. Siapkan contoh darah yang akan diberi antikoagulan untuk pemeriksaan.
3. Lakukan penanganan sampel terhadap darah yang akan diperiksa, mulai dari pemisahan plasma dari sel darah merah (SDM), pencucian, hingga pembuatan suspensi sel dengan konsentrasi 10% dan 40%.
4. Siapkan formulir untuk pemeriksaan golongan darah ABO dan Rh.

Siapkan bioplate yang bersih dan kering, lalu beri label pada bagian atas setiap sumur (*well*) sesuai

urutan berikut: Anti-A, Anti-B, sel A, sel B, sel O, AK (autokontrol), Anti-D, dan BA 6%

Isi masing-masing well dengan :

Well 1: 2 tetes anti-A + 1 tetes sel 10%

Well 2 : 1 tetes anti-B + 1 tetes sel 10%

Well 3: 1 tetes sel A 10% + 2 tetes serum/plasma

Well 4: 1 tetes sel B 10% + 2 tetes serum/plasma

Well 5: 1 tetes sel O 10% + 2 tetes serum/plasma

Well 6: 1 tetes sel 10% + 2 tetes serum/plasma

Well 7 : 1 tetes sel 40% + 2 tetes anti-D

Well 8: 1 tetes sel 40% + 2 tetes BA 6%

5. Campurkan isi tiap well dengan cara menggoyangkan bioplate ke arah depan dan belakang sambil memperhatikan reaksi yang terjadi.

6. Baca hasil reaksi.

c) Pasca Analitik

1. Apabila pada pemeriksaan sdm spesimen terjadi :

Aglutinası : terdapat antigen pada eritrosit

Homogen : tidak terdapat antigen pada eritrosit

2. Apabila pada pemeriksaan plasma spesimen terjadi :

Aglutinası : terdapat antibodi didalam plasma/serum

Homogen : tidak terdapat antibodi didalam plasma/serum

3. Tentukan derajat aglutinasi sesuai dengan hasil reaksi yang terjadi.

4+ : Semua sedimen bersatu, cairan jernih.

3+ : Sedimen terpecah → 3-4 segmen, cairan jernih.

2+ : Gumpalan lebih banyak dan kasar, cairan agak keruh.

1+ : Gumpalan sangat banyak dan halus, cairan keruh tampak berwarna kemerah-merahan.

± : Sepintas masih terlihat seperti gumpalan halus dengan cairan keruh. Aglutinasi jelas → mikroskopis

Negatif : tidak ada aglutinasi/homogen

192 8. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Pemeriksaan

51 Kekuatan atau intensitas reaksi aglutinasi dalam pemeriksaan golongan darah dipengaruhi oleh kemampuan antisera (antibodi) untuk mengikat atau berinteraksi dengan antigen pada membran eritrosit (Jayanti *et al.*, 2022). Menurut Raehun (2019), terdapat beberapa faktor yang memengaruhi reaktivitas dalam pemeriksaan golongan darah, antara lain: muatan ion pada eritrosit, suhu inkubasi, pH lingkungan, kesegaran serum dan eritrosit yang digunakan, rasio antara antibodi dan antigen, serta kekuatan ion dalam medium reaksi.

D. Tinjauan Khusus Antigen dan Antibodi

1. Sejarah

Referensi paling awal mengenai antibodi berasal dari Emil von Behring dan Shibasaburo Kitasato pada tahun 1890. Dalam sebuah publikasi penting, mereka menunjukkan bahwa transfer serum dari hewan yang diimunisasi terhadap difteri ke hewan yang menderita penyakit tersebut dapat menyembuhkan hewan yang terinfeksi. Potensi pengobatan pada manusia segera terlihat jelas dan Behring kemudian dianugerahi hadiah Nobel untuk karya ini pada tahun 1901. Pada tahun 1900 Paul Ehrlich, yang dianggap sebagai salah satu bapak imunologi modern, mengusulkan teori rantai samping, di mana ia berhipotesis bahwa reseptor rantai samping pada sel mengikat patogen tertentu. Ia adalah orang pertama yang mengusulkan model untuk molekul antibodi di mana antibodi cabang dan terdiri dari beberapa tempat untuk mengikat bahan asing, yang dikenal sebagai antigen, dan untuk aktivasi jalur komplemen. Model ini sesuai dengan hipotesis “gembok dan kunci” untuk enzim yang diajukan oleh Emil Fischer dan secara umum masih berlaku hingga saat ini. Astrid Fagraeus pada tahun 1948 menjelaskan bahwa sel-sel B plasma secara khusus terlibat dalam pembentukan antibodi dan pada tahun 1957 Frank Burnet dan David Talmage telah mengembangkan teori seleksi klonal. Teori ini menyatakan bahwa limfosit membuat satu molekul antibodi spesifik yang ditentukan sebelum bertemu dengan antigen, yang berbeda dengan teori instruktif yang dikembangkan oleh Linus Pauling pada

153 tahun 1940 di mana antigen bertindak sebagai cetakan untuk antibodi. Pada tahun 1959 Gerald Edelman dan Rodney Porter secara independen menerbitkan struktur molekul antibodi, yang kemudian membuat mereka berdua dianugerahi Penghargaan Nobel pada tahun 1972. Struktur resolusi atom pertama dari fragmen antibodi berhasil dipublikasikan pada tahun 1973. Penemuan ini segera diikuti oleh penemuan antibodi monoklonal pada tahun 1975 oleh Georges Köhler dan César Milstein, yang menjadi tonggak awal dimulainya era modern dalam penelitian dan pengembangan antibodi.

Sekitar tahun 3000–2000 SM, konsep awal mengenai antigen dapat ditelusuri dari praktik-praktik tradisional masyarakat Afrika Timur. Pada masa itu, penduduk setempat diyakini telah berhasil melakukan bentuk awal vaksinasi terhadap gigitan ular berbisa serta imunisasi terhadap penderita demam akibat kutu. Praktik ini juga digunakan untuk melindungi ternak dari wabah penyakit paru-paru, yang mencerminkan pemahaman awal terhadap prinsip kekebalan dan perlindungan terhadap penyakit. Sehingga pada saat itu, dilakukan vaksinasi yang berhubungan dengan adanya antigen.

2. Definisi

25 Antigen adalah molekul atau partikel yang mampu merangsang respons imun tubuh dengan mengaktifasi leukosit sebagai bentuk perlawanan terhadap agen penyakit. Antigen dapat berasal dari berbagai sumber, seperti mikroorganisme yang

40 menginvasi tubuh (bakteri, virus, parasit, dan jamur), jaringan atau organ yang ditransplantasikan, maupun sel abnormal seperti sel kanker. Secara umum, antigen merupakan zat asing yang dapat memicu pembentukan antibodi spesifik dan bereaksi secara spesifik pula dengan antibodi tersebut (Darwin, *et al.*, 2021).

25 Antibodi adalah protein imunoglobulin yang diproduksi oleh sel plasma sebagai respons terhadap keberadaan antigen dalam tubuh. Antibodi memiliki kemampuan untuk bereaksi secara spesifik dengan antigen yang merangsang pembentukannya, sehingga 25 berperan penting dalam sistem pertahanan tubuh terhadap infeksi dan zat asing (Luthfianto *et al.*, 2023).

3. Proses Pembentukan dan Metabolisme

a. Mekanisme Pembentukan Antigen

44 Antigen endogen dihasilkan oleh sel-sel tubuh sebagai akibat dari aktivitas metabolisme atau infeksi yang disebabkan oleh virus atau bakteri intraseluler. Fragmen antigen ini kemudian ditampilkan pada membran sel sebagai kompleks dengan molekul MHC kelas I. Ketika sel T sitotoksik CD8⁺ diaktifkan dan mengenali kompleks ini, mereka melepaskan berbagai zat sitotoksik yang menyebabkan lisis atau kematian sel melalui apoptosis pada sel yang terinfeksi.

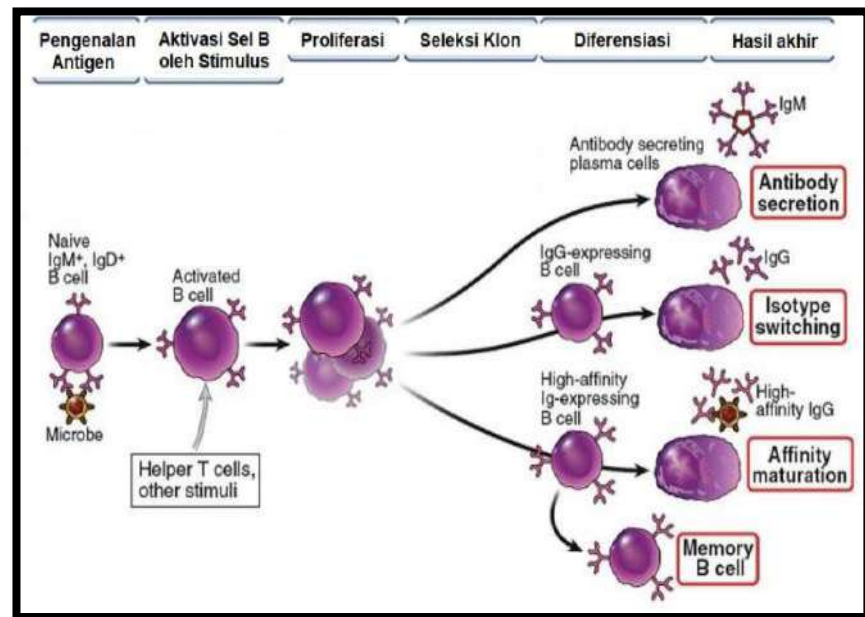
Mencegah agar sistem imun tidak menyerang sel-sel tubuh sendiri yang hanya menyajikan protein internal, mekanisme toleransi imun bekerja dengan mengeliminasi sel T

yang memiliki sifat autoreaktif disaring melalui proses seleksi negatif. Antigen endogen ini dapat berupa antigen xenogenik atau heterolog yang berasal dari spesies lain, autolog yang berasal dari tubuh sendiri, idiotipik yang merupakan bagian dari antibodi, maupun antigen alogenek atau homolog yang berasal dari individu lain dalam spesies yang serupa, seperti dalam kasus transplantasi. Dalam beberapa kondisi seperti penyakit autoimun, sistem imun dapat keliru mengenali antigen tubuh sendiri sebagai zat asing dan memicu respon imun yang merusak jaringan tubuh (Medline, 2020).

b. Mekanisme Pembentukan Antibodi

1) Aktivasi Sel B

Aktivasi sel B mengacu pada bagaimana sel-sel imun dalam sistem imun ini terlibat untuk melawan infeksi dan penyakit. Sel B sangat penting dalam respons imun humoral, karena mereka menciptakan dan mengeluarkan antibodi untuk bertahan melawan patogen. Proses aktivasi dimulai ketika sel B mendeteksi keberadaan patogen atau antigen yang menyerang tubuh. Sel B memiliki reseptor spesifik pada permukaannya yang dirancang untuk mengidentifikasi antigen tertentu. Ketika reseptor ini berhasil menempel pada antigen yang sesuai, sel B menjadi aktif dan berkembang biak, sehingga menghasilkan pembentukan banyak klon sel B (Liu *et al.*, 2020).



Gambar 2.8 Mekanisme Pembentukan Antibodi
(Sumber: Zhu *et al.*, 2019)

2) Pembentukan dan Seleksi Klonal

Setiap klon yang dibuat memiliki kapasitas untuk menghasilkan antibodi yang menargetkan antigen yang sama yang dikenali oleh sel B asalnya. Selama proses seleksi klon, klon ini dinilai untuk menentukan efektivitas antibodi yang dihasilkannya. Klon yang menghasilkan antibodi berkualitas tinggi akan dipilih untuk reproduksi, sedangkan klon yang kurang efektif akan dibuang. Proses pembentukan dan seleksi klon ini sangat penting bagi respons sistem imun terhadap infeksi. Dengan menghasilkan antibodi spesifik, sistem imun dapat melawan patogen dengan lebih efektif, membantu tubuh dalam melawan penyakit dan mempercepat pemulihan (Liu *et al.*, 2020).

3) Diferensiasi Sel B Menjadi Sel Plasma

tahap berikutnya, sel B yang terpilih akan berkembang menjadi sel plasma atau sel memori. Sel plasma berfungsi untuk memproduksi dan melepaskan antibodi ke dalam peredaran darah guna melawan antigen. Umur sel plasma relatif singkat, biasanya hanya bertahan beberapa hari hingga beberapa minggu. Antibodi yang dihasilkan akan menempel pada antigen yang terdapat pada patogen untuk menetralkan atau menghancurkannya, serta dapat memicu respons imun lain seperti aktivasi sel T (Zhu *et al.*, 2019). Sebaliknya, sel memori menyimpan informasi mengenai antigen yang telah diketahui sebelumnya, sehingga memungkinkan respon imun yang lebih cepat dan kuat saat terjadi paparan ulang. Proses diferensiasi sel B menjadi sel plasma merupakan bagian penting dari respon imun humoral karena memungkinkan tubuh memproduksi antibodi secara efektif untuk melawan infeksi (Liu *et al.*, 2020).

4. Fungsi

Antigen berperan penting dalam pertahanan tubuh terhadap penyakit menular. Dengan mengaktifkan sistem imun, antigen membantu menetralkan dan menghilangkan patogen berbahaya, sehingga mencegahnya menyebabkan penyakit. Antigen penting dalam pengembangan vaksin. Vaksin mengandung bentuk antigen

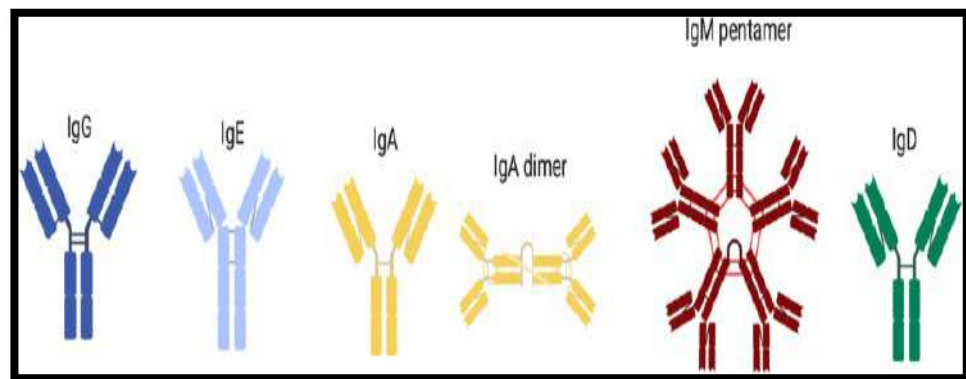
yang dilemahkan atau dinonaktifkan yang dapat memicu respon imun tanpa penyakit. Ini membantu mempersiapkan sistem imun untuk mengenali dan merespons antigen di masa mendatang, sehingga memberikan kekebalan terhadap penyakit. Antigen penting dalam diagnosis penyakit. Banyak penyakit, seperti *Human Immunodeficiency Virus* (HIV) dan hepatitis, dapat dideteksi dengan menguji keberadaan antigen tertentu dalam darah atau cairan tubuh lainnya. Hal ini memungkinkan deteksi dini dan pengobatan penyakit, yang dapat meningkatkan hasil bagi pasien (Jun F, 2023).

Antibodi memiliki peran yang sangat penting dalam melawan patogen, baik dengan cara langsung maupun dengan menghambat bagian-bagian penting pada virus yang diperlukan untuk menyerang sel tubuh. Sebagai contoh, antibodi dapat menempel pada permukaan virus, mencegah virus tersebut mengikat sel-sel tubuh yang sehat, dan menghentikan penyebaran infeksi lebih lanjut. Peran antibodi dalam sistem imun sangat vital untuk melindungi tubuh dari infeksi dan penyakit. Antibodi mendukung respons kekebalan tubuh dengan memicu serangkaian proses biokimia yang bertujuan untuk menghilangkan patogen. Dalam beberapa kondisi, antibodi yang dihasilkan oleh sistem imun dapat memberikan perlindungan jangka panjang terhadap patogen

tertentu, sehingga tubuh tetap terlindungi dari infeksi berulang (Pasaribu, 2016).

5. Klasifikasi

Antibodi terdiri dari beberapa varian yang menentukan kelas atau isotipenya, yaitu IgA, IgD, IgE, IgG, dan IgM. Setiap kelas antibodi ini memiliki perbedaan dalam struktur dan fungsi setelah berikatan dengan antigen.



Gambar 2.9 Perbedaan Struktur Isotipe Antibodi
(Sumber: Zaiss *et al.*, 2020)

Berikut ini merupakan jenis-jenis imunoglobulin yaitu: (Aliviameita, 2020).

1) Imunoglobulin G

Imunoglobulin G membentuk sekitar 75% dari serum manusia dewasa (IgG). Jenis imunoglobulin utama yang diproduksi sebagai respons terhadap antigen disebut IgG, dan bersifat monomerik. IgG mudah berdifusi ke dalam jaringan ekstrasvaskular untuk bertindak sebagai antibodi dan dapat melewati plasenta untuk melindungi janin dari infeksi.

IgG juga membantu melapisi mikroorganisme, mendorong fagositosis, dan menetralkan virus dan racun. Dalam darah, IgG memiliki waktu paruh sekitar 23 hari.

2) Immunoglobulin M

Imunoglobulin terbesar disebut molekul imunoglobulin M (IgM), yang bersifat pentamerik. Terkonsentrasi dalam ruang intravaskular, imunoglobulin M (IgM) membentuk sekitar 10% dari total imunoglobulin serum. Ketika suatu antigen memasuki tubuh, IgM adalah imunoglobulin pertama yang diproduksi; namun, respons ini hanya sementara, terjadi dalam beberapa hari. Karena IgM tidak dapat melewati plasenta, infeksi dapat diindikasikan jika ada dalam darah bayi. IgM adalah makromolekul dengan efisiensi fiksasi komplemen dan aglutinasi partikel yang sangat tinggi.

3) Immunoglobulin A

Imunoglobulin A (IgA) adalah protein paling melimpah kedua dalam serum; biasanya ditemukan dalam bentuk monomerik dan membentuk sekitar 15% dari semua imunoglobulin. Air liur, air mata, kolostrum, dan sekresi dari bronkus, vagina, dan prostat merupakan sumber IgA yang kaya, yang terlibat dalam cairan sekretori yang diproduksi oleh sel plasma dalam jaringan limfoid. IgA memiliki kemampuan untuk mengikat mikroorganisme, mencegahnya

menempel pada selaput lendir, dan menghentikan antigen yang terbawa makanan agar tidak terserap. Kolostrum, yang meningkatkan sistem kekebalan bayi yang baru lahir, juga mengandung IgA. IgA dalam darah memiliki waktu paruh sekitar lima hingga enam hari.

4) Imunoglobulin D

Konsentrasi IgD dalam serum sangat rendah, tetapi cukup tinggi dalam darah tali pusar. IgD ditemukan pada membran sel B, terutama pada sel B neonatal. Kehadiran IgD bersamaan dengan IgM pada membran limfosit dianggap berfungsi sebagai reseptor antigen yang mengatur aktivasi dan penekanan limfosit. IgD memiliki waktu paruh sekitar 2-3 hari dalam darah.

5) Imunoglobulin E

Konsentrasi IgE dalam serum sangat rendah, sekitar 0,0004% dari total imunoglobulin, tetapi dapat terdeteksi dalam cairan sekresi. IgE memiliki kemampuan untuk terikat pada permukaan sel mast atau basofil melalui reseptor Fc.

6. Reaksi

a. Prinsip Reaksi antara Antigen dan Antibodi

Antigen dan antibodi bereaksi satu sama lain melalui hubungan kimia yang berbeda. Antibodi memiliki lokasi pengikatan yang memungkinkannya menempel pada antigen

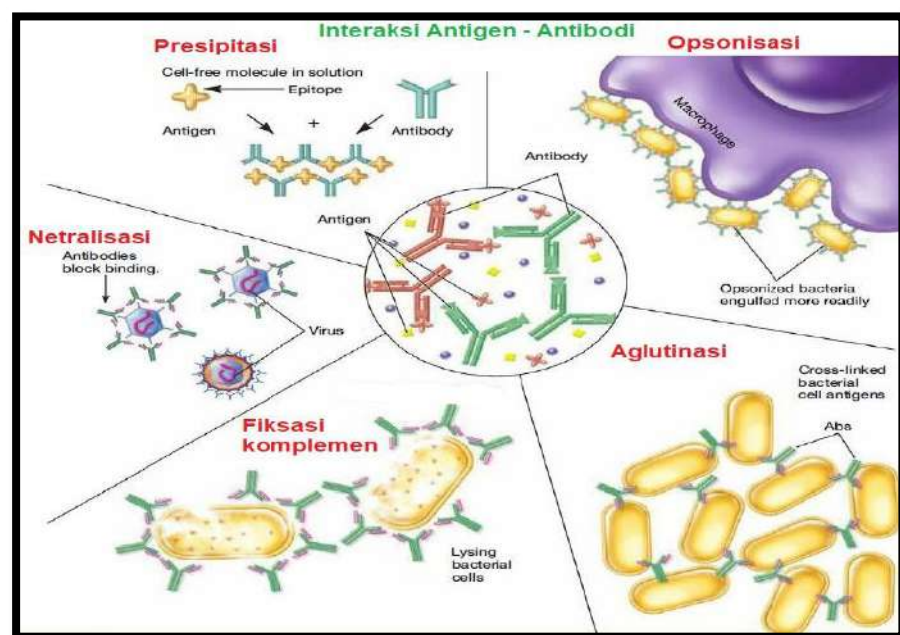
yang sesuai. Setelah antigen memasuki tubuh, sel B menghasilkan antibodi spesifik yang kemudian bergerak melalui aliran darah dan jaringan untuk mencari antigen yang cocok. Ketika antibodi menemukan antigen yang tepat, mereka akan saling terhubung dengan ikatan yang kuat dan selektif. Pengikatan ini memicu hasil yang signifikan dalam sistem imun, seperti membantu menonaktifkan atau menghilangkan antigen, memulai peradangan, dan memulai proses untuk menghilangkan patogen. Prinsip ini juga digunakan dalam aplikasi diagnostik, seperti uji imunologi, di mana antibodi digunakan untuk mendeteksi antigen dalam spesimen darah atau jaringan (Moshnikova *et al.*, 2019).

b. Mekanisme Aglutinasi, Lisis, dan Netralisasi oleh Antibodi

Antibodi sangat penting dalam memerangi penyakit dan infeksi melalui berbagai proses, termasuk aglutinasi, lisis, dan netralisasi. Aglutinasi terjadi ketika antibodi mengidentifikasi dan menempel pada antigen yang ada di bagian luar patogen, seperti bakteri atau virus. Beberapa antibodi dapat terhubung ke satu antigen, menghasilkan struktur antigen-antibodi besar yang menyebabkan patogen berkumpul menjadi kelompok yang disebut aglutinasi. Proses ini memungkinkan fagositosis, di mana sel-sel fagosit menyerap dan menghilangkan patogen yang terkumpul. Melalui ini, antibodi membantu memperlambat

pergerakan dan distribusi patogen di dalam tubuh (Linse *et al.*, 2020).

Lisis terjadi ketika antibodi memicu sistem komplemen, yaitu serangkaian protein darah yang diaktifkan oleh perlekatan antibodi pada antigen. Ketika ikatan ini terbentuk, komplemen mengikat kompleks antigen-antibodi dan memicu reaksi metabolisme. Hal ini menyebabkan terbentuknya lubang pada membran patogen. Lubang-lubang ini memungkinkan zat-zat penting seperti ion dan udara bergerak masuk dan keluar dengan bebas, yang membahayakan patogen dan menyebabkannya mati. Metode lisis ini memecah patogen dengan menciptakan pori-pori yang mengganggu struktur membran, sehingga patogen pun mati (Linse *et al.*, 2020).



Gambar 2.10 Ragam Interaksi Antigen dengan Antibodi
(Sumber: Kricka and Park, 2014)

Netralisasi terjadi ketika antibodi menghambat kemampuan patogen untuk berinteraksi dengan sel-sel tubuh. Antibodi yang menempel pada antigen di permukaan patogen dapat menghentikan patogen menempel pada sel-sel tubuh yang rentan terhadap infeksi. Melalui ini, antibodi melindungi sel-sel tubuh dari bahaya dan infeksi oleh patogen. Netralisasi sangat penting untuk melawan virus, karena virus perlu berinteraksi dengan sel-sel tubuh untuk infeksi dan replikasi. Dengan mencegah interaksi antara virus dan sel-sel tubuh, antibodi berperan penting dalam membatasi penyebaran infeksi (Linse *et al.*, 2020).

7. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Reaksi

Berikut ini faktor-faktor yang mempengaruhi reaksi antigen dengan antibodi yaitu:

- a. Letak dan Jumlah antigen
- b. Jumlah epitop antigen pada membran eritrosit
- c. Situs pengikatan antigen (Fragmen situs pengikatan antigen/Fab) pada antibodi
- d. Jarak antigen dan antibodi
- e. Konsentrasi antigen dan antibodi
- f. Ion negatif antara eritrosit zeta potensial
- g. Suhu
- h. Waktu

i. pH (Aldi *et al.*, 2023)

E. Tinjauan Khusus Antisera ABO dan Rhesus

1. Sejarah

Sejak awal tahun 1980-an, para ilmuwan telah mengetahui bahwa ada isotipe imunoglobulin yang tidak biasa, yang disebut IgY, yang diproduksi pada burung dan beberapa reptil. IgY secara fungsional mirip dengan IgG pada mamalia, namun memiliki perbedaan struktural. IgY merupakan antibodi utama yang diproduksi oleh sel B pada burung domestik, dengan ayam sebagai spesies yang paling banyak dipelajari. IgY yang disekresikan ke dalam darah ayam akhirnya masuk ke dalam kuning telur, di mana ia terakumulasi hingga mencapai konsentrasi yang sangat tinggi. Konsentrasi tinggi ini memberikan keuntungan besar bagi para peneliti, karena ayam dapat diimunisasi terhadap berbagai macam patogen, termasuk yang dapat menginfeksi manusia. Antibodi IgY yang dikembangkan terhadap imunogen kemudian dapat dimurnikan dengan relatif mudah dari kuning telur. Seekor ayam betina bertelur 325 butir per tahun, dan setiap telur rata-rata mengandung 60 miligram protein IgY, yang berarti sekitar 20 gram IgY dapat diperoleh per tahun dari seekor ayam betina. Jumlah ini jauh lebih besar dibandingkan dengan jumlah antibodi yang dapat diperoleh dari serum kelinci yang diimunisasi. Selain itu, ayam menghasilkan kadar antibodi yang lebih tinggi setelah imunisasi yang lebih sedikit dibandingkan kelinci, yang berarti hewan tersebut membutuhkan lebih sedikit injeksi. Prosedur pengumpulan antibodi juga lebih mudah, yaitu dengan pengumpulan telur, dibandingkan

dengan pengumpulan darah yang ekstensif. Keuntungan-keuntungan ini menjadikan produksi antibodi IgY terapeutik dan diagnostik pada ayam dan spesies burung lainnya sebagai pilihan yang praktis dan diinginkan untuk skala besar. Misalnya, antibodi IgY yang dapat mendeteksi dan menetralkan virus influenza H1N1 telah diproduksi secara hemat biaya dalam telur burung unta, dan antibodi ini diusulkan untuk digunakan sebagai lapisan perlindungan tambahan pada masker dan filter yang dirancang untuk mencegah terhirupnya virus (Tsukamoto, M. *et al.* 2011).

2. Definisi

Antisera adalah serum yang mengandung imunoglobulin dari darah manusia atau hewan yang diinokulasi dengan bahan antigenik atau dari mereka yang pulih dari suatu penyakit ketika mereka secara alami mengembangkan antibodi tertentu terhadap antigen tertentu.

3. Fungsi

Reagen Anti-A, Anti-B, dan Anti-AB digunakan untuk menentukan golongan darah ABO untuk mendeteksi keberadaan antigen A dan/atau B pada membran eritrosit manusia. Sementara itu, reagen Anti-D digunakan untuk menentukan tipe Rh(D), yang berfungsi untuk mendeteksi keberadaan antigen Rh(D) pada membran eritrosit manusia.

4. Kandungan

Antisera ABO pada Pemeriksaan golongan darah dilakukan dengan cara menguji pembiakan supernatan yang diperoleh secara

in vitro dari hibridisasi imunoglobulin sel tikus. Hasil pemeriksaan ini ditandai dengan terjadinya aglutinasi (Oktari dan Silvia, 2016). Antisera Rh digunakan anti-D yang mengandung antibodi monoklonal manusia tipe IgM, natrium azida, potensiator, dan bahan sapi (albumin serum sapi dan serum sapi janin) (Machine, 2021).

Reagen pengelompokan darah, seperti Anti-A, Anti-B, Anti-AB, Anti-D, Anti-D (PK1), Anti-D (PK2), Anti-C, Anti-c, Anti-E, Anti-e, dan Anti-K untuk sistem *beckman coulter pk*, diproduksi dari antibodi yang diperoleh dari supernatan kultur *in vitro* hibridoma yang berasal dari tikus atau manusia. Reagen ini mengandung natrium azida (<0,1%), natrium arsenit (0,02%), dan albumin sapi. Semua albumin sapi yang digunakan dalam pembuatan produk ini bersumber dari donor hewan yang telah diperiksa dan disertifikasi oleh inspektur Layanan Veteriner untuk memastikan bebas dari penyakit.



Gambar 2.11 Reagen Antisera Komersial
(Sumber: Kit Reagen Pengelompokan Darah Monoklonal, 2023)

Reagen golongan darah “*Plasmatec Monoklonal IgM*” mengandung antibodi monoklonal tikus yang dicampur di dalam *buffer* fosfat yang mengandung sodium klorida, dan EDTA. Setiap reagen dikemas secara optimal untuk digunakan dengan teknik yang telah disarankan tanpa pengenceran dan penambahan zat lainnya. Untuk nomor acuan dan tanggal kadaluarsa dapat dilihat pada label reagen.

Tabel 2.6 Pewarna yang Digunakan pada Antisera Komersial

Produk	Cell line/clone	Warna	Pewarna yang digunakan
Anti-A	9113D10	Biru	Patent blue
Anti-B	9621AB	Kuning	Tetrazene
Anti-AB	152D12+9113D10	Tidak berwarna	Tidak ada
Anti-D	Rum	Tidak berwarna	Tidak ada

Sumber: Kit Reagen Pengelompokan Darah Monoklonal, 2023

5. Prinsip Kerja

Prinsip kerja antisera dalam mendeteksi antigen didasarkan pada reaksi antigen-antibodi yang menghasilkan aglutinasi. Antigen yang terdapat pada eritrosit adalah molekul spesifik yang ada pada membran eritrosit, seperti antigen A, B, dan D dalam sistem ABO dan Rh. Antibodi yang terdapat dalam antisera, seperti anti-A, anti-B, anti-AB, dan anti-D, dirancang untuk mengenali dan mengikat antigen spesifik tersebut. Ketika antigen pada membran eritrosit berinteraksi dengan antibodi yang sesuai dalam antisera, terbentuk kompleks antigen-antibodi yang menyebabkan eritrosit menggumpal (aglutinasi) (Amanda *et al.*, 2023).

Reaksi antara antigen dan antisera menghasilkan ikatan yang aglutinasi dapat terdeteksi ketika antigen berinteraksi dengan antisera yang sesuai. Proses aglutinasi ini dipengaruhi oleh konsentrasi antigen dan antisera yang terlibat dalam reaksi tersebut. Semakin banyak antigen yang berikatan dengan antisera, semakin besar, jelas, dan kuatnya reaksi aglutinasi yang terbentuk (Faruq, 2015).

F. Tinjauan Khusus Pemanfaatan Serum Sisa sebagai Alternatif Pengganti Antisera ABO dan Rh dalam Penentuan Golongan Darah

Sisa serum dapat diperoleh dari spesimen darah yang tidak mengandung antikoagulan dengan cara memisahkan darah menjadi dua bagian menggunakan alat sentrifugasi. Serum sisa yang tidak dimanfaatkan lagi di laboratorium dapat digunakan sebagai antisera.

Penelitian Abror (2023) Hasil penelitian menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan dalam pemeriksaan golongan darah ABO antara penggunaan reagen antisera komersial dan antisera buatan sendiri yang berasal dari serum dan plasma A, B, dan O. Perbedaan satu tingkat dalam penilaian tingkat aglutinasi dianggap tidak terlalu signifikan, sehingga antisera buatan sendiri dari serum dan plasma masih bisa menjadi alternatif yang sah untuk digunakan dalam pemeriksaan golongan darah.

9 Penelitian Rahman *et al.* (2019) Penentuan golongan darah sistem ABO menggunakan serum dan reagen antisera dengan metode slide menunjukkan hasil aglutinasi positif satu (+1) yang seharusnya tidak terjadi, serta positif tiga (+3) yang seharusnya menunjukkan reaksi aglutinasi. Perbedaan tingkat aglutinasi yang dihasilkan oleh serum dan reagen antisera disebabkan oleh adanya komponen lain dalam serum selain antibodi, yang dapat memengaruhi atau mengganggu proses terjadinya reaksi aglutinasi. Penelitian lain juga dilakukan oleh Oktari dan Silvia (2016) diperoleh reaksi antigen-antibodi yang terdapat dalam serum, sehingga serum A, B, dan O dapat berfungsi sebagai reagen anti-A, anti-B, dan anti-AB untuk menentukan golongan darah.

11 Penelitian Sippert *et al.* (2024) yang dilakukan pada pasien yang membawa varian golongan darah Rh dapat mengembangkan aloantibodi Rh yang memerlukan transfusi sel darah merah yang cocok. Reagen serologis untuk varian Rh sering kali gagal mengidentifikasi antigen Rh varian secara spesifik dan jumlahnya terbatas. Oleh karena itu, uji genotipe eritrosit sangat penting untuk mengelola transfusi pada pasien dengan varian Rh yang relevan secara klinis. Reagen referensi DNA yang berkarakterisasi dengan baik diperlukan untuk memastikan kualitas dan keakuratan uji molekuler. Delapan reagen referensi DNA beku-kering, yang

mewakili 21 polimorfisme dalam RHD dan RHCE, diproduksi dari repositori lini sel limfoblastoid B yang diabadikan di Pusat Evaluasi dan Penelitian Biologi/Badan Pengawas Obat dan Makanan AS. Bahan tersebut divalidasi melalui studi kolaboratif internasional yang melibatkan 17 laboratorium yang mengevaluasi setiap kandidat DNA menggunakan uji molekuler untuk mengkarakterisasi alel RHD dan RHCE, termasuk platform komersial dan pengujian yang dikembangkan di laboratorium, seperti sekuensing sanger, sekuensing generasi berikutnya, dan sekuensing generasi ketiga. Hasil genotipe menunjukkan 99,4% kesesuaian dengan hasil yang diharapkan untuk polimorfisme Rh target dan 87,9% untuk kesesuaian alel Rh. Sebagian besar hasil alel Rh yang tidak sesuai dijelaskan oleh cakupan polimorfisme yang terbatas dalam beberapa metode genotipe. Hasil imunoglobulin yang terbentuk memiliki stabilitas tertentu, dan degradasinya yang dipercepat tetap mendukung penggunaan reagen ini sebagai standar referensi dalam pengembangan pemeriksaan imunologi.

G. Kerangka Teori

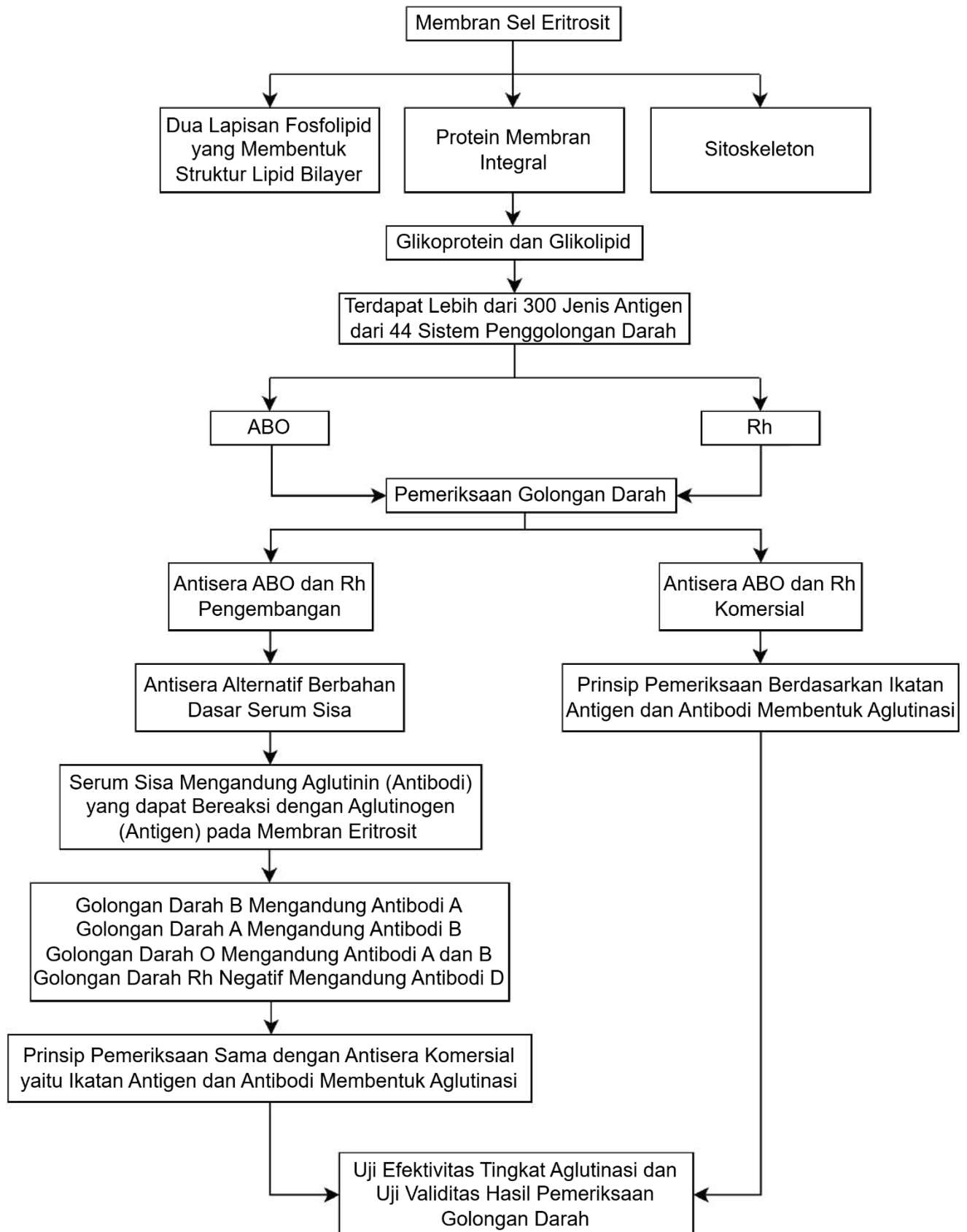
Membran sel eritrosit terdiri dari tiga komponen utama yaitu lapisan struktur lipid bilayer, protein membran integral, dan sitoskeleton. Lapisan fosfolipid bilayer, yang membentuk struktur dasar membran dengan dua lapisan lipid yang saling berhadapan. Di dalam lapisan ini, terdapat protein membran integral yang berfungsi

menstabilkan dan menanamkan glikoprotein dan glikolipid pada membran, memastikan antigen-antigen ini tetap terikat pada membran eritrosit. Sitoskeleton berperan dalam menjaga posisi stabil dari glikoprotein dan glikolipid ini, serta membantu mempertahankan bentuk bikonkaf dari eritrosit, yang memungkinkan sel untuk melewati pembuluh darah sempit dan memaksimalkan kemampuan pertukaran gas seperti oksigen dan karbon dioksida.

164 Terdapat lebih dari 300 jenis antigen yang terikat pada glikoprotein dan glikolipid. Di antara antigen-antigen ini, sistem golongan darah ABO dan Rh merupakan yang paling spesifik pada manusia. Golongan darah ABO ditentukan oleh jenis oligosakarida yang terikat pada glikoprotein atau glikolipid. Individu dengan golongan darah A memiliki antigen A (oligosakarida dengan gula N-acetylgalactosamine), golongan darah B memiliki antigen B (oligosakarida dengan gula galactose), golongan darah AB memiliki kedua antigen tersebut, dan golongan darah O tidak memiliki antigen A ataupun B.

66 Pemeriksaan golongan darah sistem ABO dan Rh menggunakan antisera komersial dan antisera pengembangan. Antisera komersial memiliki prinsip berdasarkan ikatan antigen dan antibodi membentuk aglutinasi sedangkan antisera pengembangan 203 berbahan dasar serum sisa mengandung aglutinin (antibodi) yang 59 dapat bereaksi dengan aglutinogen (antigen), yang mana golongan

7 darah B mengandung antibodi A, golongan darah A mengandung antibodi B, golongan darah O mengandung antibodi A dan B, golongan darah Rh negatif mengandung antibodi D, sehingga prinsip pemeriksaannya sama dengan antisera komersial yaitu ikatan antigen dan antibodi membentuk aglutinasi. Kedua antisera ini dilakukan uji efektivitas tingkat aglutinasi dan uji validitas hasil pemeriksaan golongan darah menggunakan antisera ABO dan Rh pengembangan terhadap antisera ABO dan Rh komersial.

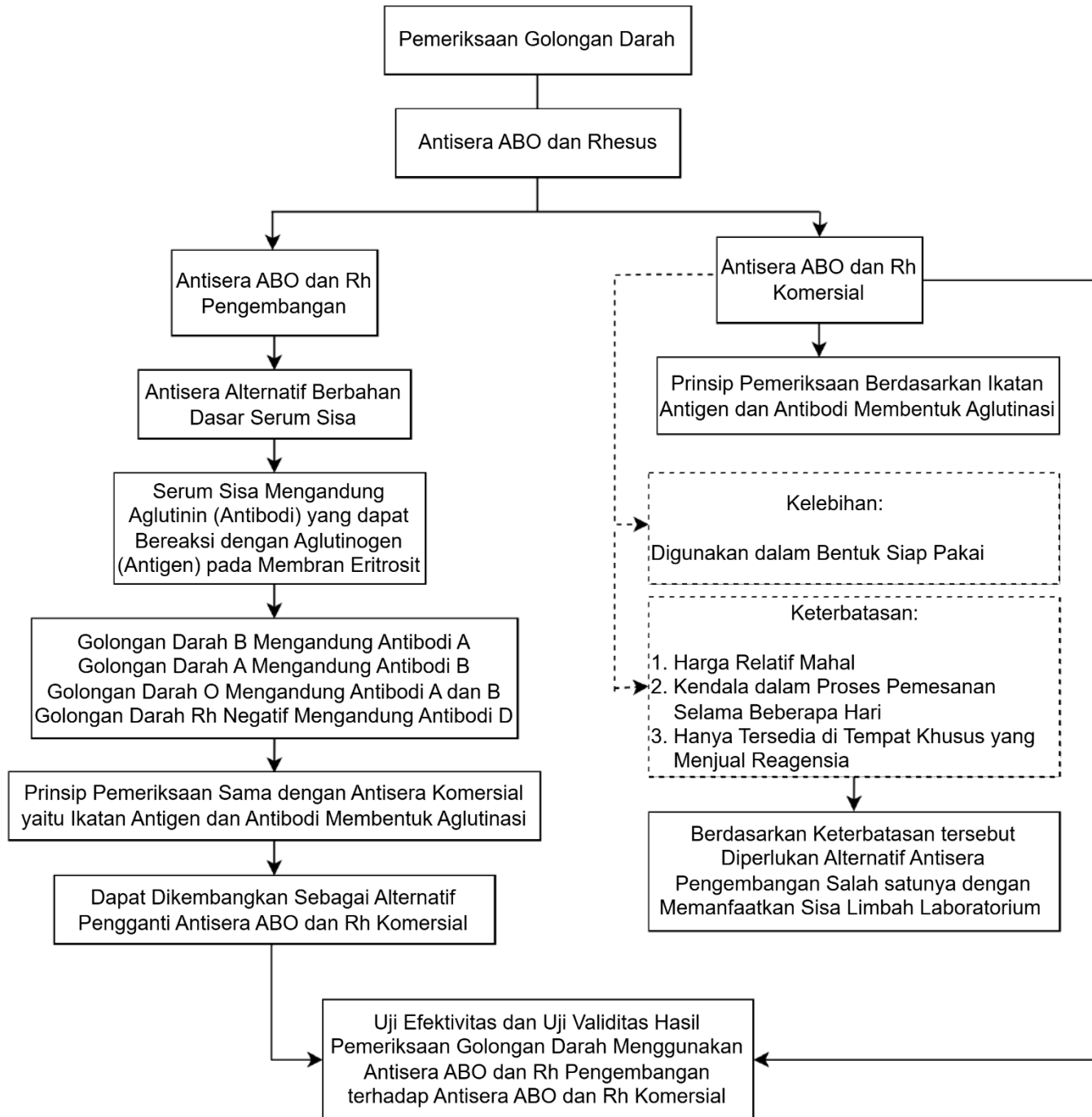


H. Kerangka Konsep

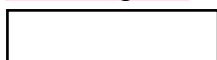
Pemeriksaan golongan darah sangat penting dilakukan seseorang baik Untuk keperluan transfusi, pemilihan donor darah yang sesuai, serta identifikasi dalam kasus kedokteran forensik seperti dalam beberapa kasus kriminal, pemeriksaan golongan darah sistem ABO dan Rh yang dilakukan di laboratorium klinik secara umum menggunakan antisera ABO dan Rh komersial, yang mana memiliki prinsip pemeriksaan berdasarkan ikatan antigen dan antibodi membentuk aglutinasi. Antisera komersial memiliki kelebihan karena tersedia dalam bentuk siap pakai, namun memiliki beberapa keterbatasan, seperti harga yang relatif mahal, kendala dalam pengadaan yang sering kali membutuhkan waktu beberapa hari melalui proses pemesanan, serta ketersediaannya yang terbatas di tempat khusus yang menjual reagensia kimia dan laboratorium. Berdasarkan keterbatasan tersebut diperlukan alternatif antisera pengembangan dengan memanfaatkan limbah laboratorium seperti serum sisa.

Antisera ABO dan Rh pengembangan merupakan antisera alternatif berbahan dasar serum sisa. Serum mengandung aglutinin (antibodi) yang dapat bereaksi dengan aglutinogen (antigen) pada membran eritrosit, sehingga dapat digunakan dalam pemeriksaan golongan darah. Setiap golongan darah memiliki karakteristik antibodi yang spesifik. Golongan darah B mengandung antibodi A, golongan

darah A mengandung antibodi B, golongan darah O mengandung antibodi A dan B. Sedangkan golongan darah Rh negatif mengandung antibodi D. Antisera pengembangan dan antisera komersial memiliki prinsip pemeriksaan yang sama yaitu ikatan antigen dan antibodi membentuk aglutinasi, sehingga dengan memanfaatkan serum sisa sebagai antisera ABO dan Rh pengembangan dapat menjadi alternatif pengganti antisera ABO dan Rh komersial. Untuk memastikan efektivitas dan validitasnya, diperlukan uji efektivitas serta uji validitas hasil pemeriksaan dengan antisera alternatif ini dibandingkan dengan antisera ABO dan Rh komersial. Jika terbukti efektif, antisera hasil pengembangan ini dapat menjadi solusi yang lebih ekonomis dan mudah didapatkan dalam pemeriksaan golongan darah.



Keterangan :



Diteliti



Tidak diteliti

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Jenis dan Desain Penelitian

Jenis penelitian ini merupakan penelitian *true eksperiment* dengan memanfaatkan serum sisa sebagai alternatif pengganti antisera ABO dan Rh komersial dalam penentuan golongan darah. Penelitian ini akan membuat dan mengembangkan antisera ABO dan Rh, melihat efektivitas tingkat aglutinasi, dan melakukan uji validitas hasil pemeriksaan golongan darah menggunakan antisera ABO dan Rh pengembangan berbahan dasar serum sisa terhadap antisera ABO dan Rh komersial dalam menentukan golongan darah, dengan desain penelitian *statistic group comparison* yaitu mengamati kesamaan aglutinasi antara antisera ABO dan Rh pengembangan terhadap antisera ABO dan Rh komersial.

B. Tempat dan Waktu Penelitian

1. Tempat Penelitian

Pengumpulan darah, pembuatan antisera ABO dan Rh pengembangan berbahan dasar serum sisa, pemeriksaan golongan darah menggunakan antisera ABO dan Rh pengembangan, serta antisera ABO dan Rh komersial direncanakan akan dilakukan di Laboratorium Rumah Sakit Khusus Daerah (RSKD) Dadi Sulawesi Selatan.

2. Waktu Penelitian

Penelitian ini direncanakan akan dilakukan pada bulan Maret-April 2025.

C. Populasi, Sampel, dan Teknik Pengambilan Sampel Penelitian

1. Populasi Penelitian

Populasi dalam penelitian ini adalah serum sisa yang sudah tidak digunakan lagi dan terdapat darah utuh *Ethylenediaminetetraacetic Acid* (EDTA) untuk dilakukan pemeriksaan golongan darah menggunakan antisera ABO dan Rh komersial dalam menentukan golongan darah A, B, AB, O, dan Rh. Untuk golongan darah A, B, dan O dari sampel tersebut akan diambil serum sisanya pada tabung plain dan dimanfaatkan untuk pembuatan antisera ABO pengembangan, serta serum sisa dengan Rh negatif dimanfaatkan untuk pembuatan antisera Rh pengembangan.

2. Sampel Penelitian

Sampel dalam penelitian ini adalah populasi terjangkau yang memenuhi kriteria penelitian.

3. Teknik Pengambilan Sampel Penelitian

Pengambilan sampel dalam penelitian ini menggunakan *purposive sampling*.

D. Kriteria dan Perhitungan Besar Sampel Penelitian

1. Kriteria Penelitian

a. Kriteria Inklusi

Kriteria inklusi dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut:

- 1) Pasien yang melakukan pengambilan darah menggunakan dua tabung yaitu tabung plain dan EDTA yang bersedia ikut serta dalam penelitian dengan memberikan persetujuan secara tertulis (*informed consent*).
- 2) Tabung plain yang masih terdapat serum sisa pada setiap tabung minimal 2 ml untuk dimanfaatkan sebagai alternatif antisera ABO dan Rh pengembangan yang tidak digunakan lagi di laboratorium untuk kebutuhan diagnostik atau pemeriksaan lanjutan.
- 3) Serum sisa yang akan digunakan sebagai alternatif antisera ABO dan Rh pengembangan telah dilakukan skrining untuk penyakit menular seperti HIV, hepatitis, dan sifilis.

b. Kriteria Eksklusi

Kriteria eksklusi dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut:

- 1) Serum sisa yang tidak representatif untuk digunakan dalam pembuatan alternatif antisera ABO dan Rh seperti lisis, lipemik, dan ikterik atau stabilitas penyimpanan telah melewati waktu penyimpanan spesimen yang baik (stabilitas

imunoglobulin pada suhu kulkas 2-8°C akan stabil selama 6 hari dan pada suhu ruang 15-25°C akan stabil selama 2 hari) yang dapat mempengaruhi kualitas pemeriksaan.

2) Spesimen darah utuh EDTA yang tidak cukup untuk dilakukan pemeriksaan golongan darah menggunakan antisera ABO dan Rh komersial dan pasien tidak bersedia untuk dilakukan pengambilan darah berulang.

2. Perhitungan Besar Sampel Penelitian

Besar sampel minimal dalam penelitian ini dihitung menggunakan rumus sampel penelitian eksperimen berdasarkan

Rumus *Federer*.

$$(t-1)(r-1) > 15$$

Keterangan:

t = banyaknya kelompok perlakuan

r = replikasi

Diketahui:

t = 10, berdasarkan banyaknya kelompok perlakuan pada penelitian ini, yang mana 5 sebagai kontrol positif, dan 5 lainnya sebagai sampel uji.

$$(t-1)(r-1) > 15$$

$$(10-1)(r-1) > 15$$

$$(r-1) > 15/9$$

$$r-1 > 1,67$$

$$r > 2,67$$

Besar sampel minimal yang dibutuhkan dalam pembuatan antisera ABO dan Rh pengembangan minimal dibutuhkan tiga tabung plain setiap golongan darah, yang mana pada setiap tabung didapatkan 2 ml serum sisa dan hasil akhir total volume didapatkan 6 ml (acuan *gold standard* dalam pembuatan antisera komersial 5 ml), adapun pembagian antisera berbahan dasar serum sisa yang akan dibuat yaitu sebagai berikut:

- a. Diambil tiga tabung plain serum sisa golongan darah A yang masing-masing sebanyak 2 ml sehingga didapatkan 6 ml serum sisa.
- b. Diambil tiga tabung plain serum sisa golongan darah B yang masing-masing sebanyak 2 ml sehingga didapatkan 6 ml serum sisa.
- c. Diambil tiga tabung plain serum sisa golongan darah O yang masing-masing sebanyak 2 ml sehingga didapatkan 6 ml serum sisa.
- d. Diambil tiga tabung plain serum sisa golongan darah Rh negatif yang masing-masing sebanyak 2 ml sehingga didapatkan 6 ml serum sisa.

Setelah dilakukan pembuatan antisera ABO dan Rh pengembangan, selanjutnya dilakukan uji validitas untuk menentukan tingkat akurasi dari antisera ABO dan Rh pengembangan terhadap antisera ABO dan Rh komersial, untuk

menentukan jumlah sampel minimal dalam uji validitas digunakan perhitungan besar sampel untuk penelitian validitas diagnostik dengan keluaran sensitivitas, yaitu sebagai berikut:

$$N = \frac{Z_{\alpha}^2 \text{sen} (1 - \text{Sen})}{d^2 P}$$

Keterangan :

N = Besar sampel

Sen = Sensitivitas yang diinginkan dari alat yang diuji nilai diagnostiknya (ditetapkan oleh peneliti)

d = Ketepatan presisi penelitian (ditetapkan peneliti)

Z_{α} = Deviat baku alpha yaitu 1,96 dari tingkat kesalahan 5%

P = Persentase jenis pemeriksaan yang akan diteliti di tempat penelitian

Sensitivitas yang diinginkan dari antisera ABO dan Rh pengembangan diharapkan adalah 95%, telah dilakukan observasi pendahuluan di RSKD Dadi Sulawesi Selatan, persentase jumlah pemeriksaan golongan darah dalam rata-rata setiap tahun 2023-2024 dari total pemeriksaan yang ada menduduki 20%, apabila dapat diterima penyimpangan (d) untuk sensitivitas sebesar 20%, interval kepercayaan 95% ($\alpha=0.05$ $Z_{\alpha}=1,96$) prevalensi jenis pemeriksaan yang diteliti dalam hal ini pemeriksaan golongan darah di rumah sakit tempat penelitian yaitu RSKD Dadi Sulawesi Selatan didapatkan pemeriksaan golongan darah menduduki persentase sebesar 20% jumlah total pemeriksaan laboratorium

dalam setiap tahun. Sehingga didapat hasil perhitungan besar sampel, sebagai berikut:

$$\begin{aligned} N &= \frac{Za^2 \text{ sen } (1-\text{Sen})}{d^2P} \\ N &= \frac{1,96^2 \times 0,95 \times (1-0,95)}{0,2^2 \times 0,2} \\ N &= \frac{0,182476}{0,045} \\ N &= 22,8095 \end{aligned}$$

Maka dengan demikian jumlah sampel minimal yang dibutuhkan dalam uji validitas hasil pemeriksaan golongan darah adalah 23 sampel (pembulatan ke atas).

E. Variabel Penelitian

1. Variabel Bebas

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah serum sisa yang dimanfaatkan sebagai alternatif pengganti antisera ABO dan Rh.

2. Variabel Terikat

Variabel terikat dalam penelitian ini adalah hasil pemeriksaan golongan darah dengan melihat efektivitas tingkat aglutinasi dan uji validitas hasil pemeriksaan golongan darah menggunakan antisera ABO dan Rh pengembangan berbahan dasar serum sisa terhadap antisera ABO dan Rh komersial.

F. Definisi Operasional

1. Serum sisa adalah serum yang diperoleh dari pasien RSKD Dadi Sulawesi Selatan yang mana didapatkan dari tabung plain melalui proses sentrifugasi dan tidak digunakan lagi di laboratorium untuk kebutuhan diagnostik atau pemeriksaan lanjutan dengan volume minimal 2 ml yang mencukupi untuk dilakukan pembuatan antisera ABO dan Rh pengembangan dengan persyaratan bahwa serum yang akan digunakan dalam pembuatan alternatif antisera ABO dan Rh tidak mengalami lisis, lipemik, dan ikterik atau melewati stabilitas penyimpanan spesimen yang baik (stabilitas imunoglobulin pada suhu kulkas 2-8°C akan stabil selama 6 hari dan pada suhu ruang 15-25°C akan stabil selama 2 hari).
2. Antisera ABO dan Rh pengembangan adalah antisera yang dibuat dan dikembangkan dengan memanfaatkan serum sisa sebagai alternatif pengganti antisera komersial, dalam proses pembuatannya diperoleh dari pasien yang melakukan pemeriksaan laboratorium menggunakan tabung plain di RSKD Dadi Sulawesi Selatan yang mana serum sisa diambil dari tiga tabung, dengan masing-masing tabung menghasilkan 2 ml sisa serum, sehingga diperoleh total minimal 6 ml sisa serum yang dimanfaatkan untuk pembuatan antisera pengembangan yang nantinya akan digunakan dalam penentuan golongan darah ABO dan Rh, uji efektivitas

tingkat aglutinasi, serta komparasi uji validitas hasil pemeriksaan golongan darah.

3. Antisera ABO dan Rh komersial adalah antisera yang diproduksi oleh perusahaan yang dijual secara komersial dan digunakan dalam penentuan golongan darah A, B, AB, O, dan Rh menggunakan darah EDTA pada pasien RSKD Sulawesi Selatan yang mana nantinya akan digunakan untuk membandingkan dengan antisera ABO dan Rh pengembangan dalam uji efektivitas tingkat aglutinasi dan uji validitas hasil pemeriksaan golongan darah.
4. Pemeriksaan golongan darah adalah salah satu pemeriksaan laboratorium yang digunakan untuk menentukan kategori penentuan golongan darah seseorang yaitu A, B, AB, O, dan Rh pada pasien RSKD Dadi Sulawesi Selatan dengan menggunakan antisera ABO dan Rh pengembangan serta antisera ABO dan Rh komersial.
5. Tingkat aglutinasi adalah reaksi imunitas pengikatan antara antigen dan antibodi untuk pengkategorian klasifikasi golongan darah yang mana tingkat aglutinasi berdasarkan pada skoring (*likert scale*) yaitu (0) tidak terjadi aglutinasi dan cairan homogen, (+1) terjadi aglutinasi yang sangat banyak dan halus, (+2) terjadi aglutinasi yang sangat banyak dan kasar, cairan agak keruh, (+3) terjadi

aglutinasi yang terpecah, cairan jernih, (+4) terjadi aglutinasi besar, bersatu, cairan jernih.

- 163
6. Uji komparasi validitas hasil pemeriksaan golongan darah adalah hasil yang didapatkan dari pemeriksaan golongan darah yang membandingkan hasil pemeriksaan antisera komersial dan antisera pengembangan dalam penentuan golongan darah dan menentukan tingkat validitas hasil apakah antisera pengembangan memberikan hasil yang sama atau lebih baik dari tingkat aglutinasi yang terbentuk.

G. Instrumen Penelitian

1. *Informed Consent* dan Kuesioner

Informed consent dan kuesioner memuat terkait karakteristik subjek penelitian berupa nama, umur, pertanyaan terbuka terkait penelitian ini, dan persetujuan responden sebagai sampel dalam penelitian untuk dilakukan pengambilan darah sesuai dengan pemeriksaan yang akan dilakukan di RSKD Dadi Sulawesi Selatan agar dapat memperoleh serum sisa untuk dilakukan pembuatan antisera ABO dan Rh pengembangan.

74

2. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *centrifuge*, mikropipet, *cup* serum, tabung reaksi, rak tabung, jarum *vacutainer*, tabung plain, tabung EDTA, holder, *tourniquet*, kapas kering, plaster, kartu golongan darah, dan *stick pengaduk*. Bahan yang

93

digunakan dalam penelitian ini adalah serum sisa, darah EDTA, kapas alkohol 70%, antisera ABO dan Rh komersial.

H. Prosedur Kerja Penelitian

1. Pra Analitik

a. Persiapan Pasien

Tidak diperlukan persiapan khusus untuk pemeriksaan golongan darah, hanya dalam penelitian ini perlu dilakukan penjelasan kepada pasien tentang tujuan dan tindakan yang akan dilakukan. Mengarahkan pasien untuk duduk atau berbaring nyaman mungkin dengan posisi telapak tangan menghadap ke atas dengan tujuan persiapan flebotomi serta pasien harus memberikan persetujuan tertulis (*informed consent*).

b. Persiapan Penggunaan Alat Pelindung Diri

Sebelum pemeriksaan laboratorium perlu untuk menggunakan Alat Pelindung Diri (APD) standar level 2 yaitu *handscoon*, masker, *head cap*, dan jas laboratorium.

c. Persiapan Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *centrifuge*, mikropipet, cup serum, tabung reaksi, rak tabung, *vacutainer*, tabung plain, tabung EDTA, holder, *tourniquet*, kapas kering, plaster, kartu golongan darah, dan *stick pengaduk*. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah

serum sisa, darah EDTA, kapas alkohol 70%, antisera ABO dan Rh komersial.

d. Pengambilan Spesimen Darah Vena

Cara pengambilan spesimen darah dalam penelitian ini yaitu memasang jarum pada holder kemudian memasang tourniquet kurang lebih 10 cm dari lipatan siku dan palpasi pada daerah *median cubiti* atau vena yang terlihat jelas. Setelah palpasi, desinfeksi pada daerah yang akan ditusuk dengan alkohol 70% dari dalam ke arah luar secara melingkar dan biarkan sampai kering. Melakukan pengambilan darah vena (*mediana cubiti*) atau vena yang terlihat jelas dengan sudut holder 15-30 derajat posisi lubang jarum menghadap ke atas, saat darah terlihat pada jarum segera memasang tabung plain tutup merah dan tabung EDTA, darah akan mengalir dengan sendirinya. Kemudian melepaskan *tourniquet* segera saat darah telah mengalir ke dalam tabung. Setelah volume dianggap cukup, lepaskan tabung vakum, dan selanjutnya pasang kapas kering di atas tempat pengambilan darah vena. Kemudian segera menarik secara perlahan holder ke arah luar. Setelah itu, menekan kapas beberapa saat dan menempelkan plaster ke daerah pengambilan sampel. Selanjutnya, homogenkan tabung EDTA sebanyak 8-10 kali, namun tabung plain tidak

homogenkan karena tidak mengandung zat aditif setelah itu diberi label identitas pasien (Syarifah *et al.*, 2020).

e. Cara Memperoleh Sampel Serum

Diamkan spesimen darah yang telah diperoleh selama 30 menit pada suhu ruang (15-25°C) hingga darah membeku, kemudian nyalakan *centrifuge* dengan menekan tombol *power*. Atur waktu dan kecepatan perputaran *centrifuge*, dengan waktu putaran selama 10 menit pada kecepatan 3000 rpm. Masukkan spesimen ke dalam *centrifuge*. Setelah proses *centrifuge* selesai, keluarkan spesimen dari dalam *centrifuge* dengan menekan tombol *open* pada alat. Selanjutnya, lakukan pemipetan untuk mengambil serum yang telah terpisah dari komponen darah, lalu masukkan ke dalam tabung reaksi dan beri label (Syarifah *et al.*, 2020).

2. Analitik

a. Prinsip Pemeriksaan Golongan Darah

Prinsip pemeriksaan golongan darah metode *slide* yaitu didasarkan pada adanya reaksi antara aglutinogen (antigen) pada membran eritrosit dan aglutinin (antibodi) pada serum sehingga terbentuk aglutinasi (Damayanti *et al.*, 2024).

b. Pemeriksaan Golongan Darah Pasien Menggunakan Darah Utuh EDTA untuk Penentuan Golongan Darah A, B, AB, O, dan Rh Menggunakan Antisera Komersial

Meneteskan masing-masing sumur *card* golongan darah dengan 1 tetes darah utuh yang akan dilakukan pemeriksaan

golongan darah. Kemudian memipet antisera ABO dan Rh komersial pada *card* golongan darah, masing-masing sebanyak 1 tetes Anti-A pada sumur Anti-A, 1 tetes Anti-B pada sumur Anti-B, 1 tetes Anti-AB pada sumur Anti-AB, dan 1 tetes Anti-D pada sumur Anti-D. Selanjutnya melakukan homogenisasi reagen antisera ABO dan Rh komersial dengan darah utuh EDTA menggunakan *stick* pengaduk lalu menghomogenkan secara perlahan dengan menggoyangkan *card* ke kiri ke kanan. Membaca hasil pemeriksaan dengan terbentuknya aglutinasi pada setiap *card*, kemudian lakukan pencatatan hasil, dan melakukan pengelompokan golongan darah sesuai dengan hasil yang diperoleh yaitu golongan A, B, AB, O, dan Rh untuk mencari serum sisa berdasarkan golongan darah untuk dijadikan sebagai alternatif pengembangan.

c. Cara Pembuatan Antisera ABO dan Rh Pengembangan Berbahan Dasar Serum Sisa

1) Pembuatan Antisera ABO Pengembangan

Semua serum sisa pada setiap tabung plain yang diketahui golongan darahnya dan dilakukan skrining penyakit menular dan minimal memiliki volume 2 ml untuk akan dimanfaatkan sebagai alternatif antisera ABO pengembangan. Pengelompokan hasil pemeriksaan golongan darah dari darah utuh EDTA diambil serum sisa pada tiga tabung plain dan hasil akhir didapatkan minimal 6

18 ml serum sisa, untuk golongan darah B dipipet serum sisanya ke dalam tabung reaksi digunakan sebagai alternatif antisera pengembangan anti-A, untuk golongan darah A dipipet serum sisanya ke dalam tabung reaksi digunakan sebagai alternatif antisera pengembangan anti-B, untuk golongan darah O dipipet serum sisanya ke dalam tabung reaksi digunakan sebagai alternatif antisera pengembangan anti-AB. Antisera ABO pengembangan siap untuk digunakan.

2) Pembuatan Antisera Rh Pengembangan

Semua serum sisa pada setiap tabung plain yang diketahui golongan darahnya dan dilakukan skrining penyakit menular dan minimal memiliki volume 2 ml untuk akan dimanfaatkan sebagai alternatif antisera Rh pengembangan. Pengelompokan hasil pemeriksaan golongan darah dari darah utuh EDTA diambil serum sisa pada tiga tabung plain dan hasil akhir didapatkan minimal 6 ml serum sisa, untuk golongan darah Rh negatif dipipet serum sisanya ke dalam tabung reaksi digunakan sebagai alternatif antisera pengembangan anti-D. Antisera Rh pengembangan siap untuk digunakan.

d. Cara Pemeriksaan Golongan Darah untuk Melihat Tingkat Efektivitas Aglutinasi dan Uji Validitas Hasil Pemeriksaan Golongan Darah Menggunakan Antisera Pengembangan dan Antisera Komersial

Menyiapkan 2 buah *card* golongan darah yaitu *card* 1 untuk pemeriksaan golongan darah menggunakan antisera pengembangan dan *card* 2 untuk pemeriksaan golongan darah menggunakan antisera komersial. Kartu golongan darah terdiri dari beberapa sumur untuk uji golongan darah, seperti sumur untuk Anti-A, Anti-B, Anti-AB, dan Anti-D. Kemudian memasukkan masing-masing 1 tetes darah utuh yang akan diuji golongan darahnya ke sumur Anti-A, Anti-B, Anti-AB, dan Anti-D baik di *card* 1 maupun *card* 2. Setelah itu, memipet antisera pengembangan ke dalam *card* 1 dan antisera komersial ke dalam *card* 2, masing-masing sebanyak 1 tetes Anti-A pada sumur Anti-A, 1 tetes Anti-B pada sumur Anti-B, 1 tetes Anti-AB pada sumur Anti-AB, dan 1 tetes Anti-D pada sumur Anti-D. Lalu melakukan homogenisasi reagen antisera pengembangan untuk *card* 1 sedangkan antisera komersial untuk *card* 2 menggunakan *stick* pengaduk. Menghomogenkan secara perlahan dengan menggoyangkan slide ke kiri ke kanan. Kemudian mengamati hasil pemeriksaan dengan melihat adanya reaksi aglutinasi yang terjadi pada masing-masing sumur. Kemudian akan dilakukan uji efektivitas tingkat aglutinasi yang terbentuk pada *card* 1 (antisera ABO dan Rh pengembangan) dan *card* 2 (antisera ABO dan Rh

komersial) akan dilihat berdasarkan penilaian menggunakan skoring (*likert scale*). Hal ini dilakukan berulang sesuai dengan jumlah sampel. Setelah pembacaan hasil, tahap selanjutnya dilakukan uji validitas antisera pengembangan. Validitas ini diuji dengan membandingkan hasil aglutinasi antara antisera ABO dan Rh pengembangan serta antisera ABO dan Rh komersial. Penilaian dilakukan untuk melihat apakah antisera pengembangan memberikan hasil yang sama atau lebih baik dibandingkan antisera komersial melalui uji validitas dengan menggunakan tabel 2 kali 2.

3. Pasca Analitik

a. Nilai Rujukan Pemeriksaan Golongan Darah

Tabel 3.1 Interpretasi Hasil Pemeriksaan Golongan Darah Metode *Slide Test*

Golongan Darah	Antisera A	Antisera B	Antisera AB	Antisera D
A Rh (+)	+aglutinasi	-	+aglutinasi	+aglutinasi
A Rh (-)	+aglutinasi	-	+aglutinasi	-
B Rh (+)	-	+aglutinasi	+aglutinasi	+aglutinasi
B Rh (-)	-	+aglutinasi	+aglutinasi	-
AB Rh (+)	+aglutinasi	+aglutinasi	+aglutinasi	+aglutinasi
AB Rh (-)	+aglutinasi	+aglutinasi	+aglutinasi	-
O Rh (+)	-	-	-	+aglutinasi
O Rh (-)	-	-	-	-

Sumber: Oktari dan Silva, 2016

- b. Nilai Rujukan untuk Melihat Tingkat Efektivitas Aglutinasi Berdasarkan Penilaian Menggunakan Skoring (*likert scale*)

Tabel 3.2 Penilaian Tingkat Aglutinasi Hasil Pemeriksaan Golongan Darah Menggunakan Skoring

Skoring	Kategori
0	Tidak terjadi aglutinasi, cairan homogen
+1	Terjadi aglutinasi yang sangat banyak dan halus
+2	Terjadi aglutinasi yang sangat banyak dan kasar, cairan agak keruh
+3	Terjadi aglutinasi yang terpecah, cairan jernih
+4	Terjadi aglutinasi besar, bersatu, cairan jernih

Sumber: Rahman *et al.*, 2019

I. Teknik Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan dalam penelitian ini merupakan data primer yang mana peneliti melakukan perlakuan secara langsung pada sampel yang akan diuji yaitu hasil pemeriksaan golongan darah pasien, hasil uji efektivitas tingkat aglutinasi, dan hasil uji validitas hasil pemeriksaan dari antisera ABO dan Rh pengembangan terhadap antisera ABO dan Rh komersial.

J. Analisa Data

Data hasil penelitian yang dikumpulkan akan dimasukkan ke dalam tabel 2x2 yang dibuat menggunakan aplikasi *microsoft excel*. Uji tabel 2x2 akan digunakan untuk mengukur validitas (*sensitivitas*, *spesifisitas*, nilai duga positif, nilai duga negatif, dan akurasi) dari hasil pemeriksaan golongan darah antisera ABO dan Rh pengembangan terhadap antisera ABO dan Rh komersial (*gold standard*), dapat dihitung menggunakan rumus:

27

Nilai Sensitivitas

$$\frac{a}{a + c}$$

Nilai Duga Positif

$$\frac{a}{a + b}$$

Nilai Spesifitas

$$\frac{d}{b + d}$$

Nilai Duga Negatif

$$\frac{d}{d + c}$$

Keterangan:

a: Jumlah subyek dengan hasil positif benar

b: Jumlah subyek dengan hasil positif semu

c: Jumlah subyek dengan hasil negatif semu

d: Jumlah subyek dengan hasil negatif benar

Setelah data dikategorikan, analisis kesesuaian hasil pemeriksaan antara antisera ABO dan Rh pengembangan serta antisera ABO dan Rh komersial akan dilakukan dengan menggunakan uji *Cohen's Kappa*. Uji ini akan mengukur tingkat konsistensi antara kedua antisera berdasarkan nilai *Kappa* dan diolah menggunakan aplikasi IBM *Statistical Product and Service Solutions* (SPSS).

Tabel 3.3 Interpretasi Nilai Kohen *Kappa*

Nilai <i>Kappa</i>	Kategori
<0	Sangat lemah (<i>Less than chance agreement</i>)
0,0–0,2	Lemah (<i>Slight agreement</i>)
0,21–0,4	Kurang (<i>Fair agreement</i>)
0,4–0,6	Sedang (<i>Moderate agreement</i>)
0,61–0,8	Baik (<i>Substantial agreement</i>)
0,8 –1,0	Baik Sekali (<i>Almost perfect agreement</i>)

Sumber: Renowati dan Suharlina, 2018

9

K. Etik Penelitian

Penelitian ini direncanakan akan melakukan pengurusan etik di Poltekkes Kemenkes Makassar dengan beberapa tahapan berkas berupa bukti pembayaran administrasi, melampirkan hasil turnitin <30%, tanda tangan pembimbing dan *reviewer* masing-masing dengan format dapat diunduh pada link <https://bit.ly/3FuwigW>. Selanjutnya melakukan pendaftaran pada link pengurusan rekomendasi etik penelitian yaitu

https://bit.ly/Etik_PenelitianMahasiswa_Polkesmas2023.

Setelah menyelesaikan seluruh persyaratan administrasi kemudian melakukan pengusulan ke Dinas Penanaman Modal dan Pelayanan Terpadu Satu Pintu (DPMPTSP) Provinsi Sulawesi Selatan, selanjutnya melakukan pengusulan ke tempat penelitian yaitu RSKD Dadi Sulawesi Selatan.

Peneliti berkomitmen untuk mengikuti prinsip-prinsip etika penelitian demi menjaga integritas ilmiah serta melindungi hak dan kesejahteraan responden. Menurut Hidayat (2014), Etika penelitian sangat penting untuk menghindari tindakan yang tidak etis dalam pelaksanaan penelitian, oleh karena itu prinsip-prinsip berikut diterapkan:

1. Lembar Persetujuan (*Informed consent*)

Lembar persetujuan memuat penjelasan mengenai penelitian yang akan dilakukan, tujuan penelitian, prosedur yang akan diikuti,

13 manfaat yang dapat diterima oleh responden, serta risiko yang mungkin timbul. Pernyataan dalam lembar persetujuan disusun dengan bahasa yang jelas dan mudah dimengerti agar responden dapat memahami dengan baik bagaimana penelitian ini akan dilaksanakan. Responden yang setuju untuk berpartisipasi akan mengisi dan menandatangani lembar persetujuan secara sukarela.

2. Anonimitas

Anonimitas diterapkan untuk melindungi kerahasiaan, di mana peneliti tidak mencantumkan nama responden, tetapi hanya memberikan kode pada lembar tersebut.

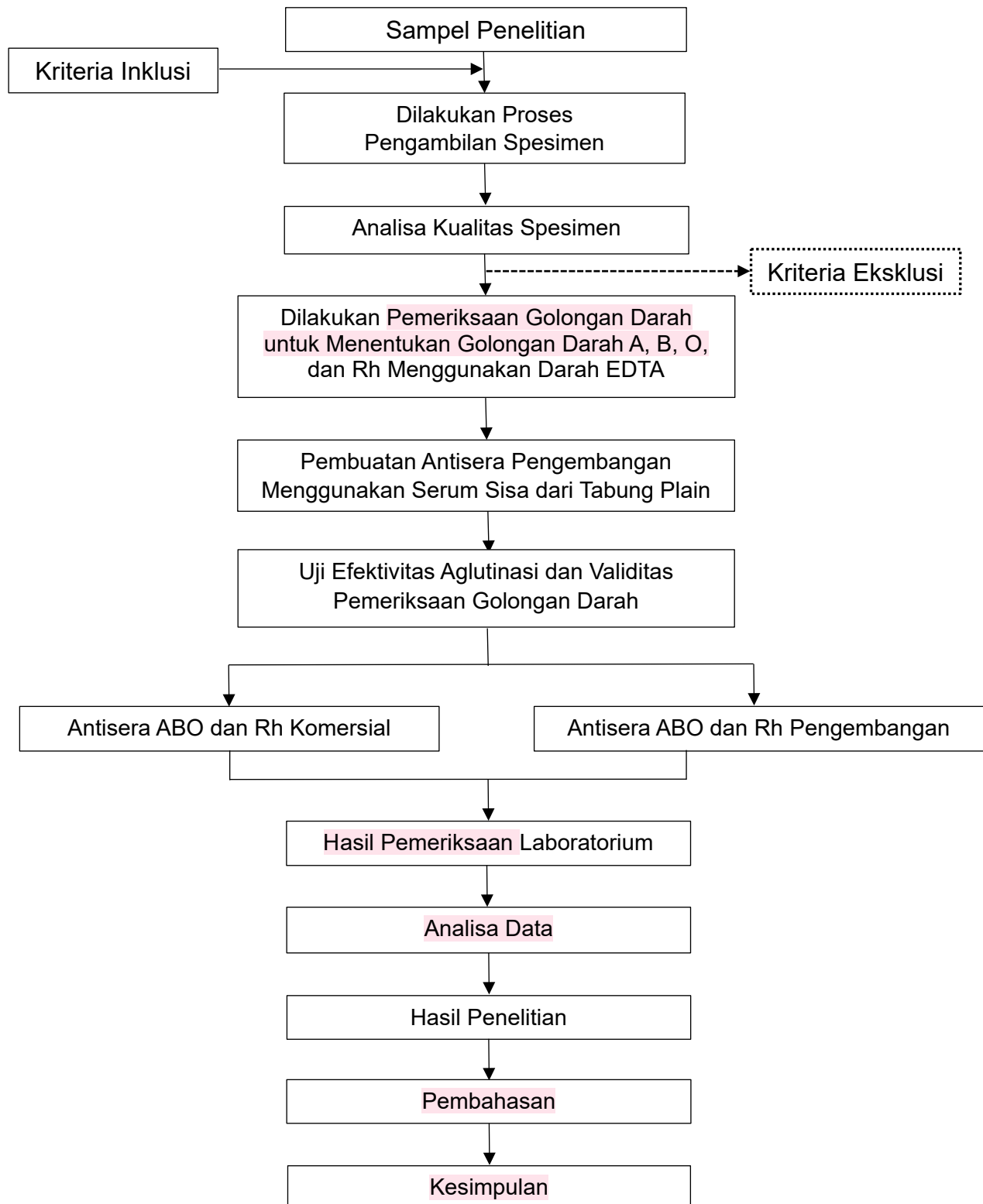
3. Confidentiality

Confidentiality atau kerahasiaan berarti bahwa data dan hasil penelitian tidak akan diungkapkan berdasarkan data individu, melainkan akan disajikan dalam bentuk agregat yang mewakili kelompok.

4. Sukarela

13 Partisipasi dalam penelitian ini sepenuhnya bersifat sukarela, tanpa adanya paksaan atau tekanan, baik langsung maupun tidak langsung, dari peneliti terhadap calon responden atau sampel yang akan dilibatkan dalam penelitian.

L. Kerangka Operasional



Gambar 3.1 Kerangka Operasional

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

Telah dilakukan penelitian terkait pemanfaatan serum sisa sebagai alternatif pengganti antisera ABO dan Rh dalam penentuan golongan darah. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium RSKD Dadi Provinsi Sulawesi Selatan pada 17 April-25 Mei 2025. Sampel penelitian menggunakan serum sisa pasien yang melakukan pemeriksaan darah menggunakan dua tabung yaitu tabung plain dan tabung EDTA yang bersedia ikut serta dalam penelitian dengan memberikan persetujuan secara tertulis (*informed consent*).

Teknik pengambilan sampel pada penelitian ini menggunakan metode *purposive sampling* yaitu pengambilan sampel dengan menyesuaikan kriteria tertentu berdasarkan tujuan penelitian, dengan jenis penelitian *true eksperimen* dan desain penelitian *statistic group comparison* yaitu mengamati kesamaan aglutinasi antara antisera ABO dan Rh pengembangan terhadap antisera ABO dan Rh komersial, besar sampel pada penelitian ini ditentukan berdasarkan rumus sampel penelitian eksperimen berdasarkan rumus *Federer*, dari hasil perhitungan jumlah sampel minimal yang dibutuhkan dalam pembuatan antisera ABO dan Rh pengembangan minimal dibutuhkan tiga tabung plain setiap golongan darah, yang mana pada setiap tabung didapatkan 2 ml serum sisa dan hasil akhir total volume didapatkan 6 ml (acuan *gold standard* dalam pembuatan antisera komersial 5 ml), yang memenuhi kriteria inklusi. Setelah dilakukan

72 pembuatan antisera ABO dan Rh pengembangan, selanjutnya dilakukan uji validitas untuk menentukan tingkat akurasi dari antisera ABO dan Rh pengembangan terhadap antisera ABO dan Rh komersial, untuk menentukan jumlah sampel minimal dalam uji validitas digunakan perhitungan besar sampel untuk penelitian diagnostik dengan keluaran sensitivitas, didapatkan jumlah sampel minimal yang dibutuhkan adalah 23 sampel. Namun, dalam penelitian ini digunakan sebanyak 43 sampel.

149 Data yang dikumpulkan dalam penelitian ini merupakan data primer yang mana peneliti melakukan perlakuan secara langsung pada sampel yang akan diuji. Analisis data awalnya direncanakan menggunakan uji tabel 2x2 dan uji *Cohens Kappa* untuk mengukur tingkat kesesuaian hasil antara antisera pengembangan dan antisera komersial. Namun, setelah dilakukan peninjauan terhadap karakteristik data yang diperoleh, kedua uji tersebut dinilai kurang relevan untuk digunakan dalam penelitian ini. Oleh karena itu, dilakukan uji normalitas menggunakan *Shapiro-Wilk* untuk mengetahui distribusi data, hasil uji menunjukkan bahwa data tidak berdistribusi normal, sehingga dipilih uji *Wilcoxon* sebagai metode alternatif yang lebih tepat. Uji *Wilcoxon* merupakan uji non-parametrik yang digunakan untuk membandingkan dua kelompok data yang saling berpasangan dan tidak berdistribusi normal. Penggunaan uji ini sesuai dengan kondisi data dan tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian.

115

108

86

Adapun hasil penelitian yang dimaksud sebagai berikut:

1. Hasil Pemeriksaan Golongan Darah pada Sampel EDTA sebagai Kandidat Antisera ABO dan Rh Pengembangan

Tabel 4. 1 Hasil Pemeriksaan Golongan Darah pada Sampel EDTA sebagai Kandidat Antisera ABO dan Rh Pengembangan

Hasil Pemeriksaan Golongan Darah		Frekuensi (n=115)	Persentase (100%)
Hasil Pemeriksaan Golongan Darah ABO pada Sampel EDTA	A	35	30,43
	B	28	24,35
	AB	11	9,56
	O	41	35,66
Hasil Pemeriksaan Golongan Darah Rh pada Sampel EDTA	Rh Positif	112	97,39
	Rh Negatif	3	2,61

Sumber: Data Primer, 2025

Tabel 4.1 menunjukkan hasil pemeriksaan golongan darah pada sampel EDTA sebagai kandidat antisera ABO dan Rh pengembangan diperoleh dari 115 sampel penelitian untuk golongan darah terbanyak ditemukan pada golongan darah O yaitu 41 orang (35,66%), selanjutnya pada golongan darah A ditemukan sebanyak 35 orang (30,43%), pada golongan darah B ditemukan sebanyak 28 orang (24,35%), dan golongan darah AB ditemukan sebanyak 11 orang (9,56%). Kemudian untuk penggolongan darah Rh dalam penelitian ini terbanyak ditemukan pada Rh positif yaitu sebanyak 112 orang (97,39%), sedangkan pada Rh negatif hanya ditemukan sebanyak 3 orang (2,61%). Berdasarkan hal tersebut, maka dilakukan pengelompokan golongan darah yang kandidat dijadikan antisera pengembangan yaitu golongan darah B sebagai anti-A, golongan darah A sebagai anti-B, golongan darah O sebagai anti-AB, dan golongan darah Rh negatif dijadikan sebagai anti-D.

2. Distribusi Frekuensi Tingkat Aglutinasi Hasil Pemeriksaan Golongan Menggunakan Antisera Pengembangan Terhadap Antisera Komersial

Tabel 4. 2 Distribusi Frekuensi Tingkat Aglutinasi Hasil Pemeriksaan Golongan Darah Menggunakan Antisera Pengembangan (Anti-A) Terhadap Antisera Komersial (Anti-A)

Kode Pasien	Tingkat Aglutinasi Hasil Pemeriksaan Golongan Darah Menggunakan Antisera Komersial	Tingkat Aglutinasi Hasil Pemeriksaan Golongan Darah Menggunakan Antisera Pengembangan	Golongan Darah
	Anti A	Anti A	
1	+4	+4	A
2	+4	+3	A
3	+4	+4	A
4	+4	+4	A
5	+4	+4	A
6	+4	+4	A
7	+4	+3	A
8	+4	+4	AB
9	+4	+4	AB
10	+4	+3	AB
11	+4	+4	AB
12	+4	+4	AB
13	+4	+3	AB
14	+4	+4	AB
15	+4	+4	AB
16	+4	+4	A
17	+4	+4	AB
18	+4	+4	A
19	+4	+4	A
20	+4	+4	A
21	+4	+4	AB
22	+4	+4	AB
23	+4	+4	AB
24	+4	+4	A
25	+4	+4	AB

Sumber: Data Primer, 2025

Tabel 4.2 menunjukkan distribusi frekuensi tingkat aglutinasi hasil pemeriksaan golongan darah menggunakan antisera pengembangan (Anti-A) terhadap antisera komersial (Anti-A),

didapatkan sebanyak 25 sampel darah yang diuji dan memiliki golongan darah A dan AB didapatkan hasil pemeriksaan bahwa antisera komersial menunjukkan tingkat aglutinasi maksimal yaitu +4 pada seluruh sampel, yang mengindikasikan sensitivitas dan kekuatan reaksi yang tinggi dalam mendeteksi antigen A pada membran eritrosit. Sedangkan antisera pengembangan juga mampu menghasilkan tingkat aglutinasi yang baik, meskipun pada beberapa sampel terjadi penurunan intensitas aglutinasi dari +4 menjadi +3. Meskipun demikian, hasil penentuan golongan darah yang diperoleh tetap sama, baik menggunakan antisera komersial maupun antisera pengembangan.

Tabel 4. 3 Distribusi Frekuensi Tingkat Aglutinasi Hasil Pemeriksaan Golongan Darah Menggunakan Antisera Pengembangan (Anti-B) Terhadap Antisera Komersial (Anti-B)

Kode Pasien	Tingkat Aglutinasi Hasil Pemeriksaan Golongan Darah Menggunakan Antisera Komersial	Tingkat Aglutinasi Hasil Pemeriksaan Golongan Darah Menggunakan Antisera Pengembangan	Golongan Darah
	Anti B	Anti B	
1	+4	+3	B
2	+4	+4	B
3	+4	+3	B
4	+4	+4	B
5	+4	+4	B
6	+4	+4	B
7	+4	+4	B
8	+4	+4	AB
9	+4	+3	AB
10	+4	+3	AB
11	+4	+4	AB
12	+4	+4	AB
13	+4	+3	AB
14	+4	+4	AB
15	+4	+4	B

16	+4	+4	AB
17	+4	+4	B
18	+4	+4	AB
19	+4	+4	AB
20	+4	+4	AB
21	+4	+4	AB
22	+4	+4	B
23	+4	+4	B
24	+4	+4	B
25	+4	+4	B

Sumber: Data Primer, 2025

Tabel 4.3 menunjukkan distribusi frekuensi tingkat aglutinasi hasil pemeriksaan golongan darah menggunakan antisera pengembangan (Anti-B) terhadap antisera komersial (Anti-B), didapatkan sebanyak 25 sampel darah yang diuji dan memiliki golongan darah B dan AB didapatkan hasil pemeriksaan bahwa antisera komersial menunjukkan tingkat aglutinasi maksimal yaitu +4 pada seluruh sampel, yang mengindikasikan sensitivitas dan kekuatan reaksi yang tinggi dalam mendeteksi antigen B pada membran eritrosit. Sedangkan antisera pengembangan juga mampu menghasilkan tingkat aglutinasi yang baik, meskipun pada beberapa sampel terjadi penurunan intensitas aglutinasi dari +4 menjadi +3. Meskipun demikian, hasil penentuan golongan darah yang diperoleh tetap sama, baik menggunakan antisera komersial maupun antisera pengembangan.

Tabel 4. 4 Distribusi Frekuensi Tingkat Aglutinasi Hasil Pemeriksaan Golongan Darah Menggunakan Antisera Pengembangan (Anti-AB) Terhadap Antisera Komersial (Anti-AB)

Kode Pasien	Tingkat Aglutinasi Hasil Pemeriksaan Golongan Darah Menggunakan Antisera Komersial	Tingkat Aglutinasi Hasil Pemeriksaan Golongan Darah Menggunakan Antisera Pengembangan	Golongan Darah
	Anti AB	Anti AB	
1	+4	+4	A
2	+4	+4	A
3	+4	+4	A
4	+4	+4	A
5	+4	+4	A
6	+4	+4	A
7	+4	+4	A
8	+4	+4	B
9	+4	+4	B
10	+4	+4	B
11	+4	+4	B
12	+4	+4	B
13	+4	+4	B
14	+4	+4	B
15	+4	+4	AB
16	+4	+4	AB
17	+4	+4	AB
18	+4	+4	AB
19	+4	+4	AB
20	+4	+4	AB
21	+4	+4	AB
22	+4	+4	B
23	+4	+4	AB
24	+4	+4	B
25	+4	+4	A
26	+4	+4	AB
27	+4	+4	A
28	+4	+4	A
29	+4	+4	A
30	+4	+4	AB
31	+4	+4	AB
32	+4	+4	AB
33	+4	+4	A
34	+4	+4	B
35	+4	+4	B
36	+4	+4	B
37	+4	+4	B
38	+4	+4	B

Sumber: Data Primer, 2025

Tabel 4.4 menunjukkan distribusi frekuensi tingkat aglutinasi hasil pemeriksaan golongan darah menggunakan antisera pengembangan (Anti-AB) terhadap antisera komersial (Anti-AB), didapatkan sebanyak 38 sampel darah yang diuji dan memiliki golongan darah A, B, dan AB didapatkan hasil pemeriksaan bahwa semua sampel menunjukkan tingkat aglutinasi yang maksimal yaitu +4, baik saat menggunakan antisera komersial maupun antisera pengembangan. Hal ini mengindikasikan bahwa antisera pengembangan memiliki kemampuan yang setara dengan antisera komersial dalam mendeteksi antigen A dan B pada membran eritrosit.

Tabel 4. 5 Distribusi Frekuensi Tingkat Aglutinasi Hasil Pemeriksaan Golongan Darah Menggunakan Antisera Pengembangan (Anti-D) Terhadap Antisera Komersial (Anti-D)

Kode Pasien	Tingkat Aglutinasi Hasil Pemeriksaan Golongan Darah Menggunakan Antisera Komersial	Tingkat Aglutinasi Hasil Pemeriksaan Golongan Darah Menggunakan Antisera Pengembangan	Golongan Darah
	Anti D	Anti D	
1	+4	+4	A positif
2	+4	+4	A positif
3	+1	+4	A positif
4	+4	+4	A positif
5	+4	+4	A positif
6	+4	+4	A positif
7	+4	+4	A positif
8	+4	+4	B positif
9	+4	+4	B positif
10	+4	+4	B positif
11	+4	+4	B positif
12	+4	+4	B positif
13	+4	+4	B positif
14	+4	+4	B positif
15	+4	+4	O positif

16	+4	+4	O positif
17	+4	+4	O positif
18	+4	+4	O positif
19	+4	+4	AB positif
20	+4	+4	AB positif
21	+4	+4	AB positif
22	+4	+4	AB positif
23	+4	+4	AB positif
24	+4	+4	AB positif
25	+4	+4	AB positif
26	+4	+4	A positif
27	+4	+4	B positif
28	+4	+4	AB positif
29	+4	+4	B positif
30	+4	+4	O positif
31	+4	+4	A positif
32	+4	+4	AB positif
33	+4	+4	A positif
34	+4	+4	A positif
35	+4	+4	A positif
36	+4	+4	AB positif
37	+4	+4	AB positif
38	+4	+4	AB positif
39	+4	+4	A positif
40	+4	+4	B positif
41	+4	+4	B positif
42	+4	+4	B positif
43	+4	+4	B positif

Sumber: Data Primer, 2025

Tabel 4.5 menunjukkan distribusi frekuensi tingkat aglutinasi hasil pemeriksaan golongan darah menggunakan antisera pengembangan (Anti-D) terhadap antisera komersial (Anti-D), didapatkan sebanyak 43 sampel darah yang diuji dan memiliki golongan darah A, B, O, dan AB Rh positif didapatkan hasil pemeriksaan menunjukkan bahwa semua sampel menunjukkan tingkat aglutinasi yang maksimal yaitu +4, baik saat menggunakan antisera komersial maupun antisera pengembangan. Hal ini mengindikasikan bahwa antisera pengembangan memiliki

kemampuan yang setara dengan antisera komersial dalam mendeteksi antigen D pada membran eritrosit.

3. Hasil Uji *Wilcoxon* Terhadap Efektivitas Tingkat Aglutinasi Antisera Komersial dan Antisera Pengembangan dalam Pemeriksaan Golongan Darah

Tabel 4.6 Hasil Uji *Wilcoxon* Terhadap Efektivitas Tingkat Aglutinasi Antisera Komersial dan Antisera Pengembangan dalam Pemeriksaan Golongan Darah

Antisera	Komersial				Pengembangan				Nilai p
	Mean	SD	Minimum	Maximum	Mean	SD	Minimum	Maximum	
Anti A	4,00	0,00	4,00	4,00	3,84	0,37	3,00	4,00	0,046*
Anti B	4,00	0,00	4,00	4,00	3,80	0,41	3,00	4,00	0,025*
Anti AB	4,00	0,00	4,00	4,00	4,00	0,00	4,00	4,00	1,000*
Anti D	3,93	0,46	1,00	4,00	4,00	0,00	4,00	4,00	0,317*

* Uji *Wilcoxon*

Tabel 4.6 menunjukkan bahwa hasil analisis data menggunakan uji *Wilcoxon* terhadap efektivitas tingkat aglutinasi antisera komersial dan antisera pengembangan dalam pemeriksaan golongan darah, pada kategori anti-AB yang mana kedua antisera ini menunjukkan tingkat aglutinasi hasil yang sama, baik menggunakan antisera komersial maupun antisera pengembangan memiliki nilai mean, minimum, dan maksimum sebesar 4,00 dengan SD sebesar 0,00, ini menandakan bahwa tidak terdapat variasi hasil pada seluruh sampel yang diuji. Nilai p sebesar $p=1,000$ ($p>0,05$) menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan antara antisera komersial dan antisera pengembangan dalam mendeteksi antigen AB. Dengan demikian, antisera pengembangan memiliki potensi yang cukup kuat sebagai alternatif pengganti antisera komersial untuk pengujian anti-AB.

Hasil pada kategori anti-D, antisera komersial menghasilkan nilai mean sebesar 3,93 dengan SD sebesar 0,46, nilai minimum sebesar 1,00 dan nilai maksimum 4,00, sedangkan antisera pengembangan memiliki nilai mean sebesar 4,00 dan SD sebesar 0,00. Nilai p sebesar $p=0,317$ ($p>0,05$) menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan secara statistik.

Hasil pada kategori anti-A, antisera komersial menunjukkan hasil yang sangat konsisten dengan nilai mean, minimum, dan maksimum sebesar 4,00 serta simpangan baku (SD) sebesar 0,00. Ini menunjukkan bahwa semua sampel memberikan reaksi tingkat aglutinasi maksimal saat diuji dengan antisera komersial. Sedangkan antisera pengembangan menghasilkan nilai rata-rata 3,84 dengan SD sebesar 0,37 dan nilai minimum sebesar 3,00. Hasil ini mengindikasikan adanya penurunan kekuatan tingkat aglutinasi dan variasi antar sampel ketika menggunakan antisera pengembangan. Nilai p yang dihasilkan sebesar $p=0,046$ ($p<0,05$) menandakan terdapat perbedaan yang signifikan antara kedua antisera ini.

Hasil pada kategori anti-B, yang mana antisera komersial kembali menunjukkan hasil maksimal pada seluruh nilai mean, minimum, maksimum sebesar 4,00 dan SD sebesar 0,00. Sedangkan antisera pengembangan memberikan hasil mean sebesar 3,80, SD sebesar 0,41, dan nilai minimum sebesar 3,00.

6 Nilai p sebesar $p=0,025$ ($p<0,05$) pada uji *Wilcoxon* menunjukkan bahwa perbedaan ini juga signifikan. Dengan demikian, antisera pengembangan belum dapat menyamai kekuatan reaksi tingkat aglutinasi yang ditunjukkan oleh antisera komersial.

Berdasarkan hasil uji *Wilcoxon* menunjukkan bahwa antisera pengembangan menunjukkan potensi sebagai alternatif pengganti antisera komersial dalam penentuan golongan darah, khususnya untuk kategori anti-AB dan anti-D, dikarenakan tidak ditemukan perbedaan yang signifikan dengan antisera komersial. Namun, untuk kategori anti-A dan anti-B, hasil menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan, sehingga diperlukan pengembangan lebih lanjut, seperti peningkatan konsentrasi antibodi dalam serum, teknik pemurnian, maupun standarisasi prosedur penyimpanan dan penggunaan, agar serum sisa dapat digunakan secara optimal sebagai pengganti antisera komersial dalam penentuan golongan darah.

A. Pembahasan

7 Golongan darah merupakan pengelompokan darah yang ditentukan oleh antigen pada membran eritrosit yang bereaksi dengan
8 antibodi. Terdapat sekitar 44 sistem golongan darah dengan lebih dari 300 antigen yang dapat ditemukan pada membran eritrosit. Dari jumlah tersebut, ada dua kelompok besar golongan darah yang digunakan
21 secara umum, yaitu golongan darah ABO dan Rh (Rosita *et al.*, 2019).

8 Golongan darah ABO dan Rh ditentukan berdasarkan antigen yang terdapat pada membran eritrosit yang terdiri tiga komponen utama yaitu lapisan lipid bilayer, protein membran integral, dan sitoskeleton yang dipenuhi oleh banyak protein. Beberapa diantaranya merupakan antigen permukaan yang tersusun atas kompleks glikoprotein dan glikolipid. Penggolongan darah sistem ABO ditentukan oleh keberadaan dua antigen glikolipid pada membran eritrosit yaitu antigen A dan antigen B. Sedangkan untuk penggolongan darah sistem Rh didasarkan pada antigen Rh yang terdiri dari 5 antigen utama yaitu C, c, D, E, dan e (Nadarajan, 2023).

12 Pemeriksaan golongan darah merupakan prosedur laboratorium yang bertujuan untuk mengidentifikasi tipe golongan darah seseorang. Pemeriksaan ini penting dilakukan, baik pada pendonor maupun pasien, guna mencegah komplikasi yang mungkin timbul, terutama dalam prosedur transfusi darah. Pemeriksaan golongan darah juga berperan dalam upaya pencegahan dan penanganan berbagai kondisi medis tertentu, serta dalam mencegah penularan penyakit melalui darah. Mengetahui golongan darah sangatlah penting agar tidak terjadi reaksi aglutinasi saat transfusi, yang dapat berakibat fatal. Selain itu, informasi golongan darah juga berguna dalam penentuan hubungan kekerabatan dan perencanaan kehamilan pada wanita (Mulyantari, 2016).

Seiring dengan pelaksanaan pemeriksaan golongan darah dan prosedur laboratorium lainnya, fasilitas pelayanan kesehatan turut menghasilkan limbah medis yang berasal dari sisa spesimen pemeriksaan darah. Jika tidak dikelola dengan tepat, limbah laboratorium tersebut dapat menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan serta berisiko bagi kesehatan masyarakat. Beberapa jenis limbah seperti serum sisa, masih memiliki potensi untuk dimanfaatkan kembali khususnya dalam pengembangan bahan diagnostik laboratorium, selama penggunaannya tetap memperhatikan aspek keamanan dan keselamatan biologis, seperti dalam pemanfaatannya sebagai antisera alternatif pada penentuan golongan darah.

Pemeriksaan golongan darah sistem ABO dan Rh yang dilakukan di laboratorium klinik secara umum menggunakan antisera yang diperoleh secara komersial dan pada prakteknya digunakan dalam bentuk siap pakai (Naim, 2015). Antisera komersial dapat diperoleh dengan harga yang relatif mahal (Abror, 2023). Selain itu terdapat kendala dalam pengadaan yang sering kali membutuhkan waktu beberapa hari melalui proses pemesanan, serta ketersediaannya yang terbatas di tempat khusus yang menjual reagensia kimia dan laboratorium.

Antisera komersial merupakan reagen yang digunakan dalam pemeriksaan golongan darah, yang diperoleh melalui pembiakan supernatan secara *in vitro* hasil hibridisasi imunoglobulin sel tikus, dan

7 menghasilkan aglutinasi pada pemeriksaan (Oktari & Silvia, 2016). Untuk menentukan Rh digunakan anti-D yang mengandung antibodi monoklonal manusia tipe IgM, natrium azida, potensiator, dan bahan sapi (albumin serum sapi dan serum sapi janin) (Machine, 2021). Sedangkan antisera ABO pengembangan yang dibuat oleh peneliti diperoleh dari serum sisa yang mengandung antibodi terhadap antigen A atau B yang terdapat di membran eritrosit dan antisera Rh pengembangan diperoleh dari serum sisa yang mengandung antibodi D. Penggunaan serum sisa untuk pemeriksaan golongan darah sebenarnya jarang dilakukan, karena biasanya pemeriksaan golongan darah sistem ABO menggunakan reagen antisera (Rahman *et al.*, 2019).

55 Serum sisa diperoleh dari spesimen darah yang tidak mengandung antikoagulan, dengan cara memisahkan darah menjadi dua bagian menggunakan alat sentrifuge. Serum sisa dari laboratorium yang tidak dimanfaatkan lagi dapat dijadikan sebagai antisera, karena aglutinin yang berada di dalam serum. Aglutinin golongan darah merupakan protein globulin, yang bertanggungjawab sebagai kekebalan tubuh alamiah untuk melawan aglutinogen asing (Khoirunnisa, 2024). Aglutinogen maupun aglutinin terbagi menjadi dua jenis yaitu aglutinogen A dan aglutinogen B. Sedangkan aglutinin terbagi menjadi alfa (α) dan beta (β). Aglutinin α menghasilkan aglutinasi terhadap aglutinogen A dan aglutinin β menghasilkan

aglutinasi terhadap aglutinogen B (Burhanuddin, 2019). Sedangkan serum yang mengandung antibodi Rh merupakan antibodi jenis Imunoglobulin G (IgG) yang terbentuk akibat paparan terhadap darah Rh positif, yang umumnya terjadi melalui kehamilan atau transfusi darah. Individu dengan golongan darah Rh negatif (mengandung antibodi D) yang terpapar darah Rh positif (mengandung antigen D) akan terjadi reaksi imunologis menghasilkan aglutinasi (Roback *et al.*, 2008).

Pemeriksaan golongan darah menggunakan serum dilakukan dengan memanfaatkan serum dari individu bergolongan darah A sebagai sumber antibodi terhadap antigen B (anti-B), serum dari golongan darah B sebagai antibodi terhadap antigen A (anti-A), dan serum dari golongan darah O sebagai antibodi terhadap antigen A dan B (anti-AB). Meskipun metode ini dapat digunakan, dalam praktik laboratorium modern, pendekatan ini jarang diterapkan karena penentuan golongan darah sistem ABO lebih sering menggunakan reagen antisera yang telah diformulasikan secara komersial. Prinsip dasar dari pemeriksaan golongan darah adalah terjadinya reaksi aglutinasi ketika antigen spesifik pada sel darah merah bertemu dengan antibodi yang sesuai. Antibodi tersebut terdapat di dalam serum karena antibodi golongan darah merupakan bagian dari protein globulin yang berperan dalam sistem kekebalan tubuh secara alami (Mitra *et al.*, 2019).

9 Golongan darah manusia ditentukan oleh adanya antigen pada membran luar eritrosit yang disebut aglutinogen. Sementara itu, zat penangkal antigen dikenal sebagai antibodi (aglutinin), yaitu antibodi alami yang terdapat di dalam serum. Apabila bertemu dengan antigen yang sesuai, antibodi tersebut akan menimbulkan reaksi aglutinasi (Melati *et al.*, 2011).

2 Ikatan antara antigen dan antibodi terjadi karena adanya ikatan kimia yang sangat spesifik di antara keduanya. Antibodi memiliki bagian khusus yang disebut situs pengikatan antigen, yang dirancang untuk mengenali dan berikatan dengan antigen tertentu. Saat antigen masuk ke dalam tubuh, sel B akan memproduksi antibodi yang sesuai. 2 Antibodi ini kemudian menyebar melalui darah dan jaringan untuk menemukan antigen yang cocok. 2 Ketika antibodi bertemu dengan antigen yang sesuai, keduanya akan berikatan melalui interaksi yang kuat dan spesifik. Proses ini memainkan peran penting dalam sistem imun, termasuk menetralkan atau menghancurkan antigen, memicu peradangan, serta mengaktifkan berbagai mekanisme pertahanan tubuh terhadap patogen. Selain perannya dalam imunologi, prinsip interaksi antara antigen dan antibodi juga dimanfaatkan dalam berbagai metode diagnostik, seperti tes imunologi, yang menggunakan antibodi khusus untuk mendeteksi keberadaan antigen dalam sampel darah atau jaringan (Moshnikova *et al.*, 2019).

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium RSKD Dadi Provinsi Sulawesi Selatan sebagai tempat utama pelaksanaan penelitian. Adapun pengumpulan sampel dilakukan di empat lokasi, yaitu RSUD Labuang Baji, RS Stella Maris Makassar, RSKD Dadi, dan komunitas Rh negatif bagian Sulselbar. Dari keempat lokasi tersebut, diperoleh sebanyak 115 sampel yang memenuhi kriteria inklusi.

Pelaksanaan penelitian dilakukan secara bertahap berdasarkan kegiatan harian yang telah dirancang sebelumnya. Pada hari pertama peneliti melakukan koordinasi awal dengan petugas laboratorium, sekaligus menyiapkan alat dan bahan yang akan digunakan. Hari kedua dilanjutkan dengan pengumpulan sampel secara bertahap dan dilakukan pembuatan antisera pengembangan, diperoleh anti-A diperoleh 4 tabung (± 8 ml), anti-B diperoleh 6 tabung (± 12 ml), anti-AB diperoleh 5 tabung (± 10 ml), anti-D diperoleh 2 tabung (± 6 ml), Seluruh antisera tersebut disimpan dalam suhu kulkas ($2-8^{\circ}\text{C}$) dan diberi kode R1 untuk menjaga stabilitas antibodi sebelum dilakukan pengujian pada sampel darah.

Hari ketiga, proses pengumpulan dan pembuatan antisera pengembangan kembali dilanjutkan. Hasil yang diperoleh pada hari ini menunjukkan peningkatan volume antisera yang signifikan. Diperoleh anti-A sebanyak 8 tabung (± 16 ml), anti-B sebanyak 3 tabung (± 6 ml), dan anti-AB sebanyak 6 tabung (± 12 ml). Seluruh antisera disimpan dalam suhu ruang ($15-25^{\circ}\text{C}$) dan diberi kode R2 untuk melihat

kestabilan antibodi sebelum dilakukan pengujian lebih lanjut. Namun, pada tahap ini terjadi penurunan kualitas antisera yang diduga disebabkan oleh perubahan suhu secara drastis setelah antisera didiamkan selama 3 jam pada suhu 30 °C. Perubahan ini berdampak pada perbedaan hasil tingkat aglutinasi. Untuk menanggulangi hal tersebut, dilakukan perbandingan penyimpanan antara suhu kulkas (kode R1) dan suhu ruang (kode R2). Hasil pengamatan menunjukkan bahwa tidak semua jenis antisera mengalami ketidakstabilan, antisera anti-AB tetap menunjukkan kestabilan yang baik meskipun disimpan pada suhu ruang.

Hari keempat, fokus kegiatan diarahkan pada pengambilan spesimen darah Rh negatif dan dilakukan pembuatan antisera anti-D. Diperoleh sebanyak 4 tabung anti-D (± 12 ml). Penambahan volume ini penting untuk memastikan ketersediaan antisera dalam pengujian golongan darah dengan sistem Rh.

Hari kelima, produksi antisera kembali ditingkatkan seiring dengan bertambahnya jumlah sampel yang tersedia. Diperoleh Anti-A sebanyak 4 tabung (± 8 ml), anti-B sebanyak 12 tabung (± 24 ml), dan anti-AB sebanyak 13 tabung (± 26 ml). Volume yang dihasilkan menunjukkan bahwa serum sisa dari berbagai sumber dapat digunakan secara efektif untuk menghasilkan antisera alternatif.

Selanjutnya, pada hari keenam, diperoleh hasil tertinggi selama pelaksanaan penelitian. Produksi antisera mencapai 13 tabung

anti-A (± 26 ml), 13 tabung anti-B (± 26 ml), dan 16 tabung anti-AB (± 32 ml). Peningkatan volume ini menunjukkan bahwa dengan jumlah sampel yang mencukupi dan pengolahan yang optimal, serum sisa mampu memberikan hasil yang cukup untuk digunakan dalam pengujian golongan darah.

11 Hari ketujuh, dilakukan proses pencampuran seluruh antisera yang telah diperoleh dari hari-hari sebelumnya. Pencampuran dilakukan secara terpisah berdasarkan jenis antibodi yaitu anti-A, anti-B, anti-AB, dan anti-D dengan tujuan memperoleh volume yang lebih besar dan kandungan antibodi yang lebih merata. Langkah ini bertujuan untuk meningkatkan konsistensi reaksi aglutinasi, mengingat setiap sampel serum sisa memiliki kadar imunoglobulin yang berbeda-beda. Setelah proses pencampuran, dilakukan sentrifugasi terhadap masing-masing campuran antisera untuk mengendapkan benang fibrin yang terbentuk selama proses penyimpanan.

14 Setelah proses pencampuran telah dilakukan, tahap selanjutnya adalah pengujian tingkat aglutinasi dari antisera pengembangan. Pengujian ini dilakukan dengan membandingkan tingkat aglutinasi antisera pengembangan dengan antisera komersial (*gold standard*). Penilaian tingkat aglutinasi dilakukan menggunakan *scoring (likert scale)* yaitu 0 (tidak terjadi aglutinasi, cairan homogen), +1 (terjadi aglutinasi yang sangat banyak dan halus), +2 (terjadi aglutinasi yang sangat banyak dan kasar, cairan agak keruh), +3

(terjadi aglutinasi yang terpecah, cairan jernih) dan +4 (terjadi aglutinasi besar, bersatu, cairan jernih).

Adapun hasil penelitian menunjukkan bahwa pemeriksaan golongan darah pada 115 sampel, sebagaimana hasil pada tabel 4.1, menunjukkan distribusi frekuensi golongan darah diperoleh golongan darah O sebanyak 41 sampel (35,66%), golongan darah A sebanyak 35 sampel (30,43%), golongan darah B sebanyak 28 sampel (24,35%), dan golongan darah AB sebanyak 11 sampel (9,56%). Sementara itu, untuk sistem Rh, mayoritas sampel memiliki Rh positif sebanyak 112 sampel (97,39%), dan hanya 3 sampel (2,61%) yang menunjukkan Rh negatif. Hasil ini menunjukkan kesesuaian dengan data distribusi golongan darah secara umum di Indonesia, di mana golongan darah O dan Rh positif diketahui sebagai golongan yang paling dominan. Berdasarkan penelitian yang dilakukan Grace (2024), persentase golongan darah penduduk Indonesia terdiri atas golongan darah O sebesar 48%, A sebesar 22%, B sebesar 23%, dan AB sebesar 7%. Sementara itu, distribusi Rh menunjukkan bahwa sebanyak 98,72% penduduk Indonesia memiliki golongan darah Rh positif, dan hanya 1,28% yang Rh negatif. Kesesuaian hasil penelitian dengan data nasional ini memperkuat validitas penggunaan serum sisa sebagai sampel dalam pengembangan antisera.

Efektivitas antisera pengembangan dibandingkan dengan antisera komersial dapat ditinjau melalui distribusi tingkat aglutinasi.

57 Pada tabel 4.2, distribusi frekuensi tingkat aglutinasi menunjukkan bahwa antisera komersial anti-A yang diuji pada 25 sampel, yang terdiri dari golongan darah A dan AB memberikan reaksi aglutinasi maksimum sebesar +4 pada seluruh sampel. Hal ini menandakan bahwa reaktivitas antisera komersial sangat tinggi dan mampu mengenali antigen A dengan baik pada membran eritrosit. Sementara itu, antisera pengembangan anti-A juga menunjukkan reaksi aglutinasi yang tinggi, dengan hasil aglutinasi berkisar antara +3 hingga +4. Meskipun terdapat beberapa sampel yang mengalami penurunan intensitas aglutinasi menjadi +3. Namun demikian, hasil interpretasi akhir penentuan golongan darah tetap konsisten, tanpa adanya perbedaan secara klinis antara antisera komersial dan antisera pengembangan.

Hal serupa juga ditunjukkan pada hasil tabel 4.3 yang membandingkan distribusi frekuensi tingkat aglutinasi antara antisera pengembangan anti-B dan antisera komersial anti-B. Sebanyak 25 sampel golongan darah B dan AB yang diuji, menunjukkan aglutinasi maksimal +4 dengan antisera komersial, sedangkan antisera pengembangan menunjukkan aglutinasi dengan intensitas berkisar antara +3 hingga +4. Penurunan kekuatan aglutinasi yang terjadi pada beberapa sampel tidak mempengaruhi hasil interpretasi golongan darah. Dengan demikian, meskipun terdapat perbedaan kecil dalam kekuatan aglutinasi, efektivitas antisera pengembangan tetap berada

dalam kategori baik dan dapat dipertimbangkan sebagai alternatif pengganti antisera komersial.

Berdasarkan Tabel 4.4, distribusi frekuensi tingkat aglutinasi yang diperoleh dari pemeriksaan menggunakan antisera pengembangan anti-AB menunjukkan hasil yang sangat baik. Sebanyak 38 sampel dari golongan darah A, B, dan AB menunjukkan tingkat aglutinasi maksimal +4, baik dengan antisera pengembangan maupun antisera komersial. Hal ini membuktikan bahwa antibodi dalam antisera pengembangan anti-AB mampu berikatan dengan baik terhadap antigen A dan B yang terdapat pada eritrosit, sehingga memiliki efektivitas yang setara dengan antisera komersial dalam mendeteksi kedua antigen tersebut.

Sementara itu, berdasarkan tabel 4.5 pemeriksaan menggunakan antisera pengembangan anti-D terhadap 43 sampel dengan golongan darah Rh positif menunjukkan hasil yang sangat konsisten. Seluruh sampel menunjukkan aglutinasi +4, baik dengan antisera komersial maupun antisera pengembangan. Hasil ini menunjukkan bahwa serum sisa yang diperoleh dari individu Rh negatif yang sebelumnya telah mengalami paparan antigen D—misalnya melalui proses kehamilan atau transfusi—mengandung antibodi D yang aktif. Antibodi tersebut dapat memberikan reaksi aglutinasi yang optimal, sehingga berfungsi secara efektif sebagai antisera anti-D.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa antisera pengembangan yang dibuat dari serum sisa memiliki efektivitas yang cukup tinggi, terutama pada antisera anti-AB dan anti-D yang menunjukkan kesetaraan penuh dengan antisera komersial. Meskipun terjadi sedikit penurunan intensitas aglutinasi pada antisera anti-A dan anti-B, hasil interpretasi golongan darah tetap konsisten dan akurat. Oleh karena itu, serum sisa terbukti memiliki potensi yang kuat sebagai bahan alternatif dalam pembuatan antisera untuk pemeriksaan golongan darah, sekaligus mendukung upaya pemanfaatan limbah biologis yang aman dan bermanfaat secara klinis.

Tabel 4.6 menunjukkan analisis statistik menggunakan uji Wilcoxon sebagai bentuk validasi terhadap hasil efektivitas tingkat aglutinasi menggunakan antisera pengembangan yang dibandingkan dengan antisera komersial, uji ini bertujuan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan yang signifikan antara efektivitas antisera pengembangan dengan antisera komersial, berdasarkan tingkat aglutinasi yang dihasilkan pada masing-masing jenis antisera. Hasil pengujian menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara kedua jenis antisera pada pemeriksaan menggunakan anti-AB ($p=1,000$) dan anti-D ($p=0,317$) ($p>0,05$). Nilai p yang melebihi 0,05 menunjukkan bahwa secara statistik, efektivitas aglutinasi antisera pengembangan setara dengan antisera komersial dalam mendeteksi antigen AB dan D. Hal ini mengindikasikan bahwa

19 serum sisa dapat digunakan secara efektif untuk menghasilkan antibodi gabungan anti-A dan anti-B (anti-AB), serta antibodi D, dengan performa yang tidak berbeda secara signifikan dari antisera standar komersial.

161 Namun demikian, hasil berbeda ditemukan pada pemeriksaan menggunakan antisera anti-A dan anti-B, di mana nilai p masing-masing adalah ($p=0,046$) dan ($p=0,025$) ($p<0,05$). Keduanya berada di bawah ambang batas signifikansi 0,05, yang berarti terdapat perbedaan yang signifikan secara statistik antara antisera pengembangan dan antisera komersial pada kedua jenis antisera ini. 113 Perbedaan tersebut mengindikasikan adanya penurunan ringan dalam tingkat aglutinasi pada antisera pengembangan, yang mungkin disebabkan oleh variasi kadar antibodi alami dalam serum sisa atau faktor-faktor lain seperti teknik penyimpanan dan proses inaktivasi.

Meskipun demikian, penting untuk dicatat bahwa perbedaan tersebut tidak mempengaruhi hasil akhir interpretasi golongan darah secara klinis, karena tidak ditemukan kesalahan dalam klasifikasi golongan darah pada semua sampel. Dengan demikian, hasil ini tetap menunjukkan bahwa antisera pengembangan dari serum sisa memiliki efektivitas yang cukup baik dan masih dapat diandalkan untuk digunakan dalam pemeriksaan golongan darah, khususnya dalam kondisi keterbatasan akses terhadap antisera komersial.

Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa serum sisa memiliki potensi yang kuat sebagai bahan dasar pembuatan antisera alternatif, terutama untuk antisera anti-AB dan anti-D yang terbukti setara dengan produk komersial dalam hal efektivitas aglutinasi. Pemanfaatan serum sisa sebagai antisera juga mendukung prinsip pengelolaan limbah medis yang berkelanjutan, serta memberikan solusi yang lebih ekonomis dan efisien dalam praktik laboratorium klinik. Namun, untuk dapat digunakan secara luas, diperlukan standarisasi proses produksi, kontrol mutu yang ketat, serta uji validasi lanjutan guna memastikan keamanan, kestabilan, dan konsistensi efektivitas antisera pengembangan dalam jangka panjang.

9 Penelitian Oktari dan Silvia (2016) menyatakan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara penggunaan reagen antisera dan serum dalam pemeriksaan golongan darah. Perbedaan hasil tersebut disebabkan oleh perbedaan komposisi antibodi di dalamnya. Antibodi dalam reagen antisera bersifat murni dan spesifik, sementara serum mengandung antibodi bersama dengan berbagai jenis protein lain. Kehadiran protein tambahan dalam serum ini dapat memengaruhi reaksi aglutinasi, sehingga menghasilkan tingkat aglutinasi yang berbeda dibandingkan dengan antisera murni (Shaz *et al.*, 2013). Penelitian lain yang dilakukan Abror (2023) menyatakan terdapat perbedaan satu tingkat dalam skor aglutinasi pada pemeriksaan golongan darah A, B, dan AB antara penggunaan reagen

7

18 antisera komersial dan antisera yang berasal dari serum disebabkan oleh perbedaan kadar antibodi. Antisera yang diperoleh dari serum mengandung antibodi dalam jumlah lebih rendah dibandingkan dengan reagen antisera komersial, sehingga reaksi aglutinasi yang dihasilkan menunjukkan grade yang lebih rendah ketika menggunakan antisera dari serum.

183 Menurut penelitian yang dilakukan oleh Rahman *et al.* (2019), pemeriksaan golongan darah menggunakan antisera komersial menghasilkan reaksi positif dengan kadar aglutinasi +4 ketika terjadi interaksi antara antigen dan antibodi, serta menunjukkan hasil negatif bila tidak ada aglutinasi. Sebaliknya, penggunaan serum dari golongan darah A, B, dan O sebagai antisera menunjukkan aglutinasi ringan (+1) pada sampel yang seharusnya tidak bereaksi, serta aglutinasi sedang (+3) pada sampel yang seharusnya menunjukkan aglutinasi kuat. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan serum sebagai antisera memiliki konsistensi yang lebih rendah dibandingkan dengan antisera komersial. Selain itu, konsentrasi antigen dan antibodi turut mempengaruhi kekuatan reaksi aglutinasi—semakin banyak antibodi yang berikatan dengan antigen pada permukaan eritrosit, maka semakin kuat pula reaksi aglutinasi yang terjadi, dan sebaliknya (Rahman *et al.*, 2019).

7 Serum tidak hanya mengandung antibodi dalam bentuk globulin atau imunoglobulin yang berperan dalam pemeriksaan

7 golongan darah, tetapi juga mengandung protein lain seperti albumin dan fibrinogen. Kehadiran protein-protein tambahan ini menyebabkan antibodi dalam serum menjadi kurang spesifik terhadap antigen golongan darah. Akibatnya, reaksi aglutinasi yang dihasilkan cenderung memiliki kadar yang lebih rendah dibandingkan dengan hasil yang diperoleh menggunakan reagen antisera komersial (Mulyantari, 2016).

Pemanfaatan serum sisa sebagai alternatif pengganti antisera ABO dan Rh dalam penentuan golongan darah memerlukan pengembangan yang lebih lanjut. Faktor-faktor seperti stabilitas penyimpanan, sterilisasi untuk mencegah kontaminasi, pemurnian antibodi, serta standarisasi dosis dan kekuatan aglutinasi perlu diperhatikan. Penelitian lanjutan dapat melibatkan metode penguatan antibodi menggunakan teknik laboratorium modern seperti pemekatan protein, elektroforesis, atau penggunaan metode enzimatik untuk meningkatkan kualitas reagen.

Keterbatasan dalam penelitian ini yaitu aspek penyimpanan dan stabilitas serum sisa yang digunakan sebagai bahan alternatif dalam pembuatan antisera pengembangan. Serum yang berasal dari limbah laboratorium berpotensi mengalami degradasi komponen aktif, terutama jika tidak disimpan dalam kondisi suhu yang tepat atau digunakan dalam rentang waktu yang lama. Perubahan ini secara tidak langsung dapat memengaruhi daya aglutinasi serum terhadap antigen

golongan darah, sehingga hasil pengujian bisa mengalami variabilitas yang tidak terkontrol.

Selain itu, diperlukan volume serum dalam jumlah besar dan memerlukan proses sentrifugasi untuk mengendapkan benang fibrin yang terbentuk selama penyimpanan. Disisi lain, setiap sampel serum memiliki kandungan imunoglobulin yang bervariasi, sehingga diperlukan penggabungan dari beberapa serum untuk mendapatkan efektivitas reaksi yang optimal, yang tentu menambah kompleksitas dalam proses standarisasi.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa serum sisa dapat digunakan sebagai alternatif pengganti antisera ABO dan Rh dalam penentuan golongan darah, yang mana hal tersebut dapat dijabarkan sebagai berikut :

1. Prosedur pembuatan antisera pengembangan dilakukan dengan mengumpulkan serum sisa dari tabung plain yang telah diketahui golongan darahnya, memiliki volume minimal 2 ml, serta telah dilakukan skrining penyakit menular. Serum dari golongan darah B digunakan sebagai anti-A, golongan darah A sebagai anti-B, golongan darah O sebagai anti-AB, dan golongan darah Rh negatif sebagai anti-D. Seluruh serum kemudian dipipet ke dalam tabung reaksi, dan siap digunakan sebagai antisera pengembangan.
2. Distribusi frekuensi hasil pemeriksaan golongan darah pada 115 sampel penelitian ditemukan pada golongan darah O (35,66%), golongan darah A (30,43%), golongan darah B (24,35%), dan golongan darah AB (9,56%). Kemudian untuk penggolongan darah Rh ditemukan pada Rh positif (97,39%), sedangkan pada Rh negatif ditemukan (2,61%).
3. Antisera pengembangan anti-AB dan anti-D memiliki efektivitas tingkat aglutinasi yang sama dengan antisera komersial yaitu +4

sedangkan pada anti-A dan anti-B menunjukkan efektivitas tingkat aglutinasi +3 hingga +4, memiliki efektivitas tingkat aglutinasi lebih rendah dari antisera komersial yang mencapai +4.

4. Tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara antisera komersial dan antisera pengembangan anti-AB maupun anti-D, yang menunjukkan bahwa kedua jenis antisera memiliki kemampuan aglutinasi yang sebanding, sedangkan terdapat perbedaan yang signifikan antara kedua jenis antisera untuk anti-A dan anti-B sehingga antisera pengembangan pada kategori ini belum sepenuhnya dapat menggantikan antisera komersial dan masih memerlukan pengembangan lebih lanjut.

B. Saran

1. Serum sisa yang biasanya dibuang setelah pemeriksaan laboratorium sebaiknya dipertimbangkan untuk dimanfaatkan kembali, karena masih mengandung antibodi yang dapat digunakan sebagai bahan dasar pembuatan antisera, khususnya untuk penentuan golongan darah. Pemanfaatan ini dapat membantu mengurangi limbah medis dan menjadi alternatif yang lebih hemat biaya bagi laboratorium dengan keterbatasan reagen.
2. Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengevaluasi stabilitas serum sisa sebagai antisera dengan variasi suhu penyimpanan (suhu kulkas, suhu ruang, atau suhu beku) dan lama penyimpanan untuk mengetahui durasi optimal efektivitas antibodi dalam serum.

3. Diperlukan analisis kuantitatif terhadap kadar antibodi anti-A, anti-B, anti-AB, dan anti-D dalam serum sisa menggunakan metode seperti ELISA atau spektrofotometri, untuk mengetahui korelasi kadar antibodi dengan kekuatan aglutinasi yang dihasilkan.
4. Untuk meningkatkan kekuatan aglutinasi, disarankan melakukan metode konsentrasi atau pemurnian antibodi (misalnya melalui presipitasi atau sentrifugasi ultrafiltrasi) untuk memperoleh serum dengan konsentrasi antibodi yang lebih tinggi.
5. Untuk peneliti selanjutnya, disarankan agar melakukan penelitian lebih lanjut terkait uji stabilitas pemanfaatan serum sisa yang digunakan sebagai bahan alternatif antisera, terutama dalam kondisi penyimpanan yang berbeda-beda. Penelitian lanjutan juga dapat mencakup optimasi metode penggabungan sampel serum agar menghasilkan reaktivitas aglutinasi yang konsisten.

DAFTAR PUSTAKA

- Abror, Yogi. 2023. "Pemeriksaan Golongan Darah Abo Menggunakan Homemade Antiserum Serum dan Plasma." *Jurnal Riset Kesehatan Poltekkes Depkes Bandung* 15(1): 186–92. doi:10.34011/juriskesbdg.v15i1.2199.
- Aldi, Y. Wahyuni, S, F. Dillasamola, D. Bradriyya, E. Srangenge, Y. (2023) *Buku Ajar Serologi imunologi*. ISBN : 978-623-172-139-6. Andalas University Press
- Alivameita, Andika dan Puspitasari. 2020. *Buku Ajar Mata Kuliah*. Umsida Press Sidoarjo Universitas.
- Amalia, Y., & Widuri, S. (2020). Manajemen Mutu Pelayanan Darah bagi Teknisi dan Mahasiswa Teknologi Bank Darah. Surabaya: Scopindo Media Pustaka.
- Astuti, Y., & Artini, D. (2019). Pemeriksaan Golongan Darah dan Kadar Hemoglobin Pada Calon Pendonor Darah di Pulsatur, Playen, Gunung Kidul. *Jurnal Pemberdayaan: Publikasi Hasil Pengabdian Kepada Masyarakat*, 3(3), 433–438. <https://doi.org/10.12928/jp.v3i3.1216>
- Behring, E, V., 2014. Karakteristik penyakit, Obat dan toksin, Infeksi dan kekebalan, Teknologi medis, Pengembangan vaksin. <https://www.animalresearch.info/en/>.
- Burhanuddin, Hamam, Iai Sunan, and Giri Bojonegoro. 2019. "Pola Asuh Orang Tua Terhadap Anak Berdasarkan Golongan Darah (Tinjauan Analisis Islamic Studies)." *Jurnal Pendidikan Islam* 4: 114–29. www.komnaspaspa.or.id.
- Darwin, E., Elvira, D. and Elfi, E.F. (2021) *Imunologi dan Infeksi*, andalas University Press.
- Endang Pratiwi, Ni Ken Ritchie, and Heri Wibowo. 2023. "Deteksi Varian Rhesus Dweak Pada Populasi Rhesus Negatif Di Provinsi DKI Jakarta." *Media Ilmu Kesehatan* 11(2): 1–6. doi:10.30989/mik.v11i2.744.
- Fatimah, S., Akmal Surur, M., Rohmah, A., Fuadela Khumaera, dan, Biokimia Jurusan Biologi Fakultas Sains dan Teknologi, L., Islam Negeri Walisongo, U., & Author, C. (2019). *Koagulasi Dan Komposisi Darah*.
- Faruq, Zulfikar Husni. 2015. Modul 3: Serologi Golongan Darah. Banten: Poltekkes Jakarta 3.
- Hall J. E and C. Guyton 2016. *Guyton and Hall Textbook of Medical Physiology. Rhiirteen edition*. Philadelphia: Elsiever, hal-445-454
- He, K.-Y., Xu, J., & Zhang, M. (2021). [Three Novel Blood Group Systems Registered by ISBT in 2019 --Review]. *Zhongguo shi yan xueye xue za zhi*, 29(1), 283–287. <https://doi.org/10.19746/j.cnki.issn.1009-2137.2021.01.047>
- Heriwati, Fera Meliyanti, and Yudi Budianto. 2023. "Pengelolaan Limbah Medis Di Rumah Sakit Berdasarkan Pengetahuan Dan Sikap."

- Jurnal Ilmiah Multi Science Kesehatan* 15(2): 216–24.
<https://jurnal.stikes-aisyiyah-palembang.ac.id/index.php/Kep/article/view/>
- Hoffman, R., Benz Jr., E. J., Silberstein, L. E., Heslop, H. E., Weitz, J. I., & Anastasi, J. (2012). *Hematology - Basic Principles & Practice*. (J. Fletcher, Ed.) (6th ed.). Philadelphia: Elsevier Inc.
- John W. Kimball. 2010. Serum Darah.
<https://web.archive.org/web/20091008113901/http://users.rcn.com/jkimball.ma.ultranet/BiologyPages/B/Blood.html>. Diakses tanggal 18 Januari Pukul 17.12 WITA
- Jun F (2023) *Importance and Functions of Antigens in Immune System*. Immunogenet Open Access.8:197
- Khasanah, U. 2015. Pengaruh Penundaan Pemeriksaan Serum Terhadap Kadar Asam Urat. Karya Tulis Ilmiah. Universitas Muhammadiyah Surabaya, Surabaya.
- Khoirunnisa, Ria. 2024. "Sosialisasi Dan Pemeriksaan Golongan Darah Sistem Abo Di Kelurahan Sukapura Bandung." *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat* 2(2): 129–36. doi:10.59820/pengmas.v2i2.165.
- Linse, S., Scheidt, T., Bernfur, K., Vendruscolo, M., Dobson, C. M., Cohen, S. I. A., Sileikis, E., Lundqvist, M., Qian, F., O'Malley, T., Bussiere, T., Weinreb, P. H., Xu, C. K., Meisl, G., Devenish, S. R. A., Knowles, T. P. J., and Hansson, O. (2020) Kinetic fingerprints differentiate the mechanisms of action of anti-Aβ antibodies. *Nature Structural & Molecular Biology* 27(12): 1125–1133.
- Liu, J., Wang, Y., Min, Q., Xiong, E., Heyman, B., and Wang, J. Y. (2020) *Regulation of Humoral Immune Responses and B Cell Tolerance by the IgM Fc Receptor (FcμR)*. *Advances in experimental medicine and biology* 1254: 75–86.
- Luthfianto, Dodik., Cut, Indriputri., Purwoto, Ady., Padoli., Ambawarwati, Rini., Faizal, I, A., Taufiqurrahman, M., Husen, F., Witriyani., Supriatin, T., Rahmi, A, . (2023) *Buku Ajar Immunologi*. Science Techno Direct, Pangkalpinang. ISBN: 978-623-09-2145-2
- Machine (2021) Persyaratan, Memenuhi, Potensi Fda, and Ringkasan Penjelasan. 1939. "Machine Translated by Google Reagen Pengelompokan Darah Anti-D (Dvi) (Monoklonal) Ortho Tm Sera Machine Translated By Google." (Dvi): 1–9
- Maharani, E. dan Noviar, G., 2018. *Bahan Ajar Teknologi Laboratorium Medis (TLM) Imunohematologi dan Bank Darah*. Jakarta: Kemenkes RI.
- MedlinePlus, 2020. "*Immune system and disorders*" US National Institute of Medicine. 28 September 2020. Diakses tanggal 17 Januari 2025 pukul 02.19 WITA.
- Melati, E., Passarella, R., Primatha, R., & Mardiansyah, A. (2011). Desain dan Pembuatan Alat Pendeteksi Golongan Darah Menggunakan Mikrokontroler. *Jurnal Generic*, 6(2).
<https://journall.portallgalrudal.org/index.php/generic/article/view/13>

0

- Mitra, M., Mishra, N., Rat, G.P. 2019. Blood Group System. <http://www.ijaweb.org>.
- Moshnikova, A., Maksimchuk, V., Lapin, S., Nazarov, V., Surkova, E., Novikov, S., Makshakov, G., Krutetskaya, I., Krasnov, V., Kushnir, Y., and Neofidov, N. (2019) Diagnostic significance of intrathecally synthesized immunoglobulins against neurotropic viruses (MRZ-reaction) in diagnosis of multiple sclerosis. *Russian Journal of Infection and Immunity* 9(5–6): 703–712.
- Mulyantari, N. K., dan Yasa, I, W, S, P.,. Laboratorium Pratransfusi Up Date. [e book]. Bali: Udayana University. 2016. Tersedia di <http://udayanapress.unud.ac.id> [28 September 2019].
- Nadarajan, Veera. S. 2023 Analisis Serologis Antigen Rh. Dapartemen Ilmu Prakinis, Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan, Universitas Tunku Abdul Rahman. Malaysia. <https://aob.amegroups.org/article/view/8453/htmla>
- Naim, Nurlia. 2015. “Pengaruh Variasi Pengenceran Antisera Terhadap Hasil Pemeriksaan Golongan Darah ABO Landstainer.” *Media Analis Kesehatan* 6(1): 27–34.
- Natsir, R. M. (2022). Penyuluhan Tentang Pentingnya Pemeriksaan Golongan Darah Dengan Media Booklet di SD Negeri 1 Passo. *Selaparang: Jurnal Pengabdian Masyarakat Berkemajuan*, 6(1), 341-344.
- Nugraha, G. 2015. Panduan Pemeriksaan Laboratorium Hematologi Dasar. Jakarta: CV Trans Info Medika
- Nuraini, Fatia Rizki, Nina Difla Muflikhah, and Siti Nurkasanah. 2022. “Pemeriksaan Golongan Darah Sistem Abo Rhesus Pada Mahasiswa Stikes Rajekwesi Bojonegoro.” *Jurnal Abdi Insani* 9(2): 489–96. doi:10.29303/abdiinsani.v9i2.566.
- Oktari, A. dan Silvia, N. D. Pemeriksaan Golongan Darah Sistem ABOMetode Slide Dengan Reagen Serum Golongan Darah A, B, O. *Jurnal Teknologi Laboratorium*. 2016; 5(2): 49-54. Tersedia di www.tknolabjournal.com [05 September 2019].
- Pasaribu, D. (2016) Heterogenitas pada Struktur Genotipe Hepatitis C Virus. *Jurnal Kedokteran Meditek* 22(59): 1–6.
- Permenkes.2013. Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No:43 Tahun 2013 Tentang Cara Penyelenggaraan Laboratorium Klinik yang Baik. Jakarta: Menteri Kesehatan RI.
- Putri, G.S.A., Halmi, M.F. and Ardianto, C.E. (2022) ‘Sosialisasi Urgensi Pemeriksaan Golongan Darah di Masa Pandemi Pada Warga Tambak Bulusan Demak’, *Jurnal Inovasi Dan Pengabdian Masyarakat Indonesia*, 1(HKN), pp. 6–9. Available at: <https://doi.org/10.26714/jipmi.v1ihkn.94>.
- Rahman, I., Darmawati, S., Kartika, A. I. (2019). Penentuan Golongan Darah Sistem ABO dengan Serum dan Reagen Anti-Sera Metode Slide. *Gaster* (17):1. Doi : <https://doi.org/10.30787/gaster.v17i1.330>

- Raehun, Yaunan Jiwintarum, dan Iswari Fauzi. 2019. "Pengaruh Waktu Penyimpanan Antisera terhadap Daya Aglutinasi Metode Slide." *Jurnal Analis Medika Biosains (JAMBS)* 6(1): 16. doi:10.32807/jambs.v6i1.120.
- Rezki, Kirana Eka, Rike Oktarianti, Hidayat Teguh Wiyono, and Purwatiningsih Purwatiningsih. 2021. "Distribusi Dan Frekuensi Alel Golongan Darah Sistem ABO Dan Rhesus Pada Penduduk Pulau Gili Ketapang Probolinggo." *Biosaintropis (Bioscience-Tropic)* 7(1): 91–96. doi:10.33474/e-jbst.v7i1.452.
- Roback dkk. Manual Teknis AABB, Edisi ke-16. Bethesda, AABB Press, 2008.
- Rosita, Linda, Abrory Agus Cahya, and F athiya Rahma Arfira. 2019. Universitas Islam Indonesia Hematologi Dasar.
- Sa'adah, Sumiyati (2018) Sistem Peredaran Darah Manusia, (Bandung : UIN Sunan Gunung Djati, 2018), 4. <http://digilib.uinsgd.ac.id> (12 Januari 2021)
- Sacher, R. A., and R. A. McPerson. 2012. Tinjauan Klinis Hasil Pemeriksaan Laboratorium, 11/E; Alih bahasa, Brahm U, Dewi Wulandari. Jakarta: EGC.
- Shaz, BH., Hillyer, CD., Roshal, M., Abrams, CS. 2013. Transfusion Medicine and Homeostasis. Elsevier Inc. London.
- Setiawan, H. 2024. Struktur Fungsi Darah, Kelenjar Limfa Dan Imunitas.
- Sippert E, Volkova E, Meagan, Gregory A. Denomme, Willy A., Christine L, Richardae A, Orijei I, Zhugong L, Maria R. (2024) *DNA Reference Reagents for Genotyping RH Variants*. <https://doi.org/10.1016/j.jmoldx.2024.02.005>
- Sop Pemeriksaan Golongan Darah Abo Dan Rhesus Metode Slide Test | TOAZ.INFO. (n.d.). Retrieved October 14, 2022, from <https://toaz.info/docview>
- Syarifah, Prasetyaswati, B., Utami, M.N., 2020. Hematologi Dasar. PT Cipta Gadhing Artha: Jakarta. ISBN: 978-623-7689-60-7
- Tanner, R., Villarreal-Ramos, B., Vordermeier, H. M., and McShane, H. (2019) *The Humoral Immune Response to BCG Vaccination*. *Frontiers in Immunology* 10(1317): 1–19.
- Tirtana, A., Prasetyaswati, B., Riawati, D., Roosarjani, C., & Saraswati, K. D. (2023). *Buku Ajar Pelayanan Darah*. Penerbit NEM.
- Tortora, G. J., & Derrickson, B. (2012). Principles of Anatomy and Physiology. (B. Roesch, Ed.) (12th ed.). New Jersey: John Wiley & Sons, INC.
- Tsukamoto, M. et al. (2011) *Molecular Medicine Reports* 4 (2), 209–214.
- Utami, S, N. 2023. Ulasan Microbe Notes Artikel ini telah tayang di [Kompas.com](https://www.kompas.com) dengan judul "Perbedaan Serum dan Plasma Darah", <https://www.kompas.com/skola/read/2023/05/06/150000269/perbedaan-serum-dan-plasma-darah>. Diakses 16 Januari 2025 Pukul 00.07 WITA.
- Wulandari, Shely Dwi, Siti Najah Ghoida, Syifa Pangastuti, Ulfatun Ni'mah,

- Frida Nora Ayu Basri, Much. Fuad Saifuddin, and Etika Dyah Puspitasari. 2022. "Pengelolaan Limbah Laboratorium Biologi Sma Di Kabupaten Bantul, D.I. Yogyakarta." *Didaktika Biologi: Jurnal Penelitian Pendidikan Biologi* 6(2): 105. doi:10.32502/dikbio.v6i2.4769.
- Zaiss, D., Verbeek, S., Vukovic, N., and Elsas, A. van (2020) Isotype selection for antibody-based cancer therapy. Authorea Preprints : 1–17. doi:10.22541/AU.159647172.29603104
- Zhu, H., Bhatt, B., Sivaprakasam, S., Cai, Y., Liu, S., Kodeboyina, S. K., Patel, N., Savage, N. M., Sharma, A., Kaufman, R. J., Li, H., and Singh, N. (2019) *Ufbp1 promotes plasma cell development and ER expansion by modulating distinct branches of UPR*. *Nature Communications* 10(1): 1–15.

1

LAMPIRAN

Lampiran 1 Rekomendasi Persetujuan Etik



KOMITE ETIK PENELITIAN KESEHATAN
POLITEKNIK KESEHATAN KEMENKES MAKASSAR
 Jalan Wijaya Kusuma Raya No. 46, Rappoccini, Makassar
 E-mail: kepkipolkesmas@poltekkes-mks.ac.id



KETERANGAN LAYAK ETIK
 DESCRIPTION OF ETHICAL EXEMPTION
 "ETHICAL EXEMPTION"
 No.: 0562/M/KEPK-PTKMS/IV/2025

Protokol penelitian yang diusulkan oleh :
 The research protocol proposed by

Peneliti Utama : **ZULFADLI**
 Principal in Investigator

Nama Institusi : **Prodi D.IV Analisis Kesehatan Poltekkes Kemenkes Makassar**
 Name of the Institution

Dengan Judul:
 Title
"PEMANFAATAN SERUM SISA SEBAGAI ALTERNATIF PENGGANTI ANTISERA ABO DAN RHESUS DALAM PENENTUAN GOLONGAN DARAH"
"UTILIZATION OF REMAINING SERUM AS AN ALTERNATIVE TO SUBSTITUTE ABO AND RHESUS ANTISERA IN BLOOD GROUP DETERMINATION"

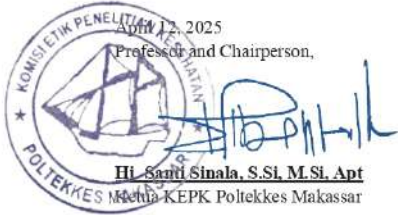
Dinyatakan layak etik sesuai 7 (tujuh) Standar WHO 2011, yaitu 1) Nilai Sosial, 2) Nilai Ilmiah, 3) Pemerataan Beban dan Manfaat, 4) Risiko, 5) Bujukan/Eksploitasi, 6) Kerahasiaan dan Privacy, dan 7) Persetujuan Setelah Penjelasan, yang merujuk pada Pedoman CIOMS 2016. Hal ini seperti yang ditunjukkan oleh terpenuhinya indikator setiap standar.

Declared to be ethically appropriate in accordance to 7 (seven) WHO 2011 Standards, 1) Social Values, 2) Scientific Values, 3) Equitable Assessment and Benefits, 4) Risks, 5) Persuasion/Exploitation, 6) Confidentiality and Privacy, and 7) Informed Consent, referring to the 2016 CIOMS Guidelines. This is as indicated by the fulfillment of the indicators of each standard.

Pernyataan Layak Etik ini berlaku selama kurun waktu tanggal 12 April 2025 sampai dengan tanggal 12 April 2026.

Declaration of ethics applies during the period April 12, 2025 until April 12, 2026.





Ht. Santi Sinala, S.Si, M.Si, Apt
 Ketua KEPK Poltekkes Makassar

Lampiran 2 Surat Permohonan Izin RSKD Dadi



Kemenkes
Poltekkes Makassar

Kementerian Kesehatan
Direktorat Jenderal
Sumber Daya Manusia Kesehatan
Politeknik Kesehatan Makassar
Jalan Wijaya Kusuma Raya No. 46 Banta-Bantaeng
Makassar, Sulawesi Selatan 90222
(021) 84978693
<https://portal.poltekkes-mks.ac.id>

15 April 2025

Nomor : PP.08.02/F.XII.11.6/ 211 /2025
 Lampiran : -
 Perihal : Surat Izin Penelitian

Kepada Yth
PLT Direktur RSKD Dadi Provinsi Sulawesi Selatan
Di,-
Makassar

Sehubungan dengan penyelesaian semester akhir untuk Penyusunan Skripsi, maka Mahasiswa kami ingin melakukan Penelitian sebagai salah satu persyaratan dalam mengikuti Ujian Akhir Program Prodi Sarjana Terapan Jurusan Teknologi Laboratorium Medis Politeknik Kesehatan Kementerian Kesehatan Makassar, maka mohon kesediaan Bapak/Ibu kiranya Mahasiswa kami di bawah ini :

Nama : Zulfadli
 NIM : PO.71.4.203.21.1.069
 Alamat : Jl RSI Faizal 14
 Judul Penelitian : "Pemanfaatan Serum Sisa Sebagai Alternatif Pengganti Antisera ABO dan Rhesus dalam Penentuan Golongan Darah"

Agar kiranya dapat diberikan izin untuk melakukan Penelitian di Laboratorium RSKD Dadi Provinsi Sulawesi Selatan. Atas perhatian dan kerjasamanya diucapkan terima kasih

Ketua Jurusan,

Rahman S.Si, M.Si
NIP. 19641231 198603 1 032

Tembusan :
 Kepada Yth.
 1. Yang Bersangkutan
 2. Arsip

 Dipindai dengan CamScanner

Lampiran 3 Surat Permohonan Izin Poltekkes Kemenkes Makassar ke PTSP



Kemenkes
Poltekkes Makassar

Kementerian Kesehatan
Direktorat Jenderal
Sumber Daya Manusia Kesehatan
Politeknik Kesehatan Makassar
Jalan Wijaya Kusuma Raya No. 46 Banta-Santaeng
Makassar, Sulawesi Selatan 90222
☎ (021) 84978693
🌐 <https://portal.poltekkes-mks.ac.id>

15 April 2025

Nomor : PP.08.02/F.XII.11.6/ **210** /2025
 Lampiran : -
 Perihal : Surat Izin Penelitian

Kepada Yth
Kepala Dinas Penanaman Modal dan PTSP Prov Sulsel
Di,-
Makassar

Sehubungan dengan penyelesaian semester akhir untuk Penyusunan Skripsi, maka Mahasiswa kami ingin melakukan Penelitian sebagai salah satu persyaratan dalam mengikuti Ujian Akhir Program Prodi Sarjana Terapan Jurusan Teknologi Laboratorium Medis Politeknik Kesehatan Kementerian Kesehatan Makassar, maka mohon kesediaan Bapak/Ibu kiranya Mahasiswa kami di bawah ini :

Nama : Zulfadli
 NIM : PO.71.4.203.21.1.069
 Alamat : Jl RSI Faizal 14
 Judul Penelitian : "Pemanfaatan Serum Sisa Sebagai Alternatif Pengganti Antisera ABO dan Rhesus dalam Penentuan Golongan Darah"

Agar kiranya dapat diberikan izin untuk melakukan Penelitian di Rumah Sakit Khusus Daerah (RSKD) Dadi Provinsi Sulawesi Selatan. Atas perhatian dan kerjasamanya diucapkan terima kasih

Ketua Jurusan,

Y. Rahman S.Si., M.Si
NIP. 19641231 198603 1 032



Tembusan :
 Kepada Yth.
 1. Yang Bersangkutan
 2. Arsip

 Dipindai dengan CamScanner

Lampiran 4 Surat Izin Pengambilan Sampel Rhesus Negatif Indonesia

 Kemenkes Poltekkes Makassar	Kementerian Kesehatan Direktorat Jenderal Sumber Daya Manusia Kesehatan Politeknik Kesehatan Makassar Jalan Wijaya Kusuma Raya No. 46 Banta-Bantaeng Makassar, Sulawesi Selatan 90222 (021) 84978693 https://portal.poltekkes-mks.ac.id
17 April 2025	
Nomor	: PP.08.02/F.XII.11.6/ 228 /2025
Lampiran	: -
Perihal	: Surat Izin Penelitian
Kepada Yth Resus Negatif Indonesia (RNI) bagian Sulselbar Di,- Makassar	
Sehubungan dengan penyelesaian semester akhir untuk Penyusunan Skripsi, maka Mahasiswa kami ingin melakukan Penelitian sebagai salah satu persyaratan dalam mengikuti Ujian Akhir Program Prodi Sarjana Terapan Jurusan Teknologi Laboratorium Medis Politeknik Kesehatan Kementerian Kesehatan Makassar, maka mohon kesediaan Bapak/Ibu kiranya Mahasiswa kami di bawah ini :	
Nama	: Zulfadli
NIM	: PO.71.4.203.21.1.069
Alamat	: Jalan RSI Faizal 14
Judul Penelitian	: "Pemanfaatan Serum Sisa Sebagai Alternatif Pengganti Antisera ABO dan Rhesus dalam Penentuan Golongan Darah"
Agar kiranya dapat diberikan izin untuk melakukan Pengambilan Sampel di Kota Makassar. Atas perhatian dan kerjasamanya diucapkan terima kasih	
Ketua Jurusan,  Rahman S.Si, M.Si NIP. 19641231 198603 1 032	
Tembusan : Kepada Yth. 1. Yang Bersangkutan 2. Arsip	

CS Dipindai dengan CamScanner

Lampiran 5 Surat Izin Penelitian PTSP ke RSKD Dadi



PEMERINTAH PROVINSI SULAWESI SELATAN
DINAS PENANAMAN MODAL DAN PELAYANAN TERPADU SATU PINTU
 Jl. Bougenville No.5 Telp. (0411) 441077 Fax. (0411) 448936
 Website : <http://simap-new.sulselprov.go.id> Email : ptsp@sulselprov.go.id
 Makassar 90231

Nomor	: 7614/S.01/PTSP/2025	Kepada Yth.
Lampiran	: -	Direktur Rumah Sakit Khusus Daerah (RSKD) Dadi Provinsi Sulawesi Selatan
Perihal	: <u>Izin penelitian</u>	

di-
Tempat

Berdasarkan surat Ketua Jurusan Poltekkes Kemenkes Makassar Nomor : PP.08.02/F.XII.11.6/210/2025 tanggal 15 April 2025 perihal tersebut diatas, mahasiswa/peneliti dibawah ini:

N a m a	: ZULFADLI	
Nomor Pokok	: PO.71.4.203.21.1.069	
Program Studi	: Teknologi Laboratorium Medis	
Pekerjaan/Lembaga	: Mahasiswa (D4)	
Alamat	: Jl. Wijaya Kusuma Raya No. 46 Banta-Bantaeng, Makassar	

Bermaksud untuk melakukan penelitian di daerah/kantor saudara dalam rangka menyusun KARYA TULIS, dengan judul :

" PEMANFAATAN SERUM SISA SEBAGAI ALTERNATIF PENGGANTI ANTISERA ABO DAN RHESUS DALAM PENENTUAN GOLONGAN DARAH "

Yang akan dilaksanakan dari : Tgl. **17 April s/d 17 Mei 2025**

Sehubungan dengan hal tersebut diatas, pada prinsipnya kami **menyetujui** kegiatan dimaksud dengan ketentuan yang tertera di belakang surat izin penelitian.

Demikian Surat Keterangan ini diberikan agar dipergunakan sebagaimana mestinya.

Diterbitkan di Makassar
Pada Tanggal 16 April 2025

KEPALA DINAS PENANAMAN MODAL DAN PELAYANAN TERPADU SATU PINTU PROVINSI SULAWESI SELATAN



ASRUL SANI, S.H., M.Si.
 Pangkat : PEMBINA TINGKAT I
 Nip : 19750321 200312 1 008

Tembusan Yth

1. Ketua Jurusan Poltekkes Kemenkes Makassar di Makassar;
2. *Pertinggal.*

Lampiran 6 Surat Keterangan Izin Penelitian di RSKD Dadi



PEMERINTAH PROVINSI SULAWESI SELATAN
DINAS KESEHATAN
UPT RUMAH SAKIT KHUSUS DAERAH DADI
 Jl. Lanto Dg. Pasewang No. 34 Makassar Telp. 0411-873120, Faksimile : 0411-872167
 Laman : rskddadi.sulselprov.go.id, Kode Pos 90131

REKOMENDASI
NOMOR : 000.9.2/17 /DLK/RSKD-DADI/2025

Berdasarkan Surat dari Dinas Penanaman Modal dan Pelayanan Terpadu Satu Pintu Nomor : 7614/S.01/PTSP/2025, tanggal 16 April 2025 Perihal Permohonan Izin Penelitian, maka dengan ini disampaikan bahwa yang tersebut namanya di bawah ini :

Nama : Zulfadli
 Stambuk : PO.71.4.203.21.1.069
 Program Studi : Teknologi Laboratorium Medis
 Institusi : Poltekkes Kemenkes Makassar
 Alamat : Jl.Wijaya Kusuma Raya No.46 Banta-Bantaeng, Makassar

Memberikan Izin melakukan Penelitian dalam rangka penyusunan Karya Tulis Ilmiah/Skripsi/Tesis dari Tanggal 17 April s/d 17 Mei 2025 di Rumah Sakit Khusus Daerah Dadi dengan judul penelitian yaitu “Pemanfaatan Serum Sisa Sebagai Alternatif Pengganti Antisera Abo Dan Rhesus Dalam Penentuan Golongan Darah”.

Demikian rekomendasi ini dibuat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Makassar, 9 Mei 2025
 an. Plt Direktur RSKD Dadi
 Wadir Pel. Medik, Penunjang Medik
 Keperawatan, Penelitian dan Pengembangan


dr. Siti Djawijah M. Kes
 Pangkat : Pembina Tk. I/IV b
 NIP. 19720115 200502 2 004

Lampiran 7 Hasil Penelitian



PEMERINTAH PROVINSI SULAWESI SELATAN
DINAS KESEHATAN
UPT RUMAH SAKIT KHUSUS DAERAH DADI
 Jl. Lanto Dg. Pasewang No. 34 Makassar Telp. 0411-873120, Faksimile : 0411-872167
 Laman : rskddadi.sulselprov.go.id, Kode Pos 90131

Makassar, 20 Juni 2025

DATA HASIL PENELITIAN

Nama : Zulfadli

NIM : PO714203211069

Judul : Pemanfaatan Serum Sisa Sebagai Alternatif Antisera ABO dan Rhesus dalam Penentuan Golongan Darah

Kode Sampel	Tanggal Pemeriksaan	HASIL PEMERIKSAAN GOLONGAN DARAH EDTA						HASIL PEMERIKSAAN SAMPEL SERUM SISA					
		A	B	AB	O	RH		A	B	AB	O	RH	
						POS	NEG					POS	NEG
1	17 Mei 2025	V					V						V
2	17 Mei 2025	V				V			V			V	
3	17 Mei 2025		V			V		V				V	
4	17 Mei 2025	V				V			V			V	
5	17 Mei 2025				V	V				V		V	
6	17 Mei 2025				V	V				V		V	
7	17 Mei 2025				V	V				V		V	
8	17 Mei 2025		V			V		V				V	
9	17 Mei 2025	V				V			V			V	
10	17 Mei 2025		V			V		V				V	
11	17 Mei 2025	V				V			V			V	
12	17 Mei 2025				V	V				V		V	
13	17 Mei 2025				V	V				V		V	
14	17 Mei 2025			V		V						V	
15	17 Mei 2025	V				V						V	
16	17 Mei 2025		V			V		V				V	
17	17 Mei 2025	V				V			V			V	
18	19 Mei 2025		V			V		V				V	
19	19 Mei 2025	V				V			V			V	
20	19 Mei 2025		V			V		V				V	

21	19 Mei 2025				V	V				V		V	
22	19 Mei 2025				V	V				V		V	
23	19 Mei 2025				V	V				V		V	
24	19 Mei 2025	V				V			V			V	
25	19 Mei 2025				V	V				V		V	
26	19 Mei 2025				V	V				V		V	
27	19 Mei 2025		V			V			V			V	
28	19 Mei 2025		V			V			V			V	
29	19 Mei 2025				V	V				V		V	
30	19 Mei 2025	V				V			V			V	
31	21 Mei 2025		V				V						V
32	21 Mei 2025				V		V						V
33	22 Mei 2025	V				V			V			V	
34	22 Mei 2025		V			V			V			V	
35	22 Mei 2025	V				V			V			V	
36	22 Mei 2025		V			V			V			V	
37	22 Mei 2025	V				V			V			V	
38	22 Mei 2025		V			V			V			V	
39	22 Mei 2025	V				V			V			V	
40	22 Mei 2025		V			V			V			V	
41	22 Mei 2025	V				V			V			V	
42	22 Mei 2025				V	V				V		V	
43	22 Mei 2025				V	V				V		V	
44	22 Mei 2025		V			V			V			V	
45	22 Mei 2025		V			V			V			V	
46	22 Mei 2025				V	V				V		V	
47	22 Mei 2025				V	V				V		V	
48	22 Mei 2025				V	V				V		V	
49	22 Mei 2025	V				V			V			V	
50	22 Mei 2025		V			V			V			V	
51	22 Mei 2025				V	V				V		V	
52	22 Mei 2025				V	V				V		V	
53	22 Mei 2025				V	V				V		V	
54	22 Mei 2025			V		V						V	
55	22 Mei 2025			V		V						V	
56	22 Mei 2025			V		V						V	
57	22 Mei 2025	V				V			V			V	
58	22 Mei 2025	V				V			V			V	
59	22 Mei 2025		V			V			V			V	
60	22 Mei 2025	V				V			V			V	
61	22 Mei 2025	V				V			V			V	
62	22 Mei 2025				V	V				V		V	
63	22 Mei 2025				V	V				V		V	
64	22 Mei 2025	V				V			V			V	
65	22 Mei 2025				V	V				V		V	

66	22 Mei 2025	V				V			V			V	
67	22 Mei 2025				V	V				V		V	
68	22 Mei 2025				V	V				V		V	
69	25 Mei 2025				V	V				V		V	
70	25 Mei 2025			V		V						V	
71	25 Mei 2025	V				V			V			V	
72	25 Mei 2025				V	V				V		V	
73	25 Mei 2025		V			V		V				V	
74	25 Mei 2025				V	V				V		V	
75	25 Mei 2025				V	V				V		V	
76	25 Mei 2025	V				V			V			V	
77	25 Mei 2025			V		V						V	
78	25 Mei 2025				V	V				V		V	
79	25 Mei 2025	V				V			V			V	
80	25 Mei 2025	V				V			V			V	
81	25 Mei 2025	V				V			V			V	
82	25 Mei 2025				V	V				V		V	
83	25 Mei 2025	V				V			V			V	
84	25 Mei 2025		V			V		V				V	
85	25 Mei 2025		V			V		V				V	
86	25 Mei 2025		V			V		V				V	
87	25 Mei 2025				V	V				V		V	
88	25 Mei 2025		V			V		V				V	
89	25 Mei 2025		V			V		V				V	
90	25 Mei 2025	V				V			V			V	
91	25 Mei 2025		V			V		V				V	
92	25 Mei 2025	V				V			V			V	
93	25 Mei 2025			V		V						V	
94	25 Mei 2025		V			V		V				V	
95	25 Mei 2025		V			V		V				V	
96	25 Mei 2025				V	V				V		V	
97	25 Mei 2025				V	V				V		V	
98	25 Mei 2025				V	V				V		V	
99	25 Mei 2025			V		V						V	
100	25 Mei 2025	V				V			V			V	
101	25 Mei 2025		V			V		V				V	
102	25 Mei 2025		V			V		V				V	
103	25 Mei 2025				V	V				V		V	
104	25 Mei 2025			V		V						V	
105	25 Mei 2025				V	V				V		V	
106	25 Mei 2025				V	V				V		V	
107	25 Mei 2025	V				V			V			V	
108	25 Mei 2025				V	V				V		V	
109	25 Mei 2025	V				V			V			V	

110	25 Mei 2025	V				V			V			V	
111	25 Mei 2025				V	V				V		V	
112	25 Mei 2025				V	V				V		V	
113	25 Mei 2025			V		V						V	
114	25 Mei 2025			V		V						V	
115	25 Mei 2025	V				V			V			V	

Makassar, 20 Juni 2025

a.n Plt. Direktur RSKD Dadi Pemprov Sulsel

**Wadir Pelayanan Medik, Penunjang Medik,
Keperawatan, Penelitian, dan Pengembangan**



dr. Anwar Djalil M.Kes,
Pangkat Gol: Pembina Tk. I/IVb
NIP. 19720115 200502 2 004

Kode pasien	Tingkat Aglutinasi Hasil Pemeriksaan Golongan Menggunakan Antisera Komersial	Tingkat Aglutinasi Hasil Pemeriksaan Golongan Menggunakan Antisera Pengembangan	Golongan darah
	Anti A	Anti A	
S1	+4	+4	A
S2	+4	+3	A
S3	+4	+4	A
S4	+4	+4	A
S5	+4	+4	A
S6	+4	+4	A
S7	+4	+3	A
S19	+4	+4	AB
S20	+4	+4	AB
S21	+4	+3	AB
S22	+4	+4	AB
S23	+4	+4	AB
S24	+4	+3	AB
S25	+4	+4	AB
S26	+4	+4	AB
S28	+4	+4	A
S31	+4	+4	AB
S32	+4	+4	A
S33	+4	+4	A
S34	+4	+4	A
S35	+4	+4	AB
S36	+4	+4	AB
S37	+4	+4	AB
S38	+4	+4	A
S39	+4	+4	AB

Kode Pasien	Tingkat Aglutinasi Hasil Pemeriksaan Golongan Menggunakan Antisera Komersial	Tingkat Aglutinasi Hasil Pemeriksaan Golongan Menggunakan Antisera Pengembangan	Golongan Darah
	Anti B	Anti B	
S8	+4	+3	B
S9	+4	+4	B
S10	+4	+3	B
S11	+4	+4	B
S12	+4	+4	B
S13	+4	+4	B
S14	+4	+4	B
S19	+4	+4	AB
S20	+4	+3	AB
S21	+4	+3	AB
S22	+4	+4	AB
S23	+4	+4	AB
S24	+4	+3	AB
S25	+4	+4	AB
S27	+4	+4	B
S28	+4	+4	AB
S29	+4	+4	B
S32	+4	+4	AB
S36	+4	+4	AB
S37	+4	+4	AB
S38	+4	+4	AB
S40	+4	+4	B
S41	+4	+4	B
S42	+4	+4	B
S43	+4	+4	B

Kode pasien	Tingkat Aglutinasi Hasil Pemeriksaan Golongan Menggunakan Antisera Komersial	Tingkat Aglutinasi Hasil Pemeriksaan Golongan Menggunakan Antisera Pengembangan	Golongan darah
	Anti AB	Anti AB	
S1	+4	+4	A
S2	+4	+4	A
S3	+4	+4	A
S4	+4	+4	A
S5	+4	+4	A
S6	+4	+4	A
S7	+4	+4	A
S8	+4	+4	B
S9	+4	+4	B
S10	+4	+4	B
S11	+4	+4	B
S12	+4	+4	B
S13	+4	+4	B
S14	+4	+4	B
S19	+4	+4	AB
S20	+4	+4	AB
S21	+4	+4	AB
S22	+4	+4	AB
S23	+4	+4	AB
S24	+4	+4	AB
S25	+4	+4	AB
S27	+4	+4	B
S28	+4	+4	AB
S29	+4	+4	B
S31	+4	+4	A
S32	+4	+4	AB
S33	+4	+4	A
S34	+4	+4	A
S35	+4	+4	A
S36	+4	+4	AB
S37	+4	+4	AB
S38	+4	+4	AB
S39	+4	+4	A
S40	+4	+4	B
S41	+4	+4	B
S42	+4	+4	B
S43	+4	+4	B

Kode pasien	Tingkat Aglutinasi Hasil Pemeriksaan Golongan Menggunakan Antisera Komersial	Tingkat Aglutinasi Hasil Pemeriksaan Golongan Menggunakan Antisera Pengembangan	Golongan darah
	Anti D	Anti D	
S1	+4	+4	A positif
S2	+4	+4	A positif
S3	+1	+4	A positif
S4	+4	+4	A positif
S5	+4	+4	A positif
S6	+4	+4	A positif
S7	+4	+4	A positif
S8	+4	+4	B positif
S9	+4	+4	B positif
S10	+4	+4	B positif
S11	+4	+4	B positif
S12	+4	+4	B positif
S13	+4	+4	B positif
S14	+4	+4	B positif
S15	+4	+4	O positif
S16	+4	+4	O positif
S17	+4	+4	O positif
S18	+4	+4	O positif
S19	+4	+4	AB positif
S20	+4	+4	AB positif
S21	+4	+4	AB positif
S22	+4	+4	AB positif
S23	+4	+4	AB positif
S24	+4	+4	AB positif
S25	+4	+4	AB positif
S26	+4	+4	A positif
S27	+4	+4	B positif
S28	+4	+4	AB positif
S29	+4	+4	B positif
S30	+4	+4	O positif
S31	+4	+4	A positif
S32	+4	+4	AB positif
S33	+4	+4	A positif
S34	+4	+4	A positif
S35	+4	+4	A positif
S36	+4	+4	AB positif
S37	+4	+4	AB positif
S38	+4	+4	AB positif
S39	+4	+4	A positif
S40	+4	+4	B positif

S41	+4	+4	B positif
S42	+4	+4	B positif
S43	+4	+4	B positif

Makassar, 20 Juni 2025
a.n Plt. Direktur RSKD Dadi Pemprov Sulsel
**Wadir Pelayanan Medik, Penunjang Medik,
Keperawatan, Penelitian, dan Pengembangan**


dr. Sunrawati M.Kes.,
Pangkat Gol. Pembina Tk. I/IVb
NRS 19720115 200502 2 004

Lampiran 8 Tabel Hasil SPSS

Explore

[DataSet22] D:\Office\Statistics\Data Zulfadli.sav

Kategori

Case Processing Summary

		Valid		Missing		Total	
Kategori		N	Percent	N	Percent	N	Percent
Komersial	Anti A	25	100.0%	0	0.0%	25	100.0%
	Anti B	25	100.0%	0	0.0%	25	100.0%
	Anti AB	38	100.0%	0	0.0%	38	100.0%
	Anti D	43	100.0%	0	0.0%	43	100.0%
Pengembangan	Anti A	25	100.0%	0	0.0%	25	100.0%
	Anti B	25	100.0%	0	0.0%	25	100.0%
	Anti AB	38	100.0%	0	0.0%	38	100.0%
	Anti D	43	100.0%	0	0.0%	43	100.0%

Descriptives

Kategori		Statistic		Std. Error
Komersial	Anti A	Mean	4.0000	.00000
		95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	4.0000
			Upper Bound	4.0000
		5% Trimmed Mean	4.0000	
		Median	4.0000	
		Variance	.000	
		Std. Deviation	.00000	
		Minimum	4.00	
		Maximum	4.00	
		Range	.00	
		Interquartile Range	.00	
		Skewness	.	.
		Kurtosis	.	.
	Anti B	Mean	4.0000	.00000
		95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	4.0000
			Upper Bound	4.0000
		5% Trimmed Mean	4.0000	
		Median	4.0000	

Descriptives

Kategori		Statistic	Std. Error
	Variance	.000	
	Std. Deviation	.00000	
	Minimum	4.00	
	Maximum	4.00	
	Range	.00	
	Interquartile Range	.00	
	Skewness	.	.
	Kurtosis	.	.
	Mean	4.0000	.00000
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound Upper Bound	4.0000 4.0000
Anti AB	5% Trimmed Mean	4.0000	
	Median	4.0000	
	Variance	.000	
	Std. Deviation	.00000	
	Minimum	4.00	
	Maximum	4.00	
	Range	.00	
	Interquartile Range	.00	
	Skewness	.	.
	Kurtosis	.	.
Anti D	Mean	3.9302	.06977
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound Upper Bound	3.7894 4.0710
	5% Trimmed Mean	4.0000	
	Median	4.0000	
	Variance	.209	
	Std. Deviation	.45750	
	Minimum	1.00	
	Maximum	4.00	
	Range	3.00	
	Interquartile Range	.00	
Pengembangan	Skewness	-6.557	.361
	Kurtosis	43.000	.709
	Mean	3.8400	.07483
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound Upper Bound	3.7894 4.0710
	5% Trimmed Mean	4.0000	
	Median	4.0000	
	Variance	.209	
	Std. Deviation	.45750	
	Minimum	1.00	
	Maximum	4.00	

Descriptives

Kategori	Statistic	Std. Error
	95% Confidence Interval for Mean	
	Lower Bound	3.6856
	Upper Bound	3.9944
	5% Trimmed Mean	3.8778
	Median	4.0000
	Variance	.140
	Std. Deviation	.37417
	Minimum	3.00
	Maximum	4.00
	Range	1.00
	Interquartile Range	.00
	Skewness	-1.975
	Kurtosis	2.061
		.464
		.902
Anti B	Mean	3.8000
	95% Confidence Interval for Mean	
	Lower Bound	3.6315
	Upper Bound	3.9685
	5% Trimmed Mean	3.8333
	Median	4.0000
	Variance	.167
	Std. Deviation	.40825
	Minimum	3.00
	Maximum	4.00
	Range	1.00
	Interquartile Range	.00
	Skewness	-1.597
	Kurtosis	.593
		.464
		.902
Anti AB	Mean	4.0000
	95% Confidence Interval for Mean	
	Lower Bound	4.0000
	Upper Bound	4.0000
	5% Trimmed Mean	4.0000
	Median	4.0000
	Variance	.000
	Std. Deviation	.00000
	Minimum	4.00
	Maximum	4.00
	Range	.00

Descriptives

Kategori	Statistic	Std. Error
Interquartile Range	.00	
Skewness	.	.
Kurtosis	.	.
Anti D	Mean	4.0000 .00000
95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	4.0000
	Upper Bound	4.0000
5% Trimmed Mean	4.0000	
Median	4.0000	
Variance	.000	
Std. Deviation	.00000	
Minimum	4.00	
Maximum	4.00	
Range	.00	
Interquartile Range	.00	
Skewness	!	!
Kurtosis	!	!

Tests of Normality

Kategori	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Komersial	Anti A	.25	.	.25	25	.
	Anti B	.25	.	.25	25	.
	Anti AB	.38	.	.38	38	.
	Anti D	.537	.000	.140	43	.000
Pengembangan	Anti A	.506	.000	.445	25	.000
	Anti B	.488	.000	.493	25	.000
	Anti AB	.	.	.	38	.
	Anti D	.	.	.	43	.

a. Lilliefors Significance Correction

Komersial

Stem-and-Leaf Plots

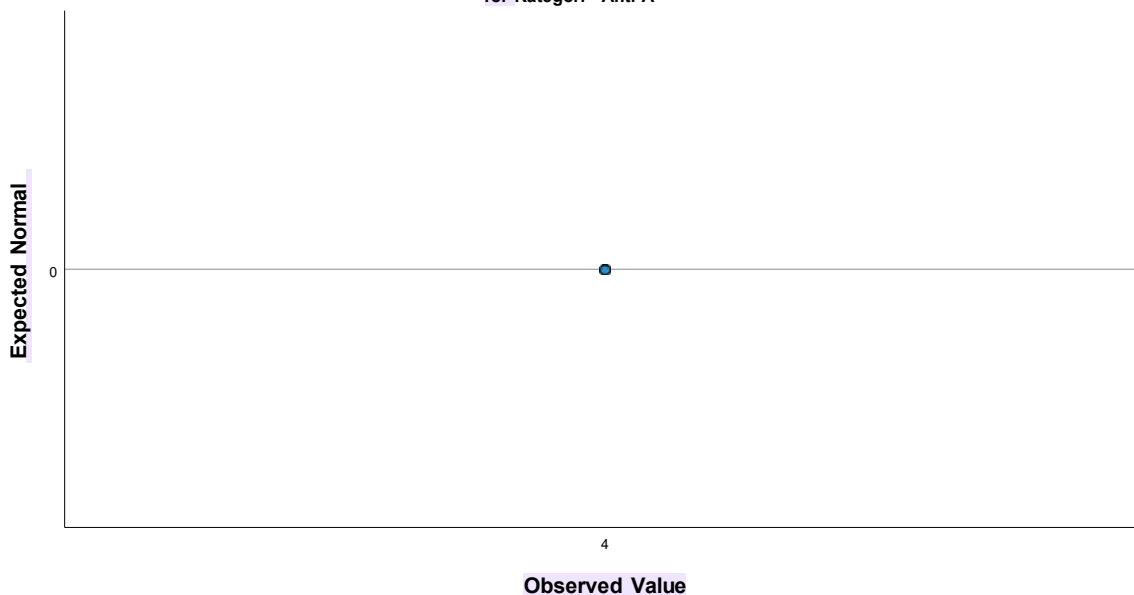
Komersial Stem-and-Leaf Plot for
Kategori= Anti A

Normal Q-Q Plots

36

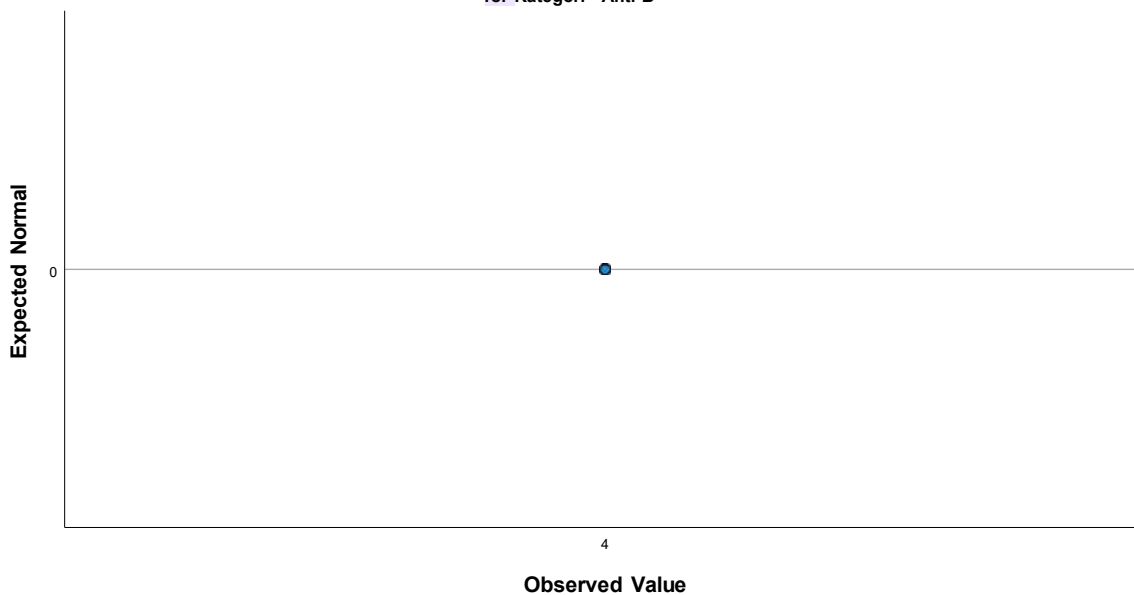
Normal Q-Q Plot of Komersial

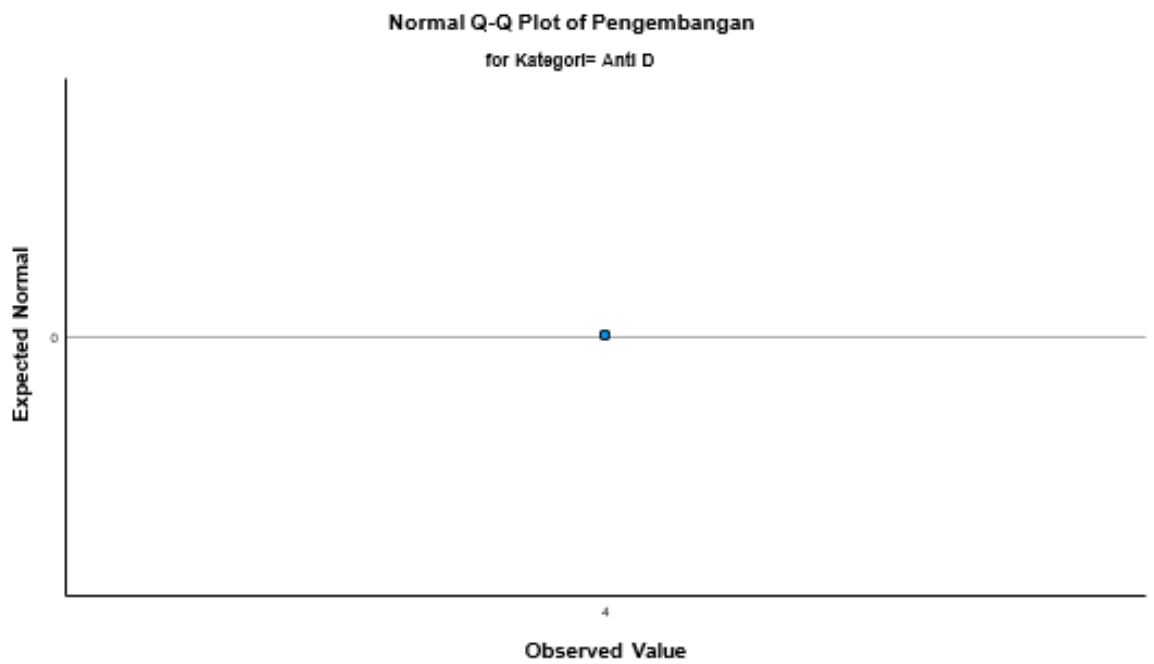
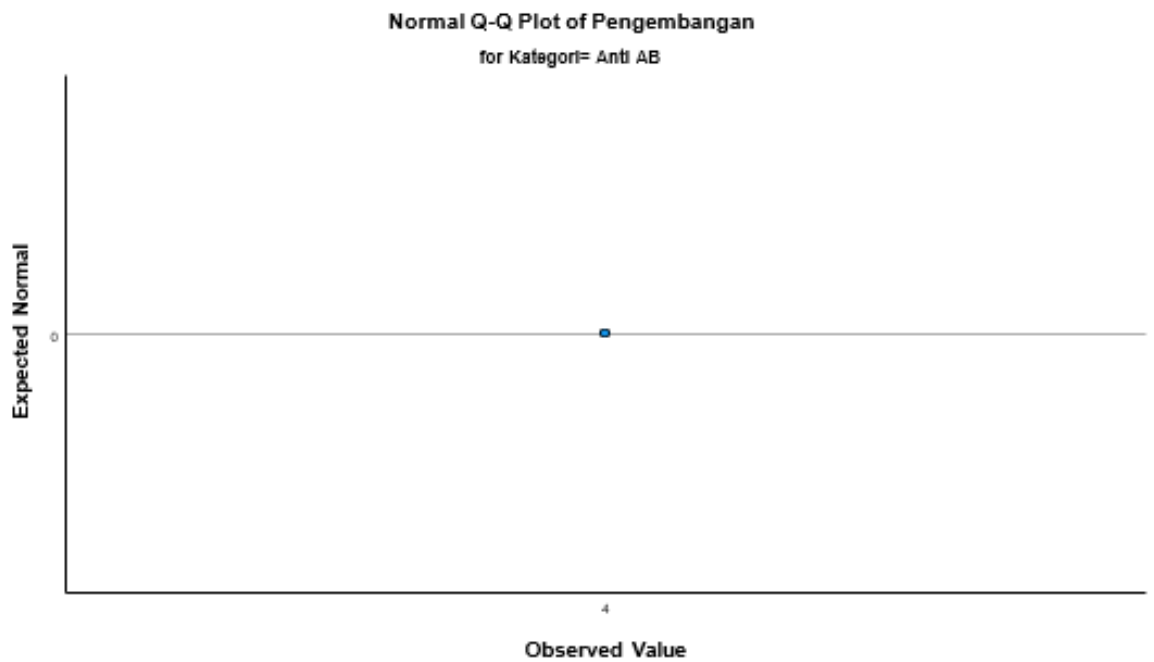
for Kategori= Anti A



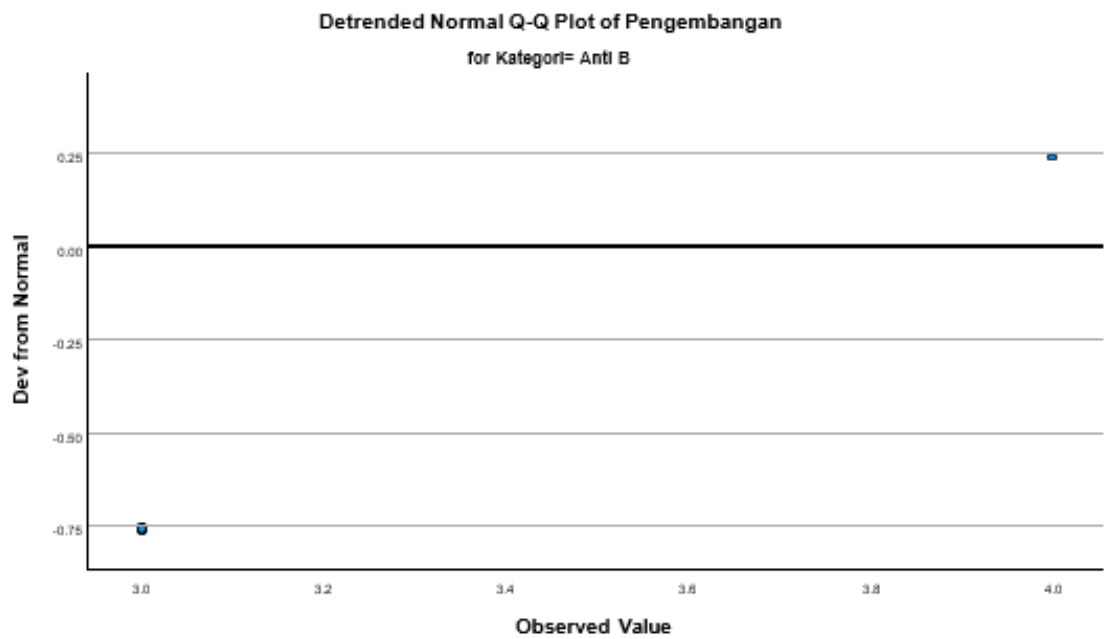
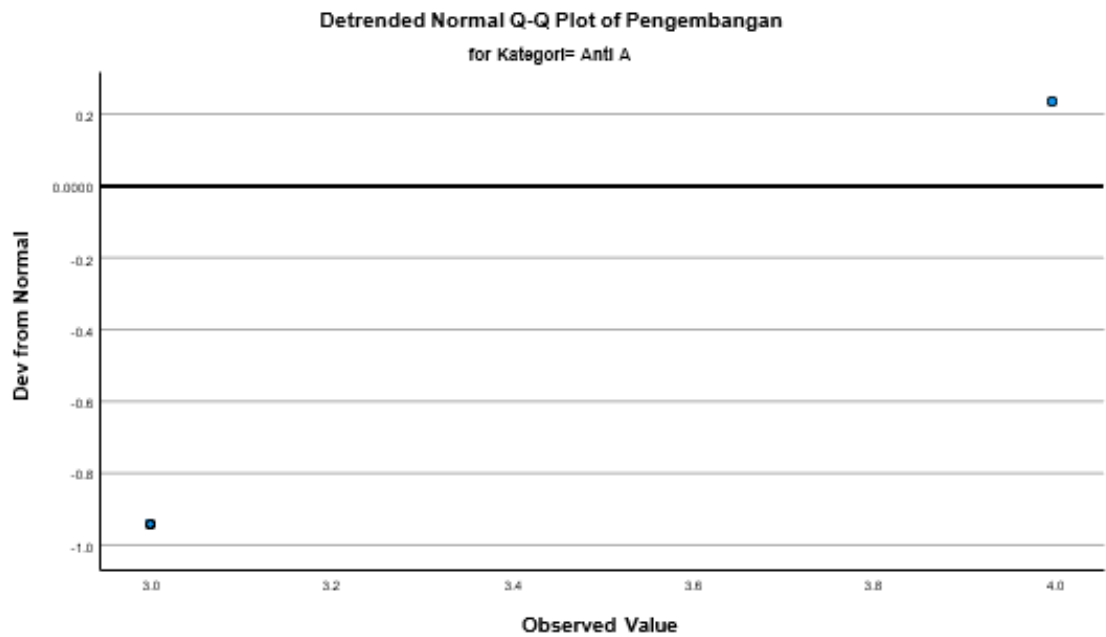
Normal Q-Q Plot of Komersial

for Kategori= Anti B

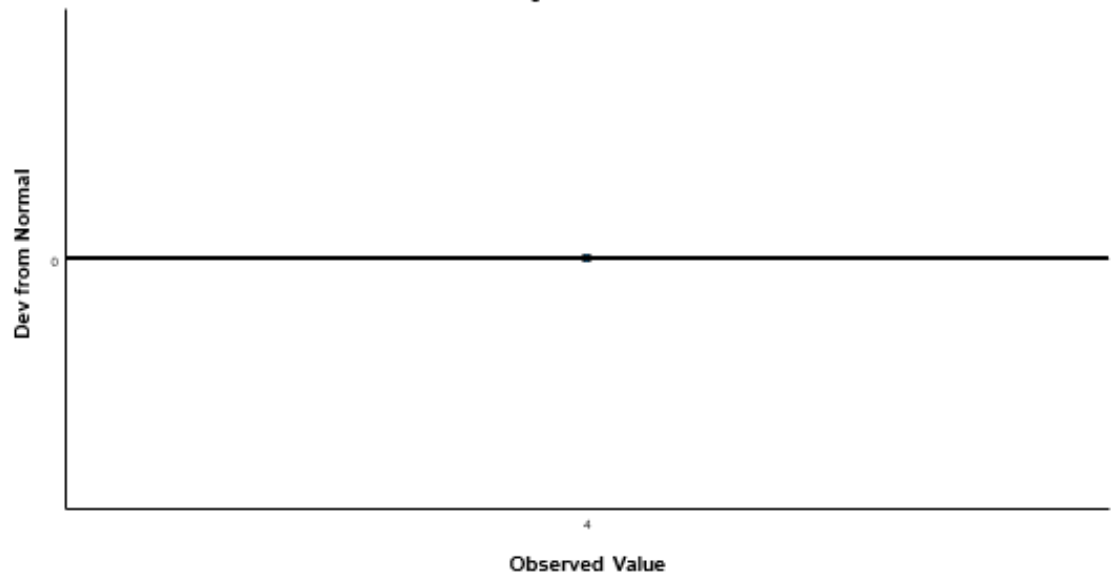




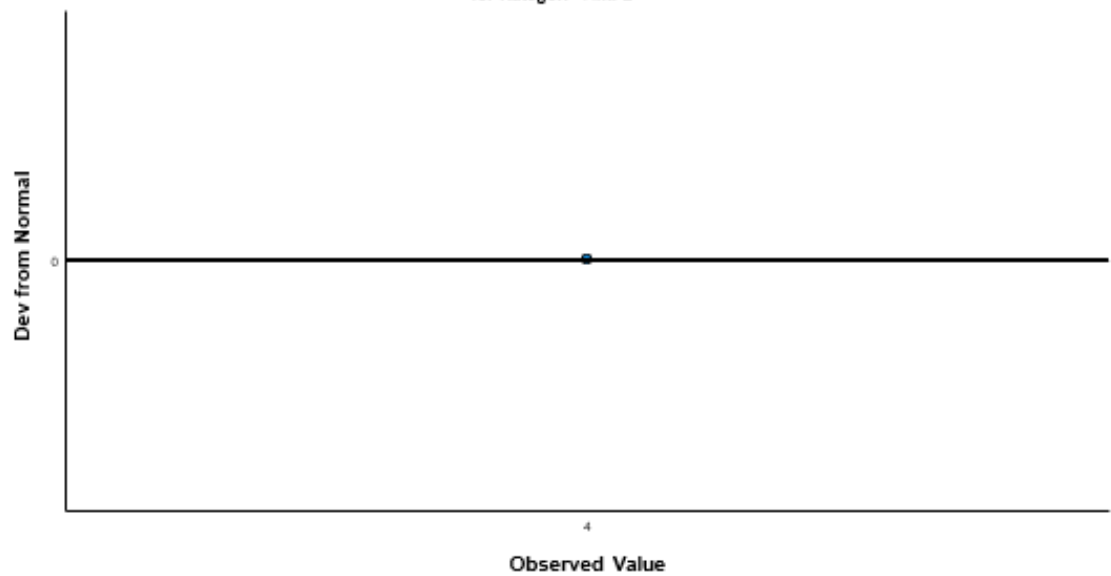
Detrended Normal Q-Q Plots

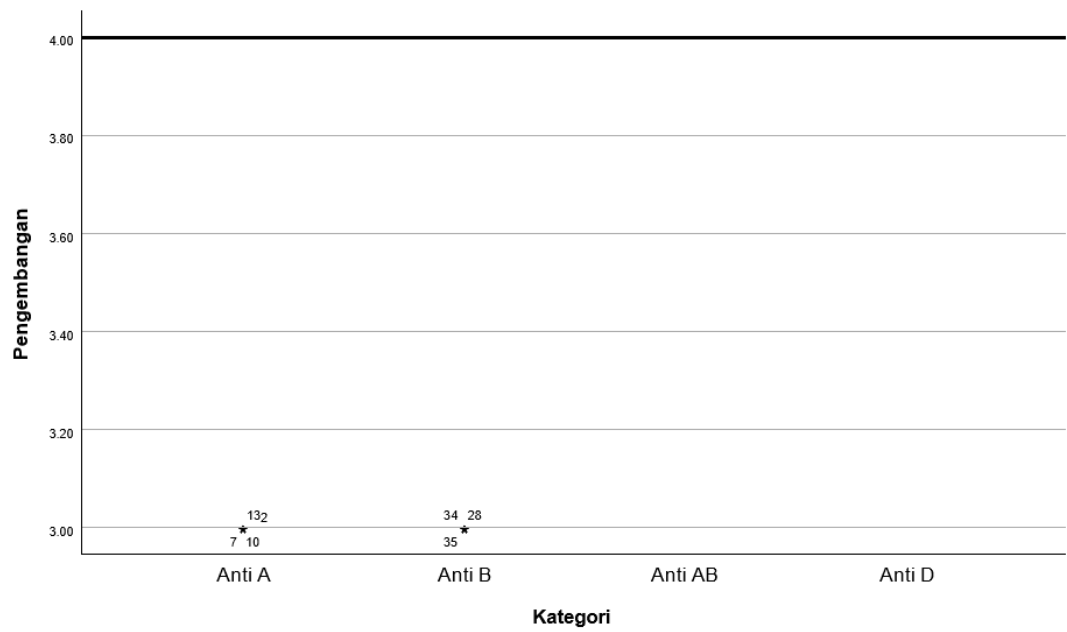


Detrended Normal Q-Q Plot of Pengembangan
for Kategori= Anti AB



Detrended Normal Q-Q Plot of Pengembangan
for Kategori= Anti D





Means

[DataSet8] D:\Office\Statistics\Data Zulfadli.sav

Case Processing Summary

	Included		Cases Excluded		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
Komersial * Kategori	131	100.0%	0	0.0%	131	100.0%
Pengembangan * Kategori	131	100.0%	0	0.0%	131	100.0%

Report

Kategori		Komersial	Pengembangan
Anti A	Mean	4.0000	3.8400
	Std. Deviation	.00000	.37417
	Median	4.0000	4.0000
	Minimum	4.00	3.00
	Maximum	4.00	4.00
Anti B	Mean	4.0000	3.8000
	Std. Deviation	.00000	.40825
	Median	4.0000	4.0000
	Minimum	4.00	3.00
	Maximum	4.00	4.00
Anti AB	Mean	4.0000	4.0000
	Std. Deviation	.00000	.00000
	Median	4.0000	4.0000
	Minimum	4.00	4.00
	Maximum	4.00	4.00
Anti D	Mean	3.9302	4.0000
	Std. Deviation	.45750	.00000
	Median	4.0000	4.0000
	Minimum	1.00	4.00
	Maximum	4.00	4.00
Total	Mean	3.9771	3.9313
	Std. Deviation	.26211	.25392

Report

Kategori	Komersial	Pengembangan
Median	4.0000	4.0000
Minimum	1.00	3.00
Maximum	4.00	4.00

USE ALL.

COMPUTE filter_\$=(Kategori = 1).

VARIABLE LABELS filter_\$ 'Kategori = 1 (FILTER)'.
 VALUE LABELS filter_\$ 0 'Not Selected' 1 'Selected'.
 FORMATS filter_\$ (f1.0).
 FILTER BY filter_\$.
 EXECUTE.

NPART TESTS

/WILCOXON=Komersial WITH Pengembangan (PAIRED)

/MISSING ANALYSIS.

EXECUTE.

NPART TESTS

/WILCOXON=Komersial WITH Pengembangan (PAIRED)

/MISSING ANALYSIS.

NPar Tests

Wilcoxon Signed Ranks Test

Ranks

		N	Mean Rank	Sum of Ranks
Pengembangan - Komersial	Negative Ranks	4 ^a	2.50	10.00
	Positive Ranks	0 ^b	.00	.00
	Ties	21 ^c		
	Total	25		

a. Pengembangan < Komersial

b. Pengembangan > Komersial

c. Pengembangan = Komersial

Test Statistics^a

Pengembangan
- Komersial

Z	-2.000 ^b
Asymp. Sig. (2-tailed)	.046

a. Wilcoxon Signed Ranks Test

b. Based on positive ranks.

USE ALL.

COMPUTE filter_\$=(Kategori = 2).

VARIABLE LABELS filter_\$ 'Kategori = 2 (FILTER)'.
 VALUE LABELS filter_\$ 0 'Not Selected' 1 'Selected'.
 FORMATS filter_\$ (f1.0).
 FILTER BY filter_\$.
 EXECUTE.
 NPAR TESTS
 /WILCOXON=Komersial WITH Pengembangan (PAIRED)
 /MISSING ANALYSIS.

NPar Tests

Wilcoxon Signed Ranks Test

Ranks

		N	Mean Rank	Sum of Ranks
Pengembangan - Komersial	Negative Ranks	5 ^a	3.00	15.00
	Positive Ranks	0 ^b	.00	.00
	Ties	20 ^c		
	Total	25		

a. Pengembangan < Komersial

b. Pengembangan > Komersial

c. Pengembangan = Komersial

Pengembangan - Komersial	
Z	-2.236 ^b
Asymp. Sig. (2-tailed)	.025

a. Wilcoxon Signed Ranks Test

b. Based on positive ranks.

USE ALL.

COMPUTE filter_\$=(Kategori = 3).

VARIABLE LABELS filter_\$ 'Kategori = 3 (FILTER)'.

VALUE LABELS filter_\$ 0 'Not Selected' 1 'Selected'.

FORMATS filter_\$ (f1.0).

FILTER BY filter_\$.

EXECUTE.

NPAR TESTS

/WILCOXON=Komersial WITH Pengembangan (PAIRED)

/MISSING ANALYSIS.

NPar Tests

Wilcoxon Signed Ranks Test

		Ranks		
		N	Mean Rank	Sum of Ranks
Pengembangan - Komersial	Negative Ranks	0 ^a	.00	.00
	Positive Ranks	0 ^b	.00	.00
	Ties	38 ^c		
	Total	38		

a. Pengembangan < Komersial

b. Pengembangan > Komersial

c. Pengembangan = Komersial

Pengembangan - Komersial

Z	.000 ^b
Asymp. Sig. (2-tailed)	1.000

a. Wilcoxon Signed Ranks Test

b. The sum of negative ranks equals the sum of positive ranks.

USE ALL.

COMPUTE filter_\$=(Kategori = 4).

VARIABLE LABELS filter_\$ 'Kategori = 4 (FILTER)'.
 VALUE LABELS filter_\$ 0 'Not Selected' 1 'Selected'.
 FORMATS filter_\$ (f1.0).
 FILTER BY filter_\$.
 EXECUTE.
 NPAR TESTS
 /WILCOXON=Komersial WITH Pengembangan (PAIRED)
 /MISSING ANALYSIS.

FORMATS filter_\$ (f1.0).

FILTER BY filter_\$.

EXECUTE.

NPAR TESTS

/WILCOXON=Komersial WITH Pengembangan (PAIRED)

/MISSING ANALYSIS.

NPar Tests

Wilcoxon Signed Ranks Test

Ranks

		N	Mean Rank	Sum of Ranks
Pengembangan - Komersial	Negative Ranks	0 ^a	.00	.00
	Positive Ranks	1 ^b	1.00	1.00
	Ties	42 ^c		
	Total	43		

a. Pengembangan < Komersial

b. Pengembangan > Komersial

c. Pengembangan = Komersial

Pengembangan - Komersial

Z	-1.000 ^b
Asymp. Sig. (2-tailed)	.317

a. Wilcoxon Signed Ranks Test

b. Based on negative ranks.

Lampiran 9 Surat Keterangan Telah Melakukan Penelitian



PEMERINTAH PROVINSI SULAWESI SELATAN
DINAS KESEHATAN
UPT RUMAH SAKIT KHUSUS DAERAH DADI
Jl. Lanto Dg. Pasewang No. 34 Makassar Telp. 0411-873120, Faksimile : 0411-872187
Laman : rskddadi.sulselprov.go.id, Kode Pos 90131

SURAT KETERANGAN
NOMOR : 000.9.2 / 24661 / RSKD-DADI

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : dr. Siti Djawijah M. Kes
NIP : 19720115 200502 2 004
Pangkat/Gol : Pembina Tk I/ IVb
Jabatan : Wadir Pelayanan Medik, Penunjang Medik, Keperawatan dan Penelitian dan pengembangan Rumah Sakit Khusus Daerah Dadi Provinsi Sulawesi Selatan

Menerangkan bahwa :

Nama : Zulfadli
Nim : P0714203211069
Program Studi : Teknologi Laboratorium Medis (D4)
Institusi : Poltekkes Kemenkes Makassar

Telah selesai melakukan Penelitian di Ruang Instalasi Laboratorium Rumah Sakit Khusus Daerah Dadi Provinsi Sulawesi Selatan terhitung mulai tanggal 17 April s/d 25 Mei 2025 untuk memperoleh data dalam rangka penulisan Karya Tulis Ilmiah/Skripsi/Tesis dengan judul "Pemanfaatan Serum Sisa Sebagai Alternatif Pengganti Antisera ABO dan Rhesus dalam Penentuan Golongan Darah"

Demikian surat keterangan ini dibuat dan diberikan kepada yang bersangkutan untuk digunakan sebagaimana mestinya, Terima Kasih.

Makassar, 20 Juni 2025
a.n Plt. Direktur RSKD Dadi Pemprov Sulsel
Wadir Pelayanan Medik, Penunjang Medik,
Keperawatan, Penelitian dan Pengembangan



dr. Siti Djawijah M. Kes,
Pangkat/Gol: Pembina Tk. I/ IVb
NIP. 19720115 200502 2 004

Lampiran 10 *Informed Consent* Pengambilan Sampel Rhesus Negatif

PENJELASAN PENELITIAN DAN PERSETUJUAN MENJADI RESPONDEN

Assalamualaikum Wr. Wb dan Salam Sejahtera,
Bapak/Ibu yang kami Hormati,
Peneliti: Zulfadli

Peneliti (Zulfadli) merupakan mahasiswa di Politeknik Kesehatan Kementerian Kesehatan Makassar, hendak melakukan penelitian mengenai "Pemanfaatan Serum Sisa sebagai Alternatif Pengganti Antisera ABO dan Rhesus dalam Penentuan Golongan Darah". Tujuan penelitian ini untuk memanfaatkan serum sisa sebagai alternatif pengganti antisera ABO dan Rh dalam penentuan golongan darah. Pemanfaatan serum sisa sebagai alternatif antisera ABO telah dilakukan pada penelitian sebelumnya. Namun, secara spesifik untuk melihat efektivitas tingkat aglutinasi, pembuatan antisera penggolongan darah Rh, dan uji validitas hasil pemeriksaan dari antisera ABO dan Rh pengembangan berbahan dasar serum sisa masih sangat terbatas, berdasarkan hal tersebut maka peneliti berkeinginan untuk melakukan pengembangan penelitian terkait pemanfaatan serum sisa sebagai alternatif pengganti antisera ABO dan Rh dalam penentuan golongan darah diharapkan dapat memberikan informasi ilmiah terkait serum sisa dapat menjadi salah satu bahan potensial untuk dikembangkan sebagai antisera ABO dan Rh pengembangan dalam menggantikan antisera ABO dan Rh komersial dalam penentuan golongan darah dan elalui penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi ilmiah kepada masyarakat mengenai pemeriksaan golongan darah.

Mengingat betapa pentingnya penelitian ini, maka kami berharap Bapak/Ibu berkenan bekerjasama dan berpartisipasi dalam menjawab beberapa pertanyaan serta berkenan dilakukan pengambilan dan pemeriksaan spesimen darah.

Keterangan dan kerjasama Bapak/Ibu sangat berguna sebagai masukan dalam penelitian ini, dan dapat diketahui bahwa keterangan dan hasil pemeriksaan Bapak/Ibu hanya diperuntukkan bagi lingkup penelitian ini sehingga kerahasiaan identitas Bapak/Ibu kami jamin kerahasiaannya. Apabila terjadi hal-hal yang tidak diinginkan selama penelitian berlangsung maka pasien dapat menghubungi peneliti Zulfadli (085394767510). Demikian atas perhatian dan sumbangsihnya, saya ucapkan terima kasih. Wassalamualaikum Wr.Wb.

Makassar, 17 Mei2025

(Peneliti)



Zulfadli

INFORMED CONSENT

Setelah mendapatkan penjelasan mengenai maksud, tujuan, serta pentingnya penelitian ini, dan resiko yang dapat timbul dalam penelitian, saya **Bersedia/Tidak Bersedia (*)** untuk dilakukan pengambilan darah menggunakan tabung plain sebanyak 3 ml dan EDTA sebanyak 3 ml serta memberikan informasi dalam melakukan pemeriksaan yang berkaitan dengan kebutuhan penelitian serta **Bersedia/Tidak Bersedia (*)** dilakukan tindakan pengambilan darah vena untuk kebutuhan pemeriksaan dalam penelitian.

Makassar, 17 Mei 2025

Penanggung Jawab

(.....Zulfadli.....)

**yang Membuat Pernyataan
Sampel Penelitian**

(.....)

Saksi I

**Petugas Laboratorium Patologi Klinik
RSKD Dadi Sulawesi Selatan**

(.....VIVIN KAMALA.....)

Saksi II

Wakil Membuat Pernyataan

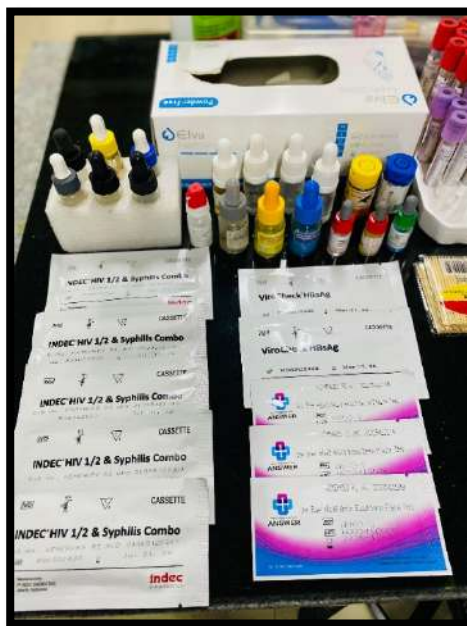
(.....RISWAN.....)

Lampiran 11 Dokumentasi Penelitian

1. Pengurusan Izin Penelitian di Bagian Diklat dan Laboratorium RSKD Dadi Provinsi Sulawesi Selatan



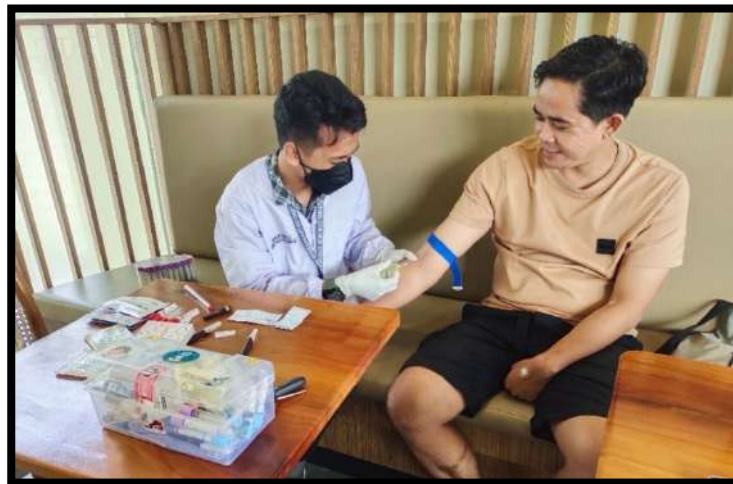
2. Alat dan Bahan yang Digunakan



3. Pengisian dan Penandatanganan Lembar Persetujuan (*Informed Consent*) Pengambilan Darah Rh Negatif



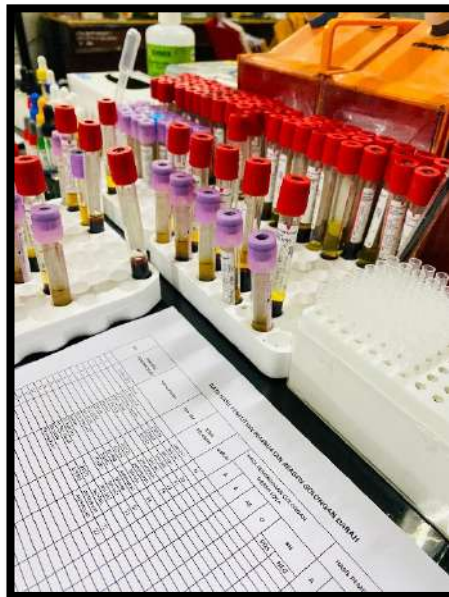
4. Proses Pengambilan Spesimen Darah Vena Rhesus Negatif



5. Proses Sentrifugasi



6. Proses Pemilahan Spesimen yang Memiliki Tabung EDTA dan Juga Tabung Plain sebagai Kandidat untuk Antisera Pengembangan



7. Pemeriksaan Golongan Darah Awal Pasien pada Tabung EDTA Menggunakan Antisera Komersial



8. Skrining Penyakit Menular HIV, Hepatitis, dan Sifilis pada Sampel Serum Sisa Sebelum dilakukan Pembuatan Antisera ABO dan Rh Pengembangan



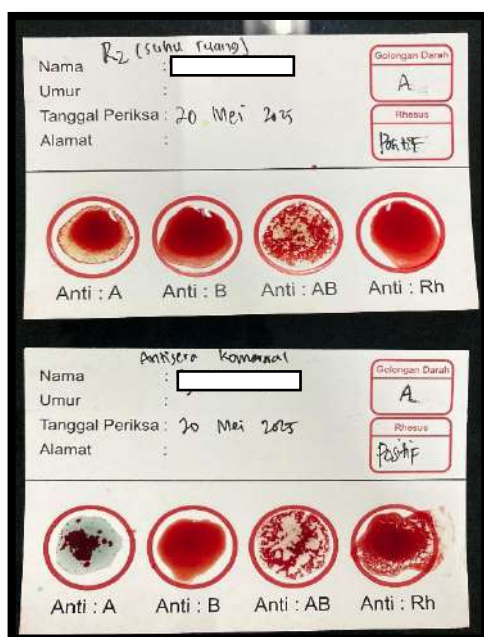
9. Proses Pembuatan Antisera ABO dan Rh Pengembangan



10. Percobaan Pemberian Zat Warna pada Antiser ABO dan Rh Pengembangan



11. Perlakuan dan Uji Coba Antisera ABO dan Rh Pengembangan terhadap Suhu Kulkas (2-8°C) dan Suhu Ruang (15-25°C)



12. Melakukan Uji Tingkat Aglutinasi Menggunakan Antisera Komersial dan Antisera Pengembangan







13. Antisera ABO dan Rh Siap Digunakan





Lampiran 12 Biodata Penulis



Nama lengkap : Zulfadli
 NIM : PO.71.4.203.21.1.069
 Tempat Tanggal Lahir : Jenepono, 12 Juli 2003
 Jenis Kelamin : Laki-laki
 Agama : Islam
 No. Telp : 082190389338
 E-mail : fdlizul07@gmail.com
 Judul Skripsi : Pemanfaatan Serum Sisa Sebagai Alternatif Pengganti Antisera ABO dan Rhesus dalam Penentuan Golongan Darah
 Nama Ayah : Abd. Rahman
 Pekerjaan : Wiraswasta
 Nama Ibu : Darmawati
 Pekerjaan : Ibu Rumah Tangga
 Pembimbing : 1. Yaumil Fachni Tandjungbulu, S.ST.,M.Kes
 2. Alfin Resya Virgiawan, S.ST., M.Si
 Penguji : Dr. H. Herman, S.Pd., M.Kes