

LAPORAN AKHIR
PENELITIAN DASAR UNGGULAN PERGURUAN TINGGI



**SKRINING DAN IDENTIFIKASI ANTIBODI IREGULER PADA DARAH PASIEN DI
RSUD R.T. NOTOPURO SIDOARJO**

Oleh:

Ketua Peneliti:

Dr. Ni Luh Putu Eka S, S.Kp., M.Kes

Anggota:

Ardi Panggayuh, S.Kp., M.Kes

Nia Lukita A, S.Si., M.Sc

POLITEKNIK KESEHATAN KEMENKES MALANG
JURUSAN ANALISIS FARMASI DAN MAKANAN
PROGRAM STUDI D3 TEKNOLOGI BANK DARAH
TAHUN 2025

HALAMAN PENGESAHAN

Penelitian dengan Judul **SKRINING DAN IDENTIFIKASI ANTIBODI IREGULER PADA DARAH PASIEN DI RSUD R.T. NOTOPURO SIDOARJO** telah dipresentasikan dan disetujui pada kegiatan Diseminasi Hasil Penelitian pada tanggal 2 Desember 2025

Ketua Peneliti:



Dr. Ni Luh Putu Eka S, S.Kp., M.Kes
NIP. 196505041988032001

KATA PENGANTAR

Dengan mengucap puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, atas Rahmat-Nya yang tiada terbatas kepada kita semua, sehingga telah berhasil disusun laporan penelitian dengan judul Skrining Dan Identifikasi Antibodi Ireguler Pada Darah Pasien Di RSUD R.T. Notopuro Sidoarjo

Kami mengucapkan terima kasih atas segala bantuan dan kerjasama dari berbagai pihak yang telah terlibat dalam pelaksanaan penelitian dan penyusunan laporan ini kepada:

1. Direktur Politeknik Kesehatan Kemenkes Malang yang telah memberikan ijin dan dukungan dana penelitian
2. Direktur RSUD RT. Notopuro Sidoarjo yang telah memberikan ijin penelitian
3. Ketua ITD RSUD RT. Notopuro Sidoarjo dan tim yang telah memberikan ijin dan dukungan dalam pelaksanaan penelitian
4. Ketua Jurusan Analisis Farmasi dan Makanan yang telah memberikan dukungan, dorongan dan kesempatan untuk penelitian
5. Seluruh dosen, tenaga kependidikan, dan semua pihak yang telah membantu pelaksanaan penelitian

Akhirnya tim peneliti berharap semoga laporan ini memberikan manfaat bagi semua pihak terutama yang terkait dalam pelayanan transfusi darah agar dapat memberikan pelayanan transfusi darah yang aman dan berkualitas.

Malang, Desember 2025

Penyusun

RINGKASAN

Darah dan produk darah mempunyai peranan penting dalam pelayanan kesehatan sehingga keamanan terhadap darah dan produk darah harus terjamin. Sesuai dengan World Health Assembly (WHA) maka keamanan darah dan produk darah merupakan tujuan pelayanan kesehatan Nasional yang penting. Hal ini juga diamanatkan dalam Permenkes RI Nomor 91 tahun 2015 tentang Standar Pelayanan transfusi darah. Salah satu tindakan pemeriksaan untuk menjamin keamanan darah adalah melalui pemeriksaan pra transfusi yang merupakan bagian yang sangat penting sebelum darah ditransfusikan.

Uji pra transfusi merupakan serangkaian prosedur pemeriksaan mencocokkan darah pasien dengan darah donor sehingga pasien mendapatkan komponen darah yang kompatibel sehingga aman dan tidak menimbulkan masalah atau reaksi bagi pasien, serta mempunyai efek pengobatan bila ditransfusikan. Uji pra transfusi meliputi pemeriksaan golongan darah ABO dan Rhesus (D phenotype), skrining antibodi dan uji silang darah (*crossmatching*).

Pemeriksaan skrining antibodi merupakan pemeriksaan untuk mengetahui adanya antibodi irreguler atau *unexpected antibodies* pada serum atau plasma. Antibodi ini telah diketahui menyebabkan reaksi transfusi atau mengganggu kelangsungan hidup sel darah merah yang ditransfusikan. Apabila hasil pemeriksaan skrining antibodi positif maka dilanjutkan dengan pemeriksaan identifikasi jenis antibodi. Sedangkan untuk hasil pemeriksaan yang negatif akan dilanjutkan dengan *immediate spin crossmatch*. Pemeriksaan skrining antibodi donor dengan hasil negatif akan menghasilkan uji silang serasi minor yang negatif. Namun pada beberapa kasus didapatkan hasil pemeriksaan uji silang serasi positif. Hal ini kemungkinan disebabkan karena terdapat permasalahan pada darah pasien, diantaranya disebabkan karena adanya pemberian transfusi berulang yang dapat mengakibatkan terbentuknya antibodi irreguler atau aloantibodi, sehingga diperlukan juga skrining antibodi irreguler pada pasien. Pada saat ini UTDRS RT. Notopuro Sidoarjo telah melakukan pemeriksaan skrining antibodi namun belum dilanjutkan untuk pemeriksaan identifikasi jenis antibodinya.

Tujuan penelitian pada tahun pertama adalah untuk mengetahui dan mengidentifikasi jenis antibodi irreguler pada darah pasien, serta menganalisis faktor resiko yang berhubungan dengan timbulnya antibodi irreguler.

Berdasarkan hasil penelitian 45% dari responden tidak mengekspresikan antibody irreguler sedangkan 55% responden positif mengekspresikan antibodi. Sedangkan untuk yang positif, jenis

antibodinya mayoritas adalah non spesifik sebesar 82%. Antibodi ireguler berhubungan dengan hasil pemeriksaan DCT dan penyakit CKD. Disregulasi sistem imun pada CKD meningkatkan resiko sensitiasi sehingga pada pasien CKD perlu skrining antibodi lebih ketat. Pemeriksaan DCT merupakan indikator untuk alloimunisasi sehingga wajib dianalisis pada pasien dengan transfusi berulang. Faktor lain : usia, jenis kelamin, pekerjaan, pendidikan, golongan darah tidak berhubungan secara signifikan dengan antibodi ireguler pasien

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	3
RINGKASAN	4
DAFTAR ISI.....	6
BAB I PENDAHULUAN	8
1.1 Latar Belakang	8
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	10
2.1 Golongan Darah.....	10
2.2 Pemeriksaan Uji Silang.....	10
2.3 Skrining Antibodi.....	11
2.4 Identifikasi Antibodi	12
BAB III TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN	13
BAB IV METODE PENELITIAN	14
4.1 Desain Penelitian	14
4.2 Populasi Dan Sampel	14
4.3 Variabel Dan Definisi Operasional Variabel	14
4.4 Tempat Dan Waktu Penelitian	14
4.1 Prosedur Penelitian	15
4.5.1 Pra Penelitian	15
4.5.2 Tahap Penelitian.....	15
4.5.3 Tahap Analisis Data.....	15
BAB V HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	16
5.1 Deskripsi Data Penelitian.....	16

5.2	Faktor Yang Mempengaruhi Terbentuknya Antibodi Ireguler	18
5.3	Pembahasan.....	20
5.3.1	Hubungan Karakteristik Responden Dengan Antibodi Ireguler	20
5.3.2	Usia	21
5.3.3	Jenis Kelamin.....	22
5.3.4	Golongan Darah Dan Rhesus.....	23
5.3.5	Pekerjaan.....	23
5.3.6	Pendidikan.....	24
5.3.7	Hubungan Riwayat Transfusi Dengan Antibodi Ireguler	25
5.3.8	Hubungan Komponen Darah Transfusi Dengan Antibodi Ireguler	26
5.3.9	Hubungan Reaksi Transfusi Responden Dengan Antibodi Ireguler	27
5.3.10	Hubungan Diagnosis Penyakit Responden Dengan Antibodi Ireguler	28
5.3.11	Jenis Antibodi Ireguler Pada Pasien	28
5.4	Hasil Pemeriksaan Uji Silang Serasi Mayor Dan Direct Coombs Test (DCT) Pada Pasien	31
	BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	33
6.1	Kesimpulan	33
6.2	Saran	33
	DAFTAR PUSTAKA	35

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pemeriksaan pra transfusi adalah suatu rangkaian prosedur pemeriksaan mencocokkan darah resipien dan donor sebelum darah diberikan kepada resipien. Tujuan pemeriksaan ini untuk memastikan ada tidaknya aloantibodi pada darah resipien yang akan bereaksi dengan darah donor bila ditransfusikan atau sebaliknya (1). Pemeriksaan pra transfusi di antaranya meliputi pemeriksaan golongan darah ABO dan Rhesus, *crossmatch* atau uji silang serasi, *Coomb's test*, skrining dan identifikasi antibodi (1)(2). Pemeriksaan skrining antibodi bertujuan untuk mengetahui ada tidaknya antibodi irreguler, dan bila didapatkan hasil positif maka dilanjutkan ke pemeriksaan identifikasi antibodi. Pemeriksaan tersebut menggunakan sel panel kecil untuk skrining antibodi dan sel panel besar untuk identifikasi antibodi (2)(3).

Pemeriksaan skrining antibodi dilakukan pada darah donor dan darah pasien dengan tujuan untuk mengetahui adanya antibodi irreguler pada darah pasien atau donor (4). Adanya antibodi irreguler dapat menimbulkan reaksi transfusi yang merugikan bagi pasien dengan gejala ringan sampai berat (5). Apabila terdapat antibodi irreguler pada darah donor maka darah tersebut tidak boleh ditransfusikan ke pasien. Skrining antibodi dengan hasil yang negatif, dilanjutkan dengan pemeriksaan uji silang darah. Uji silang darah terdiri dari mayor dan minor. Uji silang darah mayor yaitu mereaksikan serum/plasma pasien dengan eritrosit donor untuk mendeteksi apakah terdapat antibodi dalam serum/plasma yang dapat merusak sel donor tersebut. Uji silang darah minor yaitu mereaksikan serum/plasma donor dengan eritrosit pasien untuk mengetahui apakah eritrosit pasien akan dihancurkan oleh serum/plasma donor.

Hasil skrining antibodi donor yang negatif seharusnya menghasilkan hasil pemeriksaan uji silang serasi minor yang negatif, tetapi pada beberapa kasus menunjukkan hasil yang positif. Hasil penelitian (6) menunjukkan bahwa sebanyak 227 dari 82.153 pendonor (0.27%) menunjukkan hasil positif. Data di UTD PMI Kota Surabaya pada bulan Juli - Desember 2022, diperoleh 308 hasil uji silang mayor yang positif (1.57%) dari 19.547 darah dengan hasil skrining antibodi darah donor yang negatif. Sedangkan data di UTD PMI RSUD Sidoarjo tahun 2023 menunjukkan rata-rata pengeluaran darah untuk transfusi adalah 1818 kantong per bulan, sedangkan hasil pemeriksaan uji silang serasi didapatkan 30 hasil positif per bulan. Pada kasus

tersebut harus ditelusuri kemungkinan penyebabnya, diantaranya adalah faktor penyebab yang berasal dari darah pasien. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa faktor-faktor yang berhubungan dengan adanya antibodi ireguler adalah usia, jenis kelamin, adanya riwayat transfusi, pemakaian obat dan faktor penyakit (7)(8). Apabila terdapat hasil positif pada pemeriksaan uji silang serasi maka darah tidak dapat ditransfusikan atau darah dapat ditransfusikan berdasarkan persetujuan dokter penanggung jawab pasien dengan mempertimbangkan derajat inkompatibilitas.

Pada saat ini UTD Rumah Sakit telah melakukan skrining antibodi pada darah pasien, namun belum dilakukan pemeriksaan identifikasi antibodi.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Pelayanan transfusi darah adalah upaya pelayanan kesehatan yang meliputi perencanaan, pengerahan dan pelestarian pendonor darah, penyediaan darah, pendistribusian darah, dan tindakan medis pemberian darah kepada pasien untuk tujuan penyembuhan penyakit dan pemulihan kesehatan (1). Pemeriksaan pra transfusi merupakan salah satu pengamanan pelayan transfusi darah dalam upaya memberikan komponen darah yang dapat bermanfaat dan memberikan efek terapeutik sesuai yang diharapkan. Pemeriksaan pra transfusi terdiri dari pemeriksaan golongan darah, skrining dan identifikasi antibodi dan pemeriksaan uji silang serasi.

2.1 Golongan Darah

Sistem golongan darah ABO digunakan untuk menunjukkan adanya salah satu, keduanya, atau tidak satu pun dari antigen A dan B dalam eritrosit. Anti-A dan anti-B adalah antibodi sel darah merah alamiah yang umumnya ditemukan dalam serum atau plasma manusia. Semua antibodi lainnya disebut "*un-expected red cell antibodies.*" Ada dua jenis antibodi sel darah merah yang tidak terduga yaitu alloantibodi dan autoantibodi. Ketika seseorang menghasilkan antibodi terhadap antigen yang tidak dimilikinya, antibodi itu disebut alloantibodi. Ketika seseorang menghasilkan antibodi terhadap antigen yang dia miliki, antibodi itu disebut autoantibodi. Oleh karena itu, alloantibodi hanya bereaksi dengan sel darah merah allogenik yang mengekspresikan antigen yang sesuai bukan dengan sel darah merah penghasil antibodi. Sebaliknya, autoantibodi reaktif dengan sel darah merah produsen antibodi. Faktanya, autoantibodi biasanya reaktif dengan sebagian besar sel darah merah reagen serta dengan sel darah merah autologous (9).

2.2 Pemeriksaan Uji Silang

Pemeriksaan uji silang diperlukan sebelum melakukan transfusi darah untuk melihat apakah darah pasien / resipien sesuai dengan darah donor. Pemeriksaan uji silang ini sangat perlu untuk mencegah reaksi transfusi dengan memastikan penderita tidak mengandung antibodi yang reaktif terhadap antigen pada sel darah merah donor dan bermanfaat bagi pasien. Pada uji silang mayor adalah memeriksa ketidakcocokan oleh karena adanya antibodi dalam serum pasien terhadap antigen sel darah merah donor. Pada uji silang minor adalah untuk memastikan ketidakcocokan oleh karena adanya antibodi dalam serum donor terhadap antigen sel darah

merah pasien. Pada pemeriksaan auto adalah mereaksikan antara sel darah merah pasien dengan serumnya untuk mengetahui apakah terdapat autoantibodi atau tidak untuk melihat reaksi autoimun (1)(10).

2.3 Skrining Antibodi

Pemeriksaan skrining antibodi adalah suatu pemeriksaan untuk mendeteksi ada atau tidaknya antibodi ireguler atau antibodi yang tidak terduga pada serum/plasma. Antibodi tidak terduga merupakan immune alloantibodies yang diproduksi sebagai respon terhadap masuknya antigen eritrosit yang distimulasi melalui transfusi, transplantasi atau kasus kehamilan. Antibodi tersebut juga telah diketahui menyebabkan reaksi transfusi atau mengganggu kelangsungan hidup sel darah merah yang di transfusikan (11). Begitu juga, pemeriksaan skrining antibodi pada donor perlu dilakukan untuk mendeteksi sejak dini adanya kemungkinan antibodi tidak terduga yang bebas dalam serum atau plasma donor.

Deteksi antibodi tersebut dapat menghilangkan pemeriksaan minor pada proses uji silang darah, karena apabila di dalam plasma donor sudah tidak ada antibodi irreguler yang dapat berdampak klinis ketika ditransfusikan maka tidak akan terjadi inkompatibilitas pada saat dilakukan pemeriksaan minor dalam uji silang darah (12). Inkompatibilitas dapat terjadi jika sel darah merah

Tinjauan pustaka tidak lebih dari 1000 kata dengan mengemukakan *state of the art* dan peta jalan (*road map*) dalam bidang yang diteliti. Bagan dan *road map* dibuat dalam bentuk JPG/PNG yang kemudian disisipkan dalam isian ini. Sumber pustaka/referensi primer yang relevan dan dengan mengutamakan hasil penelitian pada jurnal ilmiah dan/atau paten yang terkini. Disarankan penggunaan sumber pustaka 10 tahun terakhir dan penulisan sitasi menggunakan *Vancouver style* berdasarkan nomor urut kemunculan di teks.

Pasien sudah bermasalah atau ada antibodi yang menempel pada antigen. Secara umum antibodi tidak terduga dapat berdampak klinis apabila merupakan antibodi yang bereaksi pada suhu 37°C atau yang biasa disebut dengan warm antibody (antibodi tipe hangat). Pemeriksaan skrining antibodi ini perlu dilakukan pada setiap donor maupun pasien yang dapat dilakukan dengan metode tube test atau gell test. Prinsip dari pemeriksaan skrining antibodi yaitu serum atau plasma direaksikan dengan sel panel kecil yang terdiri dari 2 sampai 3 individu golongan darah O yang telah diketahui antigen permukaannya. Sel panel kecil harus memiliki susunan

antigen homozygot seperti: C, M, dan Jk-a, sehingga antibodi yang spesifik reaksinya akan dipengaruhi oleh dosis antigen (dosage effect) agar dapat teridentifikasi (9).

2.4 Identifikasi Antibodi

Pemeriksaan identifikasi antibodi pada plasma/ serum pasien maupun donor menggunakan reagensia yaitu sel panel besar. Sel panel besar merupakan sekelompok sel darah merah yang terdiri atas 8-11 individu golongan darah O yang diketahui susunan antigen permukaannya, sehingga perbedaan antigen satu dengan lainnya lebih jelas. Antigen make up minimal harus mengandung antigen: D, C, c, E, e,M, N, S, s,P1, Lu-a , Lu-b , K, Le-a , Le-b, Fy-a , Fy-b, Jk-a dan Jk-b . Selain itu juga beberapa antigen harus homozygot seperti D, C, E, S, M, Lu-b, K, Fy-a. Pada sel panel komersial persyaratan ini sudah terpenuhi, sehingga dapat langsung digunakan untuk identifikasi antibodi pada plasma/ serum pasien maupun donor.

Identifikasi antibodi terhadap antigen sel darah merah memerlukan pengujian serum terhadap panel sampel sel darah merah terpilih (biasanya 8-14 sampel) dengan komposisi antigenik yang diketahui untuk golongan darah utama. Biasanya, sampel sel darah merah diperoleh dari pemasok komersial, tetapi institusi dapat merakit panel mereka sendiri dengan menggunakan sel darah merah dari sumber lokal (8)(13)

BAB III

TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

Tujuan umum penelitian adalah untuk mengidentifikasi antibodi ireguler pada darah pasien. Sedangkan tujuan khusus penelitian adalah ;

1. Mengetahui adanya antibodi ireguler pada darah pasien
2. Mengidentifikasi jenis antibodi ireguler pada darah pasien
3. Menganalisis faktor resiko yang berhubungan dengan antibodi ireguler pada pasien: usia, jenis kelamin, riwayat transfusi, jenis penyakit

Sedangkan manfaat dari penelitian ini adalah dapat memberikan data dasar tentang faktor-faktor yang berhubungan dengan adanya antibodi ireguler pada pasien dan kemungkinan timbulnya reaksi transfusi. Dengan data ini diharapkan dapat memberikan masukan untuk penyempurnaan standar prosedur dalam pencegahan terjadinya reaksi transfusi pada pasien

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Desain Penelitian

Desain penelitian yang digunakan adalah cross sectional

4.2 Populasi Dan Sampel

Populasi pada penelitian ini adalah pasien dengan hasil uji silang serasi positif yang rata rata berjumlah 30 orang per bulan. Sedangkan sampel penelitian adalah 35 orang (jumlah populasi + 20%).

Kriteria inklusi sampel adalah :

Pasien yang mempunyai riwayat transfusi darah berulang pada penyakit : talasemia, gagal ginjal kronis, keganasan, penyakit kelainan darah

Teknik sampling yang digunakan adalah total sampling.

4.3 Variabel Dan Definisi Operasional Variabel

Variabel	Definisi operasional	Alat ukur	Hasil ukur	Jenis Data
Skrining antibodi	Pemeriksaan yang dilakukan untuk mengetahui adanya antibodi irreguler pada serum donor	CAT (Column Agglutination Technology)	Positif (+) Negatif (-)	Nominal
Identifikasi antibodi	Pemeriksaan lanjutan apabila ditemukan adanya antibodi irreguler pada serum pasien, dengan tujuan untuk mengidentifikasi jenis antibodi yang terdapat pada serum pasien.	CAT (Column Agglutination Technology)	Jenis antibodi irreguler	Nominal
Faktor resiko	Faktor-faktor yang berhubungan dengan adanya antibodi irreguler pada pasien yang mempunyai riwayat transfusi	Lembar observasi	Ya/Tidak	Nominal

4.4 Tempat Dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di UTD PMI RSUD Sidoarjo pada bulan Maret sampai Juli tahun 2025.

4.1 Prosedur Penelitian

4.5.1 Pra Penelitian

Mengurus perizinan dan etik penelitian dari Komite Etik Penelitian Poltekkes Kemenkes Malang serta melakukan kegiatan FGD bersama Kepala UTDRS dan peneliti pembantu.

4.5.2 Tahap Penelitian

Antara lain pengambilan data di UTD RSUD Sidoarjo. Sampel darah yang telah diperoleh dari responden selanjutnya diperiksa melalui skrining antibodi. Bila hasilnya positif, maka dilanjutkan dengan identifikasi antibodi. Selanjutnya dilakukan pemeriksaan uji silang serasi dan DCT (*Direct Coombs Test*). Pengisian data oleh responden pada lembar observasi dilakukan untuk memperoleh data terkait faktor resiko.

4.5.3 Tahap Analisis Data

Data dianalisis secara deskriptif untuk data terkait dengan identifikasi antibody sedangkan untuk faktor resiko antibody ireguler dianalisis menggunakan Spearman Ran k.

BAB V

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1 Deskripsi Data Penelitian

Pada bagian ini disajikan hasil deskripsi data penelitian meliputi karakteristik umum pasien, golongan darah, diagnosis penyakit, skrining antibodi, jenis antibodi, Uji Silang Serasi (USS) mayor, dan *Direct Coombs test* (DCT).

Tabel 5.1. Deskripsi Data Penelitian

Karakteristik	Jumlah (n)	Persen (%)
Usia ($M \pm SD$)	48.03 ± 10.47	
Jenis Kelamin		
Laki-laki	11	35.5%
Perempuan	20	64.5%
Pendidikan		
SMP	8	25.8%
SMA	22	71.0%
D3	1	3.2%
Pekerjaan		
Tidak bekerja	25	80.6%
Bekerja	6	19.4%
Golongan Darah		
A	4	12.9%
B	6	19.4%
O	17	54.8%
AB	4	12.9%
Jumlah Transfusi ($M \pm SD$)	18.90 ± 24.49	
Komponen Transfusi		
PRC	29	93.5%
PRCLD	3	9.7%
TC	3	9.7%
WB	1	3.2%
Reaksi Transfusi		
Tidak ada	30	96.8%
Ada	1	3.2%
Diagnosis Penyakit		
CKD (Chronic Kidney Disease	17	54.8%
Heart Disease	2	6.5%

Karakteristik	Jumlah (n)	Persen (%)
Anemia	12	38.7%
SLE	2	6.5%
Diabetes mellitus	1	3.2%
Skrining Antibodi		
Negatif	14	45.2%
Positif	17	54.8%
Jenis Antibodi		
Negatif	14	45.2%
Non spesifik	14	45.2%
Anti-E	2	6.5%
Anti Kidd	1	3.2%
Uji Silang Serasi (USS)		
Mayor		
Negatif	28	90.3%
Positif	3	9.7%
DCT (<i>Direct Coombs test</i>)		
Negatif	11	35.5%
Positif	20	64.5%
Total	31	100%

Sumber: Data Penelitian Diolah (2025)

Hasil deskripsi usia diperoleh rata-rata usia sebesar 48,03 tahun dengan rentang usia 20 hingga 65 tahun. Jenis kelamin diperoleh jumlah pasien perempuan (64,5%) lebih banyak dibandingkan jumlah pasien laki-laki (35,5%). Pendidikan menunjukkan mayoritas menempuh pendidikan SMA sebanyak 22 orang (71,0%). Sedangkan pekerjaan menunjukkan bahwa mayoritas pasien tidak bekerja (80,6%).

Hasil deskripsi golongan darah menunjukkan bahwa paling banyak pasien memiliki golongan darah O (54,8%) dan golongan darah B (19,4%). Jumlah transfuse darah diperoleh rata-rata jumlah transfusi sebanyak 18,90 kali. Komponen darah yang paling banyak adalah *Packed Red Cell* (PRC) (93,5%), dan dari reaksi transfusi menunjukkan mayoritas tidak memiliki reaksi setelah melakukan transfusi (96,8%). Selanjutnya deskripsi diagnosis menunjukkan bahwa paling banyak didiagnosa *Chronic Kidney Disease* (CKD) (54,8%) dan anemia (38,7%).

Hasil deskripsi skrining antibodi menunjukkan jumlah pasien yang tergolong positif (54,8%) lebih banyak dibandingkan dengan pasien yang tergolong negatif (45,2%). Kemudian berdasarkan jenis antibodi menunjukkan jumlah terbanyak adalah non spesifik (45,2%).

Selanjutnya berdasarkan USS Mayor menunjukkan jumlah pasien yang tergolong negatif (90,3%) lebih banyak dibandingkan dengan pasien yang tergolong positif (9,7%). Kemudian jumlah pasien yang dengan hasil DCT positif (64,5%) lebih banyak dibandingkan dengan pasien yang tergolong negatif (35,5%).

5.2 Faktor Yang Mempengaruhi Terbentuknya Antibodi Ireguler

Pada bagian ini akan diuji faktor-faktor yang mempengaruhi adanya antibodi ireguler pada pasien. Pengujian dilakukan menggunakan uji korelasi Spearman dengan hasil sebagai berikut.

Tabel 5.2. Korelasi Karakteristik Umum Pasien dengan Antibodi Ireguler

Karakteristik	Skrining Antibodi		Total	r	p
	Negatif	Positif			
Usia				0.076	0.684
Jenis Kelamin					
Laki-laki	6 (42.9)	5 (29.4)	11 (35.5)	0.140	0.453
Perempuan	8 (57.1)	12 (70.6)	20 (64.5)		
Pendidikan					
SMP	5 (35.7)	3 (17.6)	8 (25.8)	0.238	0.197
SMA	9 (64.3)	13 (76.5)	22 (71.0)		
D3	0 (0.0)	1 (5.9)	1 (3.2)		
Pekerjaan					
Tidak bekerja	13 (92.9)	12 (70.6)	25 (80.6)	0.281	0.126
Bekerja	1 (7.1)	5 (29.4)	6 (19.4)		
Total	14 (100)	17 (100)	31 (100)		

Sumber: Data Penelitian Diolah (2025)

Hasil korelasi antara karakteristik umum pasien dengan antibodi ireguler menunjukkan tidak ada faktor yang memiliki korelasi signifikan ($p < 0,05$) dengan skrining antibodi, artinya usia, jenis kelamin, pendidikan, dan pekerjaan tidak memiliki kaitan atau hubungan dengan antibodi ireguler.

Tabel 5.3. Korelasi Golongan Darah Pasien dengan Antibodi ireguler

Karakteristik	Skrining Antibodi		Total	r	p
	Negatif	Positif			
Golongan Darah					
A	3 (21.4)	1 (5.9)	4 (12.9)	-0.231	0.212
B	2 (14.3)	4 (23.5)	6 (19.4)	0.116	0.533
O	7 (50.0)	10 (58.8)	17 (54.8)	0.088	0.637

AB	2 (14.3)	2 (11.8)	4 (12.9)	-0.037	0.842
Total	14 (100)	17 (100)	31 (100)		

Sumber: Data Penelitian Diolah (2025)

Hasil korelasi antara golongan darah pasien dengan antibodi ireguler menunjukkan tidak ada faktor yang memiliki korelasi signifikan ($p < 0,05$) dengan antibodi ireguler, artinya golongan darah tidak memiliki kaitan atau hubungan dengan antibodi ireguler

Tabel 5.4. Korelasi Riwayat Transfusi Pasien dengan Antibodi Ireguler

Karakteristik	Skrining Antibodi		Total	r	p
	Negatif	Positif			
Jumlah Transfusi (M±SD)				-0.095	0.611
Komponen Transfusi					
PRC	14 (100)	15 (88.2)	29 (93.5)	-0.238	0.197
PRCLD	0 (0.0)	3 (17.6)	3 (9.7)	0.297	0.105
TC	0 (0.0)	3 (17.6)	3 (9.7)	0.297	0.105
WB	0 (0.0)	1 (5.9)	1 (3.2)	0.166	0.373
Reaksi Transfusi					
Tidak ada	14 (100)	16 (94.1)	30 (96.8)	0.166	0.373
Ada	0 (0.0)	1 (5.9)	1 (3.2)		
Total	14 (100)	17 (100)	31 (100)		

Sumber: Data Penelitian Diolah (2025)

Hasil korelasi antara riwayat transfusi pasien dengan antibodi ireguler menunjukkan tidak ada faktor yang memiliki korelasi signifikan ($p < 0,05$) terbentuknya antibodi ireguler, artinya riwayat transfusi tidak memiliki kaitan atau hubungan dengan antibodi ireguler.

Tabel 5.5. Korelasi Diagnosis Penyakit Pasien dengan antibodi ireguler

Karakteristik	Skrining Antibodi		Total	r	p
	Negatif	Positif			
Diagnosis					
CKD	12 (85.7)	5 (29.4)	17 (54.8)	-0.563	0.001
Heart Disease	1 (7.1)	1 (5.9)	2 (6.5)	-0.026	0.892
Anemia	3 (21.4)	9 (52.9)	12 (38.7)	0.322	0.077
SLE	0 (0.0)	2 (11.8)	2 (6.5)	0.238	0.197
Diabetes mellitus	0 (0.0)	1 (5.9)	1 (3.2)	0.166	0.373
Total	14 (100)	17 (100)	31 (100)		

Sumber: Data Penelitian Diolah (2025)

Hasil korelasi antara diagnosis penyakit pasien dengan antibodi ireguler menunjukkan diagnosis CKD yang memiliki korelasi signifikan ($p < 0,05$) dengan antibodi ireguler, artinya pasien yang terdiagnosa CKD memiliki kemungkinan memiliki antibodi ireguler. Hasil lain menunjukkan tidak ada faktor yang memiliki korelasi signifikan ($p < 0,05$) dengan antibodi ireguler, artinya diagnosis lainnya tidak memiliki kaitan atau hubungan dengan antibodi ireguler.

Tabel 5. 6. Korelasi USS dan DCT Pasien dengan Antibodi Ireguler

Karakteristik	Skrining Antibodi		Total	r	p
	Negatif	Positif			
USS Mayor					
Negatif	14 (100)	14 (82.4)	28 (90.3)	0.297	0.105
Positif	0 (0.0)	3 (17.6)	3 (9.7)		
DCT					
Negatif	9 (64.3)	2 (11.8)	11 (35.5)	0.546	0.001
Positif	5 (35.7)	15 (88.2)	20 (64.5)		
Total	14 (100)	17 (100)	31 (100)		

Sumber: Data Penelitian Diolah (2025)

Hasil korelasi antara USS mayor pasien dengan antibodi ireguler menunjukkan tidak ada korelasi signifikan ($p < 0,05$) dengan skrining antibodi, artinya USS mayor tidak memiliki kaitan atau hubungan dengan antibodi ireguler. Sedangkan korelasi antara DCT pasien dengan antibodi ireguler menunjukkan ada korelasi signifikan ($p < 0,05$) dengan antibodi ireguler, artinya pasien yang memiliki DCT positif memiliki kemungkinan memiliki antibodi ireguler, sedangkan pasien yang memiliki DCT negatif kemungkinan tidak memiliki antibodi ireguler.

5.3 Pembahasan

5.3.1 Hubungan Karakteristik Responden Dengan Antibodi Ireguler

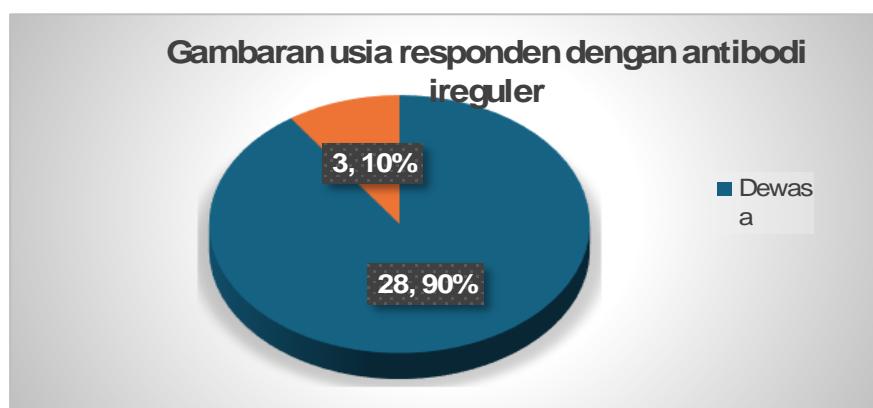
Pembentukan antibodi ireguler merupakan bagian dari respon imun adaptif yang dapat terjadi ketika seseorang terpapar antigen terdapat pada eritrosit asing. Eritrosit ini utamanya didapatkan dari kegiatan transfusi darah, masa kehamilan, atau transplantasi. Paparan ini akan memicu antigen presenting cells (APC), untuk memaparkan antigen dan selanjutnya akan mengaktifasi sel T dan sel B untuk memproduksi antibodi spesifik terhadap antigen tersebut (Tormey & Hendrickson, 2019; Schijns & Hendrickson, 2016). Dalam konteks transfusi, risiko pembentukan antibody ireguler akan meningkat ketika terdapat ketidakcocokan antigen tidak

biasa (ireguler) yang tidak terdeteksi selama proses *crossmatching*, sehingga sel darah merah donor dapat bertahan cukup lama untuk memicu respons imun adaptif (Fu et al., 2025). Mekanisme imunologis ini menunjukkan bahwa aktivasi imunitas bawaan melalui jalur MyD88 juga berperan sebagai pemicu awal sebelum respons adaptif terbentuk (Soldatenko et al., 2022). Dalam kasus kehamilan, alloimunisasi dapat terjadi ketika ibu terpajan antigen eritrosit janin yang diwarisi dari ayah, kondisi ini akan memicu produksi antibodi IgG yang dapat melewati plasenta dan menyebabkan penyakit hemolitik pada janin atau bayi baru lahir (Nurul 'Adani et al., 2024).

Beberapa faktor-faktor eksternal bawaan dari seseorang secara demografis dan klinis seperti usia, jenis kelamin, golongan darah, pekerjaan, pendidikan, serta riwayat transfuse diduga memiliki potensi untuk mempengaruhi kekuatan respon imun tersebut. Berikut akan dilakukan deskripsi masing-masing dengan lebih detil, berdasarkan data yang diambil pada responden riset ini.

5.3.2 Usia

Klasifikasi usia berdasarkan Kemenkes RI, hasilnya dapat dilihat dalam gambar di bawah ini. Usia dewasa berada dalam rentang 18-60 tahun, sebanyak 28 orang (28,90 %) dan lansia adalah 60 tahun keatas sebanyak 3 orang (3,1%). Hasil analisa menunjukkan bahwa rata-rata usia responden adalah 48.03 ± 10.47 tahun. Usia dapat memengaruhi kecenderungan pembentukan alloantibodi karena perubahan fisiologis sistem imun. Wilson et al. (2023) melaporkan bahwa risiko alloimunisasi meningkat pada usia lanjut karena penurunan toleransi imunologis terhadap antigen eritrosit asing.



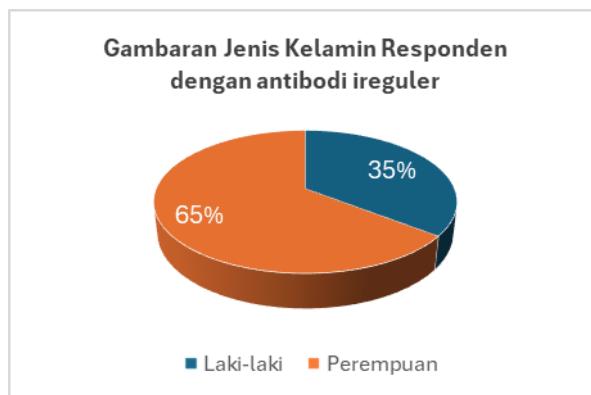
Sumber: Data Penelitian diolah (2025)

Gambar 5.1. Usia responden dengan antibodi ireguler di RSUD R.T Notopuro Sidoarjo

Namun, studi Mukherjee et al. (2025) menunjukkan bahwa alloimunisasi dapat ditemukan pada berbagai rentang usia (4–70 tahun), dan tidak selalu terdapat pola bermakna antara usia ekstrem dan terbentuknya antibodi. Rawina (2024) menunjukkan bahwa sebagian besar pasien dengan antibodi ireguler berada pada usia produktif (26–45 tahun) dan menengah (46–60 tahun), yang kemungkinan berkorelasi dengan frekuensi kebutuhan transfusi lebih tinggi pada kelompok usia ini. Secara keseluruhan, usia memengaruhi risiko alloimunisasi baik melalui mekanisme biologis (*immunosenescence*) maupun paparan klinis (kebutuhan transfusi).

5.3.3 Jenis Kelamin

Dalam penelitian, responden berjumlah 31 pasien, dengan klasifikasi jenis kelamin yang hasilnya dapat dilihat dalam gambar di bawah ini. Pasien dengan jenis kelamin laki-laki, sebanyak 11 orang (35 %) dan wanita sebanyak 20 orang (65%).



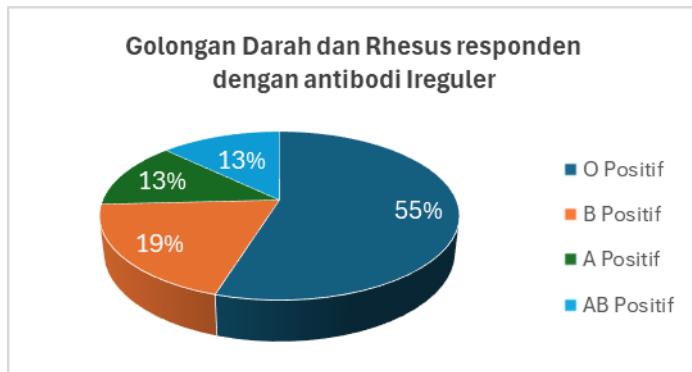
Sumber: Data Penelitian diolah (2025)

Gambar 5.2. Jenis kelamin responden dengan antibodi ireguler di RSUD R.T Notopuro Sidoarjo

Beberapa studi terdahulu menunjukkan bahwa jenis kelamin perempuan secara konsisten dilaporkan memiliki risiko lebih tinggi dalam terbentuknya antibodi ireguler. Studi oleh Rastogi et al. (2025) menunjukkan bahwa perempuan memiliki prevalensi alloimunisasi lebih tinggi secara bermakna ($p < 0.05$). Hal ini sejalan dengan laporan Wilson et al. (2023) yang menetapkan jenis kelamin perempuan sebagai faktor risiko independen. Mekanisme yang paling sering dijelaskan adalah paparan antigen eritrosit janin selama kehamilan (fetal–maternal hemorrhage), yang merangsang pembentukan antibodi tertentu, misalnya anti-D, anti-E, atau anti-K. Faktor hormonal dan variasi imunologi perempuan juga memperkuat respon imun humoral.

5.3.4 Golongan Darah Dan Rhesus

Dalam penelitian, responden berjumlah 31 pasien, dengan klasifikasi golongan darah dan rhesus yang hasilnya dapat dilihat dalam grafik di bawah ini. Pasien dengan golongan darah O positif sebanyak sebanyak 17 orang (55 %) , berikutnya adalah pasien dengan golongan darah dan rhesus B positif sebanyak 6 orang (19%), kemudian pasien dengan golongan darah A positif dan AB positif berjumlah masing-masing 4 orang (13%)



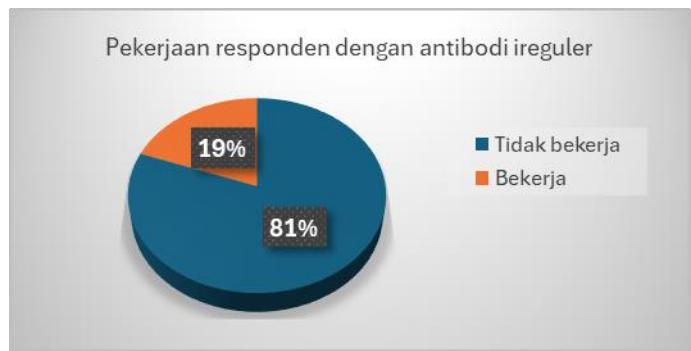
Sumber: Data Penelitian diolah (2025)

Gambar 5.3. Jenis kelamin responden dengan antibodi ireguler di RSUD R.T Notopuro Sidoarjo

Golongan darah berperan dalam menentukan antigen yang berpotensi memicu respon alloimun. Abdullah et al. (2023) melaporkan bahwa alloantibodi paling banyak ditemukan pada golongan darah Rh positif, dan anti-E sebagai antibodi yang dominan. Pada penelitian Rawina (2024), distribusi golongan darah pada pasien dengan antibodi ireguler mengikuti pola umum populasi: O (terbanyak), diikuti B, A, dan AB. Hubungan ini penting karena paparan antigen eritrosit donor sangat bergantung pada kecocokan fenotip antigen antara donor dan resipien. Ketidaksesuaian kecil pada sistem Rh, Kell, Kidd, atau Duffy dapat memicu respon antibodi meskipun golongan ABO cocok.

5.3.5 Pekerjaan

Dalam penelitian, responden berjumlah 31 pasien, dengan klasifikasi pekerjaan yang hasilnya dapat dilihat dalam grafik di bawah ini.



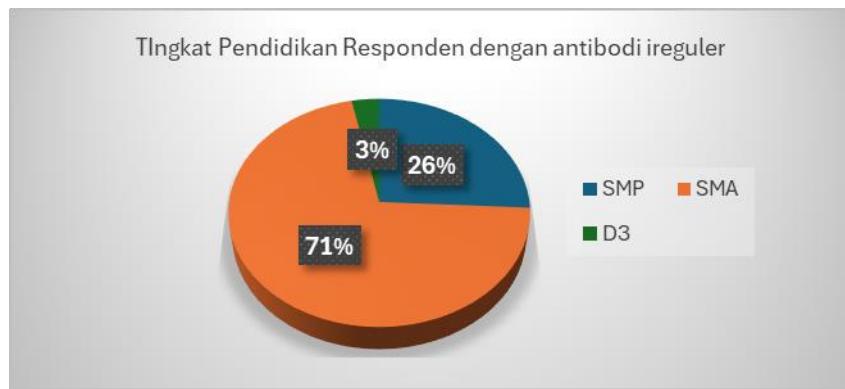
Sumber: Data Penelitian diolah (2025)

Gambar 5.4. Pekerjaan responden dengan antibodi ireguler di RSUD R.T Notopuro Sidoarjo

Berdasarkan data diatas, diketahui bahwa Sebanyak 25 orang responden (81%) tidak bekerja, dan (19%) bekerja. Meskipun penelitian transfusi jarang mengevaluasi pekerjaan sebagai faktor risiko langsung, pekerjaan dapat dikaitkan secara tidak langsung melalui tingkat aktivitas fisik, beban stres, dan kondisi gaya hidup yang memengaruhi fungsi imun. Aktivitas fisik berat atau paparan stres kronis dapat meningkatkan hormon kortisol yang menekan respon imun adaptif, termasuk produksi antibodi (Gleeson & Walsh, 2020). Sebaliknya, aktivitas fisik ringan–sedang seperti pada pekerjaan dengan gerak stabil dapat mendukung peningkatan fungsi sel imun dan meningkatkan kemampuan tubuh menghasilkan antibodi (Nieman & Wentz, 2019). Dengan demikian, pekerjaan dapat memengaruhi kekuatan respon imun terhadap antigen erythrocyte donor. Pasien dengan pekerjaan beraktivitas berat atau stres tinggi *berpotensi* memiliki respon alloantibodi yang lebih rendah dibanding pekerjaan dengan aktivitas seimbang. Namun, hubungan ini tetap bersifat tidak langsung dan bukan faktor penentu utama seperti riwayat transfusi.

5.3.6 Pendidikan

Dalam penelitian, responden berjumlah 31 pasien, dengan klasifikasi pendidikan yang hasilnya dapat dilihat dalam grafik di bawah ini.



Sumber: Data Penelitian diolah (2025)

Gambar 5.5. Pendidikan responden dengan antibodi ireguler di RSUD R.T Notopuro Sidoarjo

Pasien dengan Pendidikan SMA sebanyak sebanyak 22 orang (71 %), berikutnya adalah pasien dengan Pendidikan D3 sebanyak 1 orang (3%), kemudian pasien dengan Tingkat Pendidikan SMP sebanyak 8 orang (26%) Beberapa studi, menyatakan bahwa tingkat pendidikan tidak berpengaruh langsung terhadap mekanisme imunologi, namun sangat relevan dengan literasi kesehatan, pola hidup, nutrisi, dan manajemen risiko yang semuanya berdampak pada efektivitas respon imun. Pendidikan tinggi sering dikaitkan dengan pemahaman lebih baik tentang pentingnya pemeriksaan pra-transfusi, pelaporan riwayat transfusi, dan kepatuhan terhadap prosedur kesehatan (Kickbusch et al., 2021). Edukasi juga berkaitan dengan pengetahuan mengenai gaya hidup sehat dan nutrisi yang mendukung sistem imun. Karena itu, pendidikan dapat memengaruhi kualitas respon imun secara tidak langsung melalui gaya hidup dan kepatuhan medis. Dalam konteks alloimunisasi, pasien dengan literasi kesehatan lebih tinggi cenderung lebih kooperatif dalam pemeriksaan/skrining sehingga antibodi ireguler lebih mudah terdeteksi.

5.3.7 Hubungan Riwayat Transfusi Dengan Antibodi Ireguler

Hasil Analisa menunjukkan bahwa rata rata pasien mengalami transfuse sebanyak 18.90 ± 24.49 kali, artinya mengalami transfuse berulang lebih dari satu kali. Jumlah transfuse tidak ada korelasi yang signifikan dengan timbulnya antibodi ireguler, walaupun ada korelasi positif yang artinya semakin banyak jumlah transfusi yang dilakukan maka semakin tinggi kemungkinan pasien memiliki antibodi ireguler.

Riwayat transfusi merupakan faktor paling kuat dan paling konsisten yang berhubungan dengan pembentukan alloantibodi. Penelitian di berbagai pusat transfusi menunjukkan risiko

meningkat seiring jumlah unit darah yang diterima. Fridawati et al. (2016) melaporkan bahwa pasien multitransfusi memiliki risiko jauh lebih tinggi dibanding non-multitransfusi. Studi Abdullah et al. (2023) menunjukkan bahwa jumlah episode transfusi dan variasi fenotip donor adalah prediktor utama pembentukan antibodi. Faktor imunogenetik juga berperan: Pedini et al. (2025) menemukan bahwa alel tertentu seperti HLA-DRB1*15 meningkatkan kecenderungan pembentukan antibodi setelah paparan antigen donor. Karena itu, skrining antibodi ireguler sangat penting terutama pada pasien yang berisiko tinggi seperti pasien thalassemia, anemia kronis, atau pasien dengan transfusi berulang.

5.3.8 Hubungan Komponen Darah Transfusi Dengan Antibodi Ireguler

Dalam penelitian, responden berjumlah 31 pasien, komponen darah yang ditransfusikan yang hasilnya dapat dilihat dalam grafik di bawah ini.



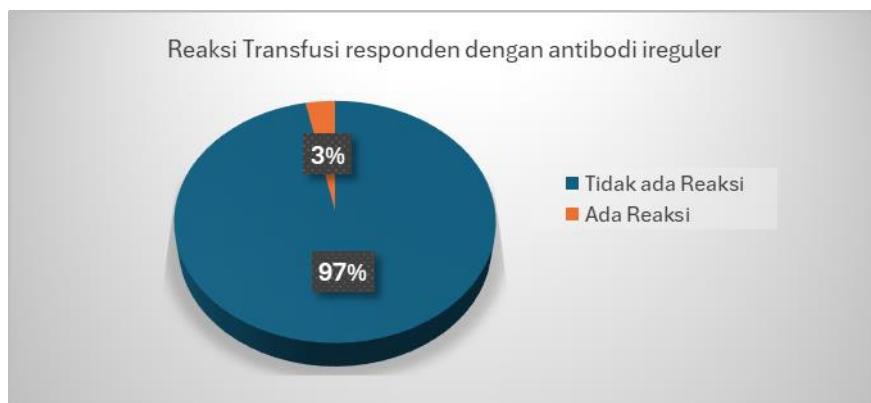
Sumber: Data Penelitian diolah (2025)

Gambar 5.6. Komponen darah yang ditransfusikan pada responden
di RSUD R.T Notopuro Sidoarjo

Probabilitas munculnya antibodi ireguler dapat dipengaruhi oleh jenis paket transfusi karena setiap komponen darah membawa jumlah antigen eritrosit yang berbeda. Packed Red Cell (PRC) memiliki risiko tertinggi memicu alloimunisasi karena mengandung eritrosit utuh dengan ekspresi antigen penuh, termasuk sistem Rh, Kell, Kidd, dan Duffy (Zimring, 2020). Pada pasien yang menerima transfusi berulang (kondisi anemia kronis, thalassemia, atau CKD), paparan antigen berkali kali berpeluang menginduksi ekspresi antibodi ireguler (Yazdanbakhsh, 2021). Produk trombosit, terutama trombosit donor acak, juga memiliki risiko moderat akibat kontaminasi eritrosit dan memicu sensitiasi, meskipun risikonya menurun dengan teknik

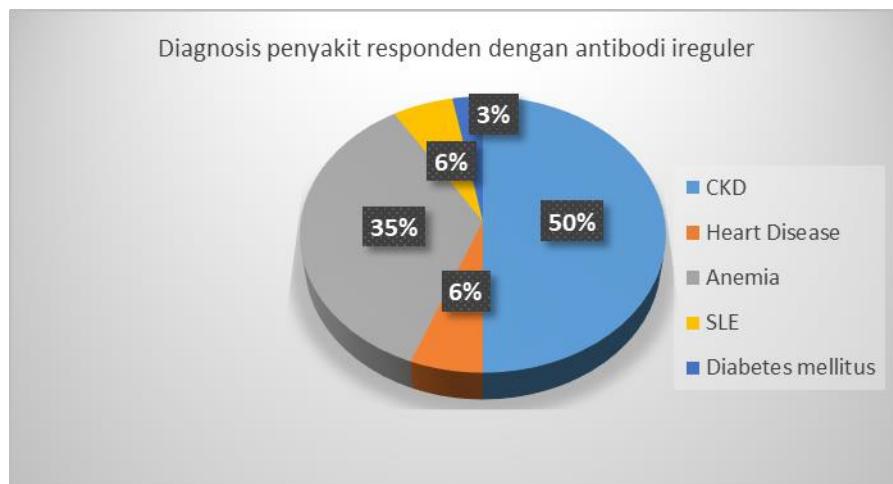
leukoreduksi atau penggunaan single donor platelets (Cooling, 2020), berbeda dengan Fresh Frozen Plasma (FFP) dan cryoprecipitate yang sangat minim mengandung eritrosit sehingga minim risiko memicu alloantibodi terhadap antigen RBC (Chou, 2020). Beberapa hal lain yang perlu diperhatikan adalah kondisi imun pasien seperti inflamasi kronis atau gangguan imun juga dapat memperkuat respons alloimunisasi dan meningkatkan kemungkinan terbentuknya antibodi ireguler setelah transfusi (Hendrickson, 2022).

5.3.9 Hubungan Reaksi Transfusi Responden Dengan Antibodi Ireguler



Berdasarkan grafik diatas dapat dilihat bahwa dari 31 orang responden, 27 orang (87%) tidak mengalami reaksi transfusi, 1 orang (3%). Reaksi pasca transfusi, khususnya reaksi hemolitik tertunda, sering menjadi tanda bahwa antibodi ireguler telah terbentuk atau mengalami peningkatan kembali setelah paparan antigen melalui transfusi (Chou, 2020). Reaksi ini umumnya muncul pada pasien yang sebelumnya pernah tersensitisasi, sehingga booster response menunjukkan bahwa proses alloimunisasi masih aktif (Zimring, 2020). Namun, tidak adanya reaksi klinis tidak menyingkirkan kemungkinan terbentuknya antibodi, karena banyak alloantibodi awalnya berada pada kadar rendah dan baru terdeteksi beberapa waktu setelah transfusi (Yazdanbakhsh, 2021). Faktor seperti kondisi imun dan paparan transfusi berulang juga dapat memengaruhi munculnya antibodi meskipun reaksi transfusi tidak tampak (Hendrickson, 2022).

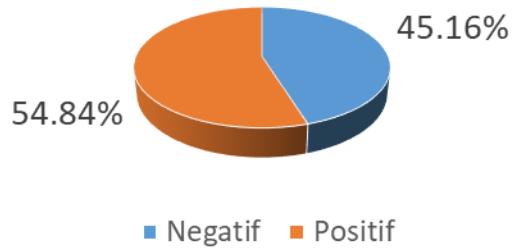
5.3.10 Hubungan Diagnosis Penyakit Responden Dengan Antibodi Ireguler



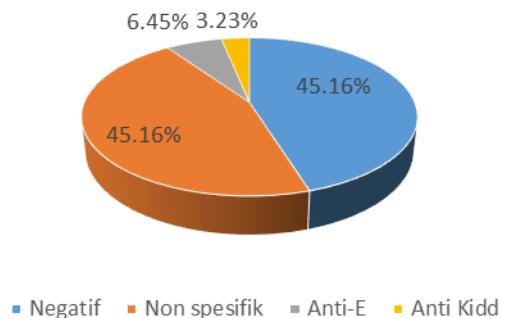
Beberapa kondisi pada pasien dengan penyakit tertentu *dapat* sudah memiliki antibodi ireguler sebelum transfusi, tetapi hal ini bukan karena penyakitnya, melainkan karena paparan antigen eritrosit sebelumnya (kehamilan atau transfusi lama yang mungkin tidak tercatat) (Zimring, 2020). Namun pada beberapa kondisi, seperti penyakit inflamasi kronis, penyakit autoimun, atau infeksi tertentu, sistem imun dapat berada dalam keadaan lebih aktif sehingga pasien lebih mudah membentuk antibodi setelah paparan antigen, tetapi tetap membutuhkan antigen asing untuk memicu respon (Yazdanbakhsh, 2021). Jika pasien tersebut kemudian menerima transfusi berulang, antibodi yang sudah ada sebelumnya dapat meningkat kembali melalui booster response, yaitu respon imun sekunder yang lebih cepat dan lebih kuat setelah paparan antigen yang sama (Chou, 2020). Hal ini sering terlihat pada pasien dengan transfusi jangka panjang seperti talasemia, sickle cell disease, atau anemia kronis, di mana alloantibodi yang sebelumnya rendah atau “tidur” muncul kembali setelah paparan ulang (Cooling, 2020). Dengan demikian, penyakit dapat menciptakan kondisi imunologis yang mendukung, tetapi yang memicu antibodi tetap paparan antigen transfusi, sehingga antibodi dapat muncul sebelum transfusi (jika ada riwayat paparan lain) dan kemudian meningkat setelah transfusi berulang (Hendrickson, 2022).

5.3.11 Jenis Antibodi Ireguler Pada Pasien

Skrining Antibodi pada responden dengan transfusi berulang



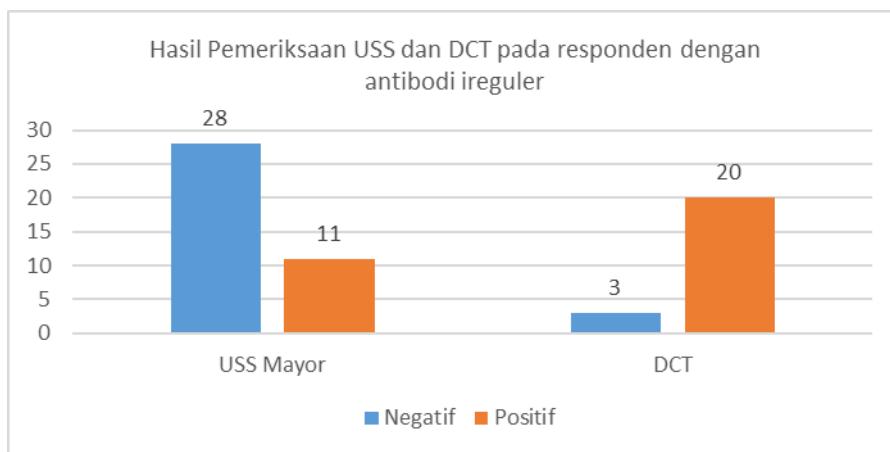
Jenis antibody ireguler pada responden dengan transfusi berulang



(Data dari sumber pribadi, 2025)

Berdasarkan grafik diatas, sebanyak 14 orang (45%) dari responden tidak mengekspresikan antibody ireguler sedangkan 17 orang (55%) responden positif mengekspresikan antibodi. Sedangkan untuk yang positif, jenis antibodinya sendiri mayoritas adalah non spesifik sebesar 82%. Ekspresi antibodi ireguler sangat berkaitan dengan proses transfusi karena paparan antigen eritrosit asing dapat memicu terbentuknya alloantibodi, terutama dari sistem Rh, Kell, Kidd, dan Duffy (Zimring, 2020; Yazdanbakhsh, 2021). Risiko alloimunisasi meningkat pada pasien yang menerima transfusi berulang atau komponen darah yang masih membawa antigen eritrosit, seperti PRC atau trombosit non-leukoreduksi (Cooling, 2020). Adanya reaksi pasca transfusi, terutama delayed hemolytic transfusion reaction, menunjukkan bahwa antibodi sudah terbentuk sebelumnya dan mengalami peningkatan kembali setelah paparan ulang antigen (Chou, 2020). Selain pengaruh paparan transfusi, kondisi imunologis pasien seperti inflamasi kronis, infeksi, atau disregulasi imun dapat memperkuat respons pembentukan antibodi ireguler (Hendrickson, 2022). Karena antibodi ireguler dapat menyebabkan hemolisis dan mempersulit kompatibilitas transfusi selanjutnya, riwayat transfusi, jenis komponen darah, dan reaksi pasca transfusi harus dievaluasi secara menyeluruh untuk menentukan kebutuhan darah yang lebih aman, termasuk pemilihan darah fenotipe-matched.

5.4 Hasil Pemeriksaan Uji Silang Serasi Mayor Dan Direct Coombs Test (DCT) Pada Pasien



Berdasarkan hasil studi, hasil uji pendahuluan berupa USS dan DCT menunjukkan hasil seperti pada grafik batang diatas. Pemeriksaan *pre-test* berupa Uji Saring Serologis (USS) dan Direct Coombs Test (DCT) merupakan deteksi awal yang perlu dilakukan sebelum skrining antibodi menggunakan panel sel, terutama pada pasien dengan riwayat transfusi. Hasil USS positif menunjukkan adanya antibodi bebas dalam serum, sehingga sangat mungkin antibodi ireguler telah terbentuk dan akan teridentifikasi spesifitasnya melalui panel cell (Cooling, 2020). Sebaliknya, USS negatif tidak sepenuhnya menyingkirkan kemungkinan adanya antibodi ireguler, karena antibodi dengan titer rendah atau antibodi yang baru mulai terbentuk dapat belum terdeteksi, sehingga panel cell tetap diperlukan terutama pada pasien sering transfusi (Zimring, 2020). Pada DCT, hasil DCT positif memberi indikasi bahwa antibodi atau komplemen telah melekat pada permukaan eritrosit pasien, suatu kondisi yang sering dijumpai pada reaksi hemolitik tertunda pasca transfusi dan menunjukkan proses alloimunisasi yang aktif (Chou, 2020). Sementara itu, **hasil DCT negatif** berarti tidak ada antibodi terikat pada eritrosit, tetapi tidak menyingkirkan keberadaan antibodi bebas dalam serum yang masih dapat terdeteksi lewat USS atau panel cell (Hendrickson, 2022). Dengan demikian, kombinasi hasil positif atau negatif USS dan DCT memungkinkan prediksi awal mengenai kemungkinan munculnya antibodi ireguler, serta menentukan urgensi dan fokus pemeriksaan panel sel untuk identifikasi lebih lanjut pada pasien transfusi (Yazdanbakhsh, 2021).

Diskusi :

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pembentukan antibodi ireguler hanya berkorelasi signifikan dengan hasil DCT positif dan kondisi pasien dengan CKD. Hal ini menunjukkan bahwa respons imun terhadap antigen eritrosit tidak semata-mata dipengaruhi oleh frekuensi transfusi atau jenis komponen darah, tetapi lebih ditentukan oleh keadaan fisiologis dan imunologis pasien.

DCT positif mencerminkan adanya antibodi atau komplemen yang telah terikat pada permukaan eritrosit, menandakan bahwa proses alloimunisasi sudah berlangsung aktif dan sedang mengarah pada hemolisis, sehingga tidak mengherankan bila variabel ini memiliki hubungan langsung dan kuat dengan keberadaan antibodi ireguler (Chou, 2020). Sementara itu, pasien dengan **CKD** diketahui memiliki disregulasi imun, inflamasi kronis, dan paparan transfusi berulang, kondisi yang secara keseluruhan dapat memperbesar kemungkinan terjadinya priming dan pembentukan alloantibodi setelah paparan antigen RBC (Zimring, 2020; Yazdanbakhsh, 2021). Tidak ditemukannya korelasi signifikan pada variabel lain seperti usia, jenis kelamin, atau jenis paket transfusi menunjukkan bahwa faktor-faktor tersebut mungkin hanya memberi efek tidak langsung atau tidak cukup kuat memicu pembentukan antibodi tanpa adanya kondisi imunologis yang mendukung, seperti terlihat pada kelompok CKD (Hendrickson, 2022). Temuan ini menegaskan bahwa deteksi dini melalui DCT serta perhatian khusus terhadap pasien CKD sangat penting dalam memprediksi risiko alloimunisasi dan merencanakan strategi transfusi yang lebih aman

Untuk penelitian selanjutnya, disarankan menggunakan desain **prospektif** dengan pengambilan sampel pre- dan post-transfusi secara serial agar dinamika munculnya antibodi ireguler dapat diamati lebih akurat (Chou, 2020; Hendrickson, 2022). Pemeriksaan **USS dan DCT sebagai pre-test wajib**, diikuti panel sel, perlu distandardkan untuk meningkatkan sensitivitas deteksi (Cooling, 2020). Pengelompokan berdasarkan penyakit, terutama CKD yang tampak berhubungan signifikan dengan DCT positif, perlu dianalisis lebih mendalam untuk memastikan apakah faktor imunologis penyakit berperan sebagai pemicu atau sekadar marker sensitisasi (Zimring, 2020; Yazdanbakhsh, 2021). Penelitian berikutnya juga dianjurkan memasukkan **riwayat transfusi yang lengkap**, termasuk jenis komponen, leukoreduksi, dan reaksi sebelumnya, serta menambahkan **parameter imunologi** seperti marker inflamasi untuk memahami predisposisi respons imun (Hendrickson, 2022). Selain itu, penggunaan

RBC genotyping atau extended phenotyping penting untuk mengidentifikasi mismatch antigenik yang lebih halus dan memprediksi antibodi spesifik yang mungkin terbentuk (Cooling, 2020). Analisis multivariat direkomendasikan agar efek independen tiap faktor dapat diukur secara objektif.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

1. Berdasarkan hasil penelitian 45% dari responden tidak mengekspresikan antibody ireguler sedangkan 55% responden positif mengekspresikan antibodi. Sedangkan untuk yang positif, jenis antibodinya mayoritas adalah non spesifik sebesar 82%
2. Antibodi ireguler berhubungan dengan hasil pemeriksaan DCT dan penyakit CKD
3. Disregulasi sistem imun pada CKD meningkatkan resiko sensitisasi sehingga pada pasien CKD perlu skrining antibodi lebih ketat
4. Pemeriksaan DCT merupakan indikator untuk alloimunisasi sehingga wajib dianalisis pada pasien dengan transfusi berulang
5. Faktor lain : usia, jenis kelamin, pekerjaan, pendidikan, golongan darah tidak berhubungan secara signifikan dengan antibody ireguler pasien

6.2 Saran

1. Penambahan parameter imunologi pada pasien untuk pengkajian factor yang berhubungan dengan adanya antibody ireguler
2. Standarisasi sel panel untuk meningkatkan sensitivitas dalam mendeteksi antibody

3. Analisis multivariat untuk menentukan faktor independent yang berhubungan dengan adanya antibodi ireguler

DAFTAR PUSTAKA

1. Gleeson M, Walsh NP. Exercise, immunity and inflammatory responses: Implications for clinical practice. *Clin Sci (Lond)*. 2020;134(12):1521-37.
2. Nieman DC, Wentz LM. The compelling link between physical activity and the body's defense system. *J Sport Health Sci*. 2019;8(3):201-17.
3. Kickbusch I, Pelikan JM, Apfel F, Tsouros AD. *Health Literacy: The Solid Facts*. World Health Organization; 2021.
4. Abdullah SZS, Hassan MN, Ramli M, Abdullah M, Mohd Noor NH. Red Blood Cell Alloimmunization and Its Associated Factors among Chronic Liver Disease Patients. *Diagnostics*. 2023;13(5):886.
5. Rastogi V, et al. Exploring trends of red cell alloimmunization among transfusion recipients and healthy donors. *J Lab Physicians*. 2025.
6. Wilson MM, et al. Frequency and specificity of red cell alloimmunization. *Indian J Hematol Blood Transfus*. 2023.
7. Rawina R. Hubungan Antibodi Ireguler terhadap Riwayat Transfusi Berdasarkan Jenis Kelamin, Golongan Darah dan Usia. Skripsi. Universitas Nasional; 2024.
8. Mukherjee R, et al. Red cell alloimmunization in transfusion recipients. *Asian J Transfus Sci*. 2025.
9. Fridawati V, Triyono T, Sukorini U. The risk factor of alloantibody formation in thalassemia patients receiving multiple transfusions. *Indones J Clin Pathol Med Lab*. 2016.
10. Pedini P, et al. Immunogenetic factors and red cell alloimmunization. *Transfus Med Rev*. 2025.
11. Fu, Z., Hao, X., Gao, W., & Wang, Q. (2025). Research progress in RBC alloimmunization. *Frontiers in Immunology*.
12. Nurul 'Adani, S., Mohd Ashari, N. S., Johan, M. F., et al. (2024). Red Blood Cell Alloimmunization in Pregnancy. *Cureus*.
13. Schijns, L., & Hendrickson, J. E. (2016). Cellular immune responses in red blood cell alloimmunization. *Transfusion*.
14. Soldatenko, A., Hoyt, L. R., Xu, L., et al. (2022). Innate and adaptive immunity to transfused allogenic RBCs. *Journal of Immunology*.
15. Tormey, C. A., & Hendrickson, J. E. (2019). Transfusion-related red blood cell alloantibodies. *Blood*.

16. Zimring JC. Current issues relating to RBC alloimmunization. *Vox Sang.* 2020;115(4):271–8.
17. Yazdanbakhsh K, Ware RE, Noizat-Pirenne F. Red blood cell alloimmunization in sickle cell disease: pathophysiology, risk factors, and transfusion management. *Blood.* 2012;120(3):528–37
18. Cooling L. Immunohematology methods and blood group systems. Dalam: AABB Technical Manual. 20th ed. Bethesda: AABB Press; 2020.
19. Chou ST, Jackson T, Vege S, Smith-Whitley K, Westhoff CM. High prevalence of red blood cell alloimmunization in sickle cell disease despite transfusion from Rh-matched minority donors. *Blood.* 2013;122(6):1062–71.
20. Hendrickson JE, Tormey CA. Red blood cell alloimmunization: new findings and unanswered questions. *Transfusion.* 2022;62(1):5–9.