

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Transfusi Darah

1. Definisi Transfusi Darah

Transfusi darah merupakan tindakan medis yang sering dilakukan meskipun umumnya aman akan tetapi terdapat komplikasi yang harus dikenali dan perlu ditangani oleh tenaga profesional, transfusi harus berdasarkan indikasi medis yang jelas dengan kondisi kesehatan yang berbagai jenis khususnya pada pasien yang memerlukan perhatian khusus (Hermayanti, 2023).

Kegiatan transfusi darah merupakan bagian dari tanggung jawab pemerintah untuk memberikan pelayanan kesehatan kepada masyarakat dan sebagai bentuk bantuan bagi masyarakat yang membutuhkan, berdasarkan ilmu medis darah manusia adalah satu satunya sumber untuk keperluan transfusi, terdapat berbagai metode transfusi yang dapat berpotensi untuk membahayakan kesehatan baik bagi pendonor maupun penerima, maka dari itu sangat penting untuk menetapkan peraturan pemerintah mengenai transfusi darah (Mappaware et al., 2022).

2. Tujuan Transfusi Darah

Pengobatan yang sangat penting dalam proses penyembuhan pasien merupakan transfusi darah, transfusi darah memiliki tujuan yang mencakup beberapa hal seperti untuk menjaga dan mempertahankan kesehatan pasien dengan memastikan bahwa kondisi biologis darah atau komponen komponennya dapat tetap berfungsi secara optimal, mengembalikan dan

mempertahankan volume darah yang normal dalam sirkulasi dapat menggantikan kekurangan komponen dalam darah, dapat meningkatkan pasokan oksigen ke jaringan tubuh, dapat memperbaiki fungsi hemostasis dan dapat sebagai tindakan terapi khusus yang diperlukan dalam situasi tertentu (dr. Yustisia Amalia et al, 2020).

Terdapat dua pertimbangan tujuan utama yang sangat penting dalam transfusi darah seperti untuk melindungi kesehatan donor dengan memastikan bahwa proses donor darah dilakukan dengan cara yang aman sehingga tidak dapat menimbulkan risiko ataupun dampak yang buruk bagi penerima maupun pendonor, tujuan lainnya untuk melindungi penerima darah dengan menjamin bahwa produk darah yang diperoleh dari donor benar benar bebas dari kontaminasi, dengan hal tersebut dapat meminimalkan risiko penularan penyakit sehingga keselamatan dan kesehatan antara pendonor dan penerima dapat terjaga dengan baik (Tjokroprawiro, 2015).

Transfusi darah memiliki tujuan untuk menyelamatkan nyawa orang lain, terutama ketika seseorang telah banyak kehilangan banyak darah akibat suatu kejadian seperti kecelakaan, operasi, ataupun saat pendarahan saat melahirkan, Transfusi darah juga dapat digunakan pada seseorang yang mengalami anemia berat atau trombositopenia akibat suatu penyakit, dengan hal ini transfusi darah berfungsi untuk meningkatkan jumlah darah yang beredar dalam tubuh penerima yang mengalami penurunan volume darah dan untuk meningkatkan kemampuan darah dalam mengangkut oksigen, terutama

pada seseorang pasien dengan kondisi sel sel darahnya tidak berfungsi dengan baik (Komandoko, 2016).

3. Tahapan Transfusi Darah

Setiap tahapan untuk keamanan transfusi darah harus diterapkan mulai dari pelestarian hingga pengerahan pendonor, pelabelan hingga pengambilan darah pendonor, pencegahan penularan penyakit, pengolahan darah, penyimpanan darah hingga pemusnahan darah, Proses ini juga mencakup mengenai distribusi darah, penyaluran, penyerahan darah, serta tindakan medis dalam pemberian darah kepada pasien (Permenkes, 2015.). Menurut teori dari buku (Idris, 2024) Pada proses uji silang serasi akan melibatkan beberapa proses penting yang harus dilalui untuk memastikan produk darah itu aman yang akan digunakan dalam transfusi. Tahapan meliputi sebagai berikut:

- a. Identifikasi yang tepat terhadap sampel darah pasien untuk memastikan bahwa contoh sampel yang digunakan benar.
- b. Melihat riwayat kesehatan pasien sebelumnya diperiksa untuk mengidentifikasi potensi reaksi yang timbul setelah transfusi.
- c. Pemeriksaan golongan darah pasien dan pemeriksaan golongan darah donor hal ini untuk menentukan jenis golongan darah antara pasien dan darah donor sesuai
- d. Tahapan berikutnya adalah uji silang serasi ataupun crossmatch hal ini bertujuan untuk menguji kecocokan antara darah pasien dengan darah donor

- e. Tahapan terakhir yaitu dengan dilakukannya pelabelan yang akurat untuk memastikan bahwa semua informasi terkait darah tersebut benar dan tidak terjadi kesalahan

Langkah langkah ini sangat penting dilakukan sebelum transfusi dengan maksud untuk menjamin keselamatan pasien selama proses transfusi.

4. Jenis komponen darah yang ditransfusikan

Menurut (Sirait, 2019) Transfusi darah terdiri dari berbagai jenis dengan masing-masing indikasi spesifik yang berbeda untuk pasien yang membutuhkan hal ini dikarenakan transfusi darah harus dilakukan dengan hati-hati untuk mencegah komplikasi yang mungkin terjadi. Seperti jenis komponen ini:

a. Darah lengkap

Darah lengkap merupakan komponen darah yang tidak dimodifikasi, terdiri dari eritrosit, leukosit, trombosit, dan protein plasma, dengan volume sekitar 500 mL per unit, yang disimpan dalam lemari es pada suhu 1 °C hingga 6 °C selama 21 hari (CPD) atau 35 hari (CPDA-1). Dengan indikasi transfusi darah lengkap meliputi pasien dengan perdarahan aktif dan kehilangan darah lebih dari 25%, di mana transfusi ini dapat meningkatkan hemoglobin sekitar 1 g/dL atau hematokrit sekitar 3%. Jika darah lengkap tidak tersedia, sel darah merah dengan larutan kristaloid dapat digunakan untuk memulihkan kapasitas pembawa oksigen dan volume darah.

b. Packed red cells

Packed red cells (PRC) berisi eritrosit atau sel darah merah pekat yang disimpan di suhu 4 ± 2 °C memiliki volume sekitar 150-200 mL per unit dan digunakan pada pasien bedah yang membutuhkan volume ataupun sel darah merah. Transfusi ini diharapkan dapat meningkatkan hemoglobin sekitar 1 g/dL dan hematokrit 3%. Dengan indikasi penggunaan PRC meliputi perdarahan akut lebih dari 15%, anemia kronik dengan gejala, dan penyakit Sick Cell. Sebelum transfusi, setiap unit harus diperiksa dengan cermat dan dihangatkan hingga 37 °C untuk mencegah hipotermia.

c. Fresh Frozen Plasma (FFP)

FFP mengandung semua protein plasma serta faktor pembekuan, FFP dapat diindikasikan untuk mengobati defisiensi faktor terisolasi, pemulihan terapi warfarin, dan koagulopati terkait penyakit hati. Setiap unit FFP dapat meningkatkan faktor pembekuan sebesar 2-3% pada orang dewasa, dengan dosis awal 10-15 mL/kg untuk mencapai 30% konsentrasi normal. FFP juga digunakan pada pasien yang mengalami pendarahan setelah transfusi darah masif.

d. Trombosit

Trombosit berisi trombosit pekat dengan isi 50 ml yang disimpan di suhu 20 ± 2 °C dengan lama simpan 3 hari tanpa goyang dan 5 hari digoyangkan. Diperlukan untuk pasien dengan trombositopenia atau trombosit difungsional yang mengalami perdarahan. Transfusi profilaksis diindikasikan untuk pasien dengan jumlah trombosit di bawah 10.000-20.000 $\times 10^9/L$, karena risiko perdarahan spontan meningkat. Satu unit

trombosit diharapkan dapat meningkatkan jumlah trombosit sebesar 5000- $10.000 \times 10^9/L$. Trombosit yang ditransfusi memiliki masa hidup 1-7 hari, dan kompatibilitas ABO dapat meningkatkan kelangsungan hidup trombosit.

B. Pemeriksaan Pra transfusi

1. Definisi pra transfusi

Dalam memastikan bahwa produk sel darah merah yang akan ditransfusikan memiliki kompatibilitas yang baik dengan antibodi yang ada di dalam plasma pasien memerlukan adanya pengujian pra-transfusi. Proses ini sangat penting dilakukan karena untuk mencegah terjadinya reaksi transfusi yang dapat membahayakan penerima darah. Pengujian pra-transfusi ini menjadi salah satu langkah yang krusial dalam menjaga keselamatan pasien dan memastikan keberhasilan transfusi darah dan pengujian ini juga bertujuan untuk menghindari merangsang produksi antibodi sel darah merah baru pada penerima, khususnya antibodi anti-RhD (Tirtana et al., 2023).

Pada dasarnya transfusi darah adalah proses pemindahan darah dari darah donor ke penerima. Untuk mencegah terjadinya reaksi pada penerima akibat transfusi penting dilakukannya pemeriksaan golongan darah ABO serta uji silang serasi sebelum transfusi. Meskipun golongan darah donor dan pasien mungkin sama, masih ada kemungkinan terjadinya ketidakcocokan (inkompatibel) dalam uji silang serasi (dr. Yustisia Amalia et al., 2020).

2. Pemeriksaan Golongan Darah

Menurut teori oleh (Eva & Ganjar, 2018) Darah terdiri atas plasma dan sel sel darah. Pada permukaan sel darah merah terdapat antigen, sedangkan

pada serum atau plasma terdapat antibodi. Penentuan golongan darah ABO dan Rhesus sangat penting dilakukan sebelum transfusi darah untuk mencegah reaksi yang merugikan. Prinsip pemeriksaan didasarkan pada reaksi antigen dengan antibodi yang menghasilkan aglutinasi, homogenisasi, atau sensitisasi. Teknik pemeriksaan terdiri dari cell grouping/ typing yang memeriksa antigen pada sel darah merah dengan menambahkan anti-A, anti-B, dan anti-D, serta serum grouping/typing yang memeriksa antibodi di dalam serum atau plasma dengan mereaksikannya terhadap sel golongan A, B, dan O. Auto kontrol juga dilakukan untuk memeriksa antibodi dalam serum dengan mereaksikannya terhadap sel darah merah sendiri. Metode pemeriksaan golongan darah ABO dan Rhesus dapat meliputi:

- a. Metode slide card digunakan untuk mendeteksi apakah antigen terdapat pada permukaan sel darah merah melalui proses pengelompokan sel (cell grouping).
- b. Metode bioplate digunakan untuk mendeteksi apakah antigen terdapat pada permukaan sel darah merah (cell grouping) sekaligus mendeteksi apakah terdapat adanya antibodi dalam serum atau plasma (serum grouping).
- c. Metode tabung (tube test) untuk mendeteksi apakah antigen terdapat pada permukaan sel darah merah (cell grouping) sekaligus mendeteksi apakah terdapat adanya antibodi dalam serum atau plasma (serum grouping). Bedanya dengan metode bioplate menggunakan plat dengan beberapa sumur untuk mendeteksi metode tabung dilakukan dalam

tabung reaksi dengan proses yang lebih teliti dan sensitif, sehingga hasilnya lebih akurat dan sering digunakan untuk konfirmasi pemeriksaan golongan darah dan Rhesus.

- d. Pemeriksaan WEAK D (jika hasil pemeriksaan rhesus tabung negatif)
Faktor Rhesus merupakan antigen yang ditemukan pada sel darah merah, pertama kali diidentifikasi oleh Landsteiner dan Wiener pada tahun 1940 melalui injeksi darah merah kera *Macaccus rhesus* ke kelinci. Mereka menjelaskan bahwa seseorang yang memiliki antigen Rhesus (antigen D atau Rh) pada sel darah merahnya diklasifikasikan sebagai Rhesus positif, sedangkan yang tidak memiliki antigen tersebut disebut Rhesus negatif.
- e. Prinsip pemeriksaan ini didasarkan pada reaksi antara antigen dan antibodi yang menyebabkan aglutinasi, sensitisasi, atau hemolisis. Tujuan dari pemeriksaan Weak D adalah untuk mendeteksi keberadaan antigen D (Rh) pada sel darah merah (eritrosit).

3. Pemeriksaan skrining antibodi dan identifikasi antibodi

Menurut teori (Eva & Ganjar, 2018) Skrining dan identifikasi antibodi bertujuan untuk mengetahui apakah terdapat antibodi dalam plasma pasien atau donor, baik yang bersifat alami maupun imun. Pemeriksaan ini dilakukan dengan mereaksikan plasma terhadap sel darah merah golongan O yang antigen permukaannya sudah diketahui, yang disebut sebagai sel panel.

- a. Skrining antibodi digunakan untuk mendeteksi adanya antibodi irreguler. Jika hasil skrining menunjukkan positif, maka dilanjutkan

dengan identifikasi antibodi. Skrining antibodi memiliki prinsip kerja dengan menggunakan sel panel kecil, yaitu kumpulan 2-3 sel darah merah golongan O dengan antigen permukaan yang telah diketahui.

- b. Identifikasi antibodi yaitu antibodi untuk menentukan jenis spesifik antibodi tersebut dengan menggunakan sel panel besar, yang terdiri dari 8-11 sel darah merah golongan O dengan variasi antigen permukaan yang lebih lengkap.

4. Pemeriksaan Uji Silang Serasi

a. Definisi uji silang serasi

Uji silang serasi atau biasa dikenal dengan crossmatching memiliki pengertian berbeda. Crossmatching (XM) merupakan prosedur yang dilakukan dengan mereaksikan darah donor dengan darah pasien untuk memastikan kecocokan. Sementara itu uji silang serasi mencakup tahapan yang lebih luas mulai dari identifikasi pasien, pengambilan dan penanganan sampel darah, peninjauan riwayat transfusi, pemeriksaan golongan darah abo dan rhesus, skrining antibodi pelaksanaan crossmatching hingga memastikan darah didistribusi dengan dengan tepat. Crossmatching merupakan salah satu bagian penting dari rangkaian uji silang serasi (Idris, 2024).

Sebelum melakukan prosedur transfusi darah, pemeriksaan uji silang serasi atau Crossmatch harus menjadi prioritas utama yang tidak boleh dilewatkan. Tes ini secara spesifik bertujuan untuk mengukur tingkat kesesuaian antara darah pasien sebagai penerima (resipien) dengan darah

dari donor, sehingga memungkinkan deteksi awal terhadap segala kemungkinan ketidakcocokan yang berpotensi menimbulkan masalah. Pemeriksaan ini berperan dalam memastikan bahwa darah pasien tidak mengandung antibodi yang akan bereaksi terhadap antigen pada sel darah merah donor tujuannya untuk transfusi darah menjadi proses yang lebih aman dan efisien, yang pada gilirannya memberikan dampak positif maksimal terhadap kesehatan serta proses pemulihan pasien, sekaligus menekan kemungkinan timbulnya komplikasi serius yang sering kali disebabkan oleh ketidakcocokan darah (Eva & Ganjar, 2018).

b. Tujuan uji silang serasi

Menurut standar American Association of Blood Bank (AABB), crossmatching bertujuan mendeteksi ketidakcocokan sistem ABO maupun antibodi signifikan terhadap antigen eritrosit, termasuk melalui pemeriksaan anti globulin. Jika tidak terdapat antibodi yang signifikan pada sampel pasien baru maupun berdasarkan riwayat sebelumnya, maka metode immediate spin crossmatch dapat digunakan untuk melihat adanya inkompatibilitas ABO. Pemeriksaan crossmatch menjadi langkah utama sebelum transfusi agar darah donor benar-benar sesuai dengan pasien, sehingga sel darah yang ditransfusikan dapat bertahan dalam tubuh dan tidak merusak sel darah penerima. Selain itu, uji ini juga berperan penting pada ibu hamil untuk mencegah terjadinya penyakit hemolitik pada bayi baru lahir (Idris, 2024).

c. Prinsip uji silang serasi

Pemeriksaan uji silang serasi atau crossmatch merupakan tahapan untuk menentukan antara darah donor dan darah penerima cocok sebelum transfusi dilakukan. Dalam memastikan bahwa darah donor dapat diberikan kepada penerima dengan aman maka terjadilah proses uji silang serasi. proses ini memiliki 3 prinsip utama yaitu mayor, minor, autokontrol. Pemeriksaan ini juga dilakukan dalam dua metode yaitu dengan metode gel dan metode tabung. Pada metode tabung, pemeriksaan dilakukan dengan melalui tiga fase: fase saline, fase bovine albumin, dan fase AHG. Sementara itu, pada metode gel, reagen telah dicampurkan dengan gel, sehingga membuat proses pemeriksaan menjadi lebih praktis. Hasil pemeriksaan uji silang serasi dapat diamati secara makroskopis. Jika terjadi aglutinasi, menunjukkan bahwa darah pasien dan donor tidak cocok. Sebaliknya, jika tidak ada aglutinasi, berarti darah pasien dan donor cocok dan dapat ditransfusikan (Lestari, 2024).

d. Jenis uji silang serasi

Uji silang serasi adalah sebuah prosedur yang dilakukan untuk memastikan bahwa darah resipien dan donor cocok satu sama lain. Menurut (Permenkes, 2015) terdapat jenis pemeriksaan uji silang serasi terdiri dari:

- 1) Uji silang serasi Mayor, pada tahapan ini mengecek di mana serum dari resipien diuji terhadap sel darah merah dari donor tujuannya untuk mencocokkan sel darah merah donor terhadap plasma atau serum penerima, demi mencegah kemungkinan reaksi yang merugikan.

- 2) Uji silang serasi Minor pada tahap ini dilakukan dengan menguji serum donor terhadap sel darah merah resipien, yang bertujuan untuk mencocokkan serum atau plasma donor terhadap sel darah merah penerima.
- 3) Uji silang serasi Autocontrol crossmatch, di mana pada tahap ini serum resipien diuji dengan sel darah merahnya sendiri untuk tujuannya untuk mengetahui sel darah merah penerima bereaksi terhadap serum atau plasma miliknya, serta untuk mendeteksi potensi reaksi otoimun yang mungkin terjadi.

e. Fase uji silang serasi

Menurut (Permenkes, 2015) Prosedur crossmatch untuk reaksi mayor, minor, serta autokontrol perlu dilaksanakan secara bersamaan melalui tiga fase utama yaitu:

- 1) Fase 1 = fase pada suhu ruangan menggunakan media saline (dikenal sebagai immediate-spin crossmatch).
- 2) Fase 2 = fase inkubasi pada suhu 37°C dengan media Bovine Albumin 22%.
- 3) Fase 3 = fase antiglobulin (AHG crossmatch).

Pada penjelasan lain menurut teori yang dijelaskan oleh (Eva & Ganjar, 2018) Uji silang serasi dilakukan dengan berbagai fase dan menggunakan medium yang berbeda karena setiap jenis antibodi golongan darah memiliki perbedaan pada karakteristik.

- 1) Fase I = Berlangsung pada suhu kamar antara 20°C hingga 25°C menggunakan medium saline. Pada tahap ini, uji bertujuan untuk mendeteksi antibodi lengkap yang termasuk golongan IgM, yang dikenal sebagai antibodi dingin (cold antibody).
- 2) Fase II = Tahap inkubasi pada suhu 37°C dengan menggunakan medium bovine albumin. Pada fase ini, antibodi inkomplet memiliki kemampuan untuk mengikat sel darah merah.
- 3) Fase III = Tahap uji anti globulin, di mana semua antibodi inkomplet yang telah diikat pada permukaan sel darah merah selama fase II akan mengalami aglutinasi yang jelas (hasil positif) setelah penambahan serum Coombs, untuk memastikan validitas pada hasil pemeriksaan, sampel yang telah melewati fase III kemudian direaksikan dengan Coombs Control Cell (CCC). Jika hasil pada fase III menunjukkan negatif, penambahan CCC akan menghasilkan reaksi positif, sehingga membantu mengonfirmasi keakuratan hasil uji.

f. Tahap tahap pemeriksaan uji silang serasi

Menurut (Eva & Ganjar, 2018) pemeriksaan uji silang serasi dapat dilakukan untuk memeriksa apakah sel darah merah dari donor bisa bertahan hidup di dalam tubuh pasien. Selain itu, untuk mengecek keberadaan antibodi lengkap (jenis IgM) atau antibodi tidak lengkap (jenis IgG) di serum pasien (tes utama atau mayor) maupun di serum donor yang bisa menyerang sel darah pasien (tes tambahan atau minor). Tahap pemeriksaan dapat dilakukan dengan 2 cara yaitu:

1) Metode tabung

a) Alat dan bahan

- Tabung untuk serologi
- Pipet tetes
- Bak air dengan suhu 37°C
- Alat sentrifugasi
- Kaca objek
- Mikroskop
- Larutan saline (NaCl 0,9%)
- Bovine Albumin 22%
- Serum Coombs (Anti Human Globulin)
- Sel kontrol Coombs (Control Cell Coombs)
- Sampel darah pasien
- Sampel darah donor

b) Persiapan kerja

- (1) Hidupkan dan atur suhu inkubator atau waterbath pada 37°C.
- (2) Biarkan reagen berada pada suhu ruang sebelum digunakan, dan simpan pada suhu 2-8°C setelah pemakaian.
- (3) Siapkan sampel darah yang mengandung anti koagulan untuk pemeriksaan.
- (4) Lakukan proses pengolahan sampel darah, mulai dari pemisahan plasma dari sel darah merah, pencucian, hingga pembuatan suspensi sel.

- (5) Persiapkan daftar periksa dan lembar kerja untuk pemeriksaan uji silang serasi.
 - (6) Catat tanggal penerimaan sampel, identitas sampel, serta tanggal pelaksanaan pemeriksaan.
- c) Prosedur kerja
- (1) Fase I
 - (a) Siapkan tiga tabung reaksi berukuran 12x75 mm dan beri label masing-masing sebagai mayor, minor, dan kontrol otomatis (auto control).
 - (b) Masukkan ke dalam setiap tabung Mayor: 2 tetes plasma pasien dan 1 tetes suspensi sel darah merah donor 5%
 - (c) Masukkan ke dalam setiap tabung Minor: 2 tetes plasma donor dan 1 tetes suspensi sel darah merah pasien 5%
 - (d) Masukkan ke dalam setiap tabung Auto control: 2 tetes plasma pasien dan 1 tetes suspensi sel darah merah pasien 5%
 - (e) Aduk perlahan setiap tabung hingga campuran merata, kemudian sentrifugasi pada 3000 rpm selama 15 detik.
 - (f) Amati reaksi secara makroskopis untuk melihat adanya hemolisis atau aglutinasi.
 - (g) Interpretasi hasil fase I:
 - (h) Jika hemolisis atau aglutinasi negatif, lanjutkan ke fase II.
 - (i) Jika hemolisis atau aglutinasi positif, hasil dianggap tidak cocok (inkompatibel).

(2) Fase II

- (a) Tambahkan 2 tetes bovine albumin 22% ke setiap tabung.
- (b) Aduk perlahan hingga homogen.
- (c) Inkubasi tabung pada suhu 37°C selama 15 menit.
- (d) Sentrifugasi kembali pada 3000 rpm selama 15 detik.
- (e) Periksa kembali reaksi hemolisis dan aglutinasi secara makroskopis.
- (f) Interpretasi hasil fase II:
- (g) Negatif pada hemolisis dan aglutinasi berarti lanjut ke fase berikutnya.
- (h) Positif pada hemolisis atau aglutinasi menunjukkan ketidakcocokan (inkompatibel).

(3) Fase III

- (a) Cuci setiap tabung (mayor, minor, dan auto control) dengan larutan saline sebanyak tiga kali.
- (b) Pada pencucian terakhir, buang supernatan dengan bersih.
- (c) Tambahkan 2 tetes serum anti human globulin (Coombs serum) AHG ke masing-masing tabung.
- (d) Aduk perlahan hingga campuran merata, lalu sentrifugasi pada 3000 rpm selama 15 detik.
- (e) Amati reaksi hemolisis dan aglutinasi secara makroskopis dan mikroskopis.
- (f) Interpretasi hasil fase III:

(g) Negatif pada hemolisis dan aglutinasi menunjukkan kecocokan (kompatibel).

(h) Positif pada hemolisis atau aglutinasi menandakan ketidakcocokan (inkompatibel).

(i) Untuk hasil uji silang serasi yang negatif, lakukan validasi menggunakan sel kontrol Coombs (CCC). Tambahkan 2 tetes CCC ke setiap tabung, sentrifugasi pada 3000 rpm selama 15 detik.

(j) Catatan: Validasi dengan CCC harus menunjukkan reaksi minimal 2+. Jika hasil negatif, uji silang serasi harus diulang karena tidak valid.

(k) Kesimpulan: Jika uji silang serasi menunjukkan hasil kompatibel, darah donor dapat digunakan untuk transfusi pada pasien. Sebaliknya, jika hasil inkompatibel, darah donor tidak boleh ditransfusikan.

2) Metode gel

a) Alat dan bahan

- Darah donor
- Darah pasien
- LISS (Low Ionic Strength Solution)
- Gel Tes untuk crossmatch
- Mikropipet 5 μ L
- Dispenser LISS 500 μ L

- Gunting
- Sarung tangan
- Tip kuning
- Tabung reaksi ukuran 12 x 75 mm
- Rak tabung reaksi
- Sentrifuge Gel Tes
- Inkubator 37°C Gel Tes
- Tisu

b) Prosedur

- (1) Siapkan dua tabung reaksi berukuran 12 x 75 mm dengan Tabung pertama diisi dengan 5 μ L sel darah merah dari donor, kemudian tambahkan 500 μ L larutan pengencer (LISS). Tabung kedua diisi dengan 5 μ L sel darah merah dari pasien, lalu tambahkan 500 μ L larutan pengencer (LISS).
- (2) Ambil 50 μ L suspensi sel dari tabung pertama, masukkan ke dalam kolom gel 1 (Mayor), lalu tambahkan 25 μ L plasma pasien.
- (3) Ambil 50 μ L suspensi sel dari tabung kedua, masukkan ke dalam kolom gel 2 (Minor), kemudian tambahkan 25 μ L plasma donor.
- (4) Ambil 50 μ L suspensi sel dari tabung kedua, masukkan ke dalam kolom gel 3 (Auto Kontrol), dan tambahkan 25 μ L plasma pasien.
- (5) Perlahan ketuk gel tes agar suspensi sel darah dan plasma tercampur dengan plasma di atas gel.
- (6) Inkubasi gel tes dengan suhu 37°C selama 15 menit.

(7) Setelah inkubasi, sentrifugasi gel tes dengan kecepatan 1000 rpm selama 10 menit, kemudian lakukan pembacaan hasilnya.

c) Interpretasi hasil

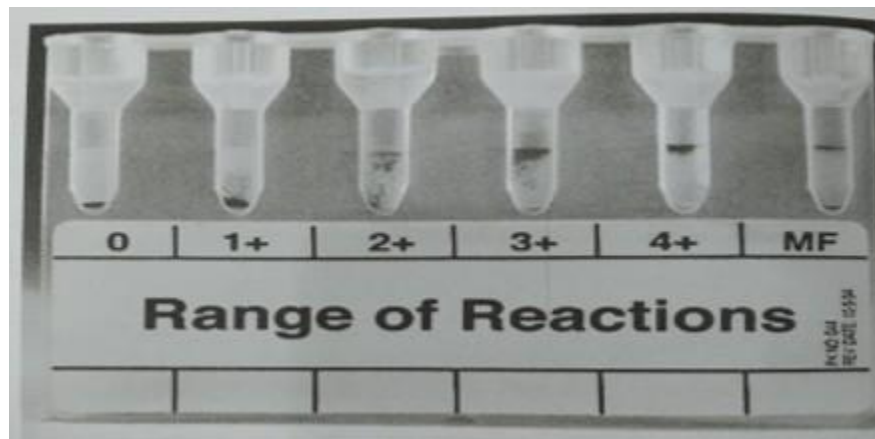
(1) Jika pada pemeriksaan metode tabung amati reaksi dengan mengocok tabung secara perlahan (jangan terlalu kuat maupun terlalu lemah).

(2) Jika pada sel darah merah terjadi:

- Aglutinasi: berarti terdapat antigen pada permukaan sel darah merah yang bereaksi secara spesifik dengan antibodi.
- Tidak ada aglutinasi: berarti tidak ada antigen pada permukaan sel darah merah yang bereaksi dengan antibodi.

(3) Jika pada plasma terjadi:

- Aglutinasi: menunjukkan adanya antibodi dalam plasma yang bereaksi secara spesifik dengan antigen pada permukaan sel darah merah.
- Tidak ada aglutinasi: menunjukkan tidak adanya antibodi dalam plasma yang bereaksi.



Gambar 2. 1 Derajat aglutinasi pemeriksaan uji silang serasi metode Gel

Sumber: Howard, P. R. (2017). Basic & applied concepts of blood banking and tran fusion practices (4th ed.). Elsevier.

Keterangan:

- Negatif: Terjadi pengendapan eritrosit yang jelas di dasar microtube. Gel di atas endapan tersebut tampak jernih tanpa adanya aglutinasi.
- +1: Aglutinasi terlihat dominan di bagian setengah bawah kolom gel, dengan beberapa aglutinatinasii juga terdapat di dasar microtube. Reaksi ini bisa lemah, dengan sedikit aglutinasi tepat di atas endapan eritrosit.
- +2: Aglutinasi eritrosit tersebar di sepanjang kolom gel, dengan sedikit aglutinat di dasar microtube. Aglutinatinasi terdistribusi di bagian atas dan bawah kolom gel.
- +3: Aglutinasi eritrosit paling banyak ditemukan di bagian atas kolom gel, dengan sedikit aglutinatinasi di bawah pita tebal. Mayoritas aglutinat berada di tengah atas kolom gel.

- +4: Aglutinasi eritrosit membentuk pita padat di bagian atas kolom gel. Biasanya tidak ada eritrosit yang mengendap di dasar kolom.
- Reaksi campuran (Mixed-field reaction): Terdapat lapisan aglutinasi eritrosit di bagian atas gel, disertai endapan sel yang tidak mengalami aglutinasi di bagian bawah microtube.

g. Interpretasi hasil pemeriksaan uji silang serasi

Menurut (Permenkes, 2015) Hasil uji silang serasi yang menunjukkan hasil negatif dengan metode Tube test perlu dilanjutkan dengan penambahan Coombs Control Cell (CCC). Penambahan CCC ini bertujuan untuk memastikan keakuratan hasil, sehingga jika setelah penambahan CCC hasilnya menjadi positif, maka hasil tersebut dapat dianggap valid. Namun, apabila hasil tetap negatif meskipun sudah ditambahkan CCC, maka hasil tersebut dinyatakan tidak valid dan uji silang serasi harus diulang kembali untuk mendapatkan hasil yang akurat. Hasil pemeriksaan uji silang serasi dapat dilihat pada tabel yang disediakan di bawah ini

Tabel 2.1 Interpretasi hasil Uji Silang Serasi

Sumber : (Permenkes, 2015.)

Mayor	Minor	Autokontrol	interpretasi	Keterangan
Negatif	Negatif	Negatif	Darah kompatibel	Dapat ditransfusikan
Positif	Positif	Positif	Darah inkompatibel	Inkompatibel, darah tidak dapat ditransfusikan
Negatif	Positif	Positif	Darah	Transfusi darah masih dapat

inkompatibel	dilakukan namun hanya menggunakan Packed Red Cell, dengan syarat derajat aglutinasi pada uji silang serasi minor lebih rendah dibandingkan autokontrol atau Direct Coombs Test (DCT).
--------------	---

5. Direct Coombs Test

a. Pengertian Direct Coombs Test

Tes Coombs langsung, yang juga dikenal sebagai Direct Coombs Test atau DCT, merupakan metode yang dirancang untuk mengidentifikasi keberadaan antibodi atau komponen komplemen yang menempel pada permukaan sel darah merah, di mana proses sensitisasi telah berlangsung secara alami di dalam tubuh pasien atau *invivo*. Dalam pemeriksaan ini, reagen yang mengandung anti-human globulin ditambahkan ke dalam sampel sel darah merah yang telah melalui proses pencucian, dan hasilnya dievaluasi berdasarkan terjadinya aglutinasi, yang menandakan bahwa tes tersebut memberikan hasil positif (Aryani, 2023).

b. Tujuan Direct Coombs Test

Tujuan dari pemeriksaan Direct Coombs Test adalah untuk mendeteksi kehadiran IgG atau komplemen yang menempel pada permukaan sel darah merah, sekaligus mengevaluasi apakah sensitisasi eritrosit telah berlangsung secara *in vivo* yaitu proses perlekatan antibodi yang berlangsung secara alami akibat kondisi klinis tertentu (Yunus et al., 2025).

c. Prinsip Direct Coombs Test

Prinsip dasar dari pemeriksaan Direct Coombs Test melibatkan interaksi antara antigen yang dan antibodi inkomplit yang telah terikat secara alami pada permukaan sel darah merah (eritrosit) milik pasien, serta penambahan serum Coombs sebagai reagen pendeteksi. Ketika ketiga elemen tersebut dicampurkan, reaksi kimia yang terjadi akan memicu pembentukan gumpalan atau penggumpalan (aglutinasi) yang dapat diamati secara visual, menunjukkan hasil positif yang mengonfirmasi keberadaan antibodi tersebut pada eritrosit pasien (Eva & Ganjar, 2018).

d. Kapan dilakukan Direct Coombs Test (DCT)

Pemeriksaan DCT dilakukan apabila hasil pemeriksaan crossmatch yang menunjukkan hasil inkompatibel nantinya akan dilanjutkan dengan melakukan pemeriksaan DCT (Direct Coombs Test) atau DAT (Direct Antiglobulin Test). Pemeriksaan DCT banyak digunakan untuk membantu mendiagnosis beberapa kondisi, antara lain penyakit hemolitik pada bayi baru lahir (HDN), anemia hemolitik autoimun (AIHA), mendeteksi adanya sensitisasi eritrosit yang disebabkan oleh penggunaan obat-obatan, serta untuk memeriksa kasus hemolitik yang timbul akibat reaksi transfusi darah.

e. Prosedur pemeriksaan DCT

1. Alat dan Bahan

- 1) Tabung serologi
- 2) Pipet tetes
- 3) Sentrifuge
- 4) Kaca objek

- 5) Mikroskop
- 6) Medium salin (NaCl 0,9%)
- 7) Serum Coombs (Anti Human Globulin)
- 8) sampel darah pasien

2. Prosedur

- 1) Buat suspensi eritrosit 5% dari sampel pasien dalam saline.
- 2) Isi 2 tabung dengan 1 tetes suspensi eritrosit masing-masing 5%.
- 3) Cuci salin sebanyak 3 kali.
- 4) Tambahkan 2 tetes serum Coombs ke tabung I dan 2 tetes salin ke tabung II, lalu sentrifugasi 3000 rpm selama 15 detik.
- 5) Amati hasil secara makroskopis dan mikroskopis

3. Interpretasi hasil

- 1) DCT positif: Ada antibodi yang menyelimuti eritrosit pasien secara *invivo*, sering pada AIHA (Auto-Immune Haemolytic Anemia), HDN (Haemolytic Disease of Newborn) atau transfusi rhesus tidak cocok.
- 2) DCT negatif: Tidak ada antibodi yang menyelimuti eritrosit secara *invivo*.
- 3) Catatan:
 - Jika DCT pasien positif, darah boleh diberikan dalam bentuk Packed Red Cell (PRC) atau Washed Red Cell (WRC) (Eva & Ganjar, 2018).

C. Inkompatibel

1. Definisi inkompatibel

Transfusi darah merupakan salah satu proses yang dimana darah dipindahkan dari darah donor ke penerima darah. Untuk menjadi bahwa transfusi tersebut tidak akan menyebabkan reaksi negatif ke penerima. Pentingnya melakukan pemeriksaan golongan darah ABO dan Rhesus serta uji silang serasi untuk memastikan kesesuaian darah donor dengan penerima sebelum melakukan transfusi. ketidak sesuaian ini biasa disebut dengan inkompatibel, ketidaksesuaian tersebut masih mungkin bisa terjadi meskipun golongan darah donor dan darah penerima mungkin sama. Maka karena adanya terjadi inkompatibel analisis terhadap penyebab ketidakcocokan tersebut menjadi sangat penting (dr. Yustisia Amalia et al., 2020).

2. Penyebab inkompatibel

- a. Menurut (Andriyani, 2022) Inkompatibel dalam transfusi darah dapat disebabkan oleh beberapa penyebab utama yang dapat menyebabkan terjadinya inkompatibel:
 - 1) Perbedaan Golongan Darah ABO
 - 2) Adanya Alloantibody pada Serum Pasien
 - 3) Eritrosit Donor Dikelilingi Antibodi Lengkap
 - 4) Antibodi Spesifik pada Plasma Donor
 - 5) Eritrosit Pasien Dikelilingi Antibodi atau Komplemen
 - 6) Pembentukan Rouleaux
 - 7) Kontaminasi
- b. Menurut (Permenkes, 2015) Uji silang bisa menghasilkan hasil negatif palsu

disebabkan oleh beberapa faktor

- 1) Penggunaan NaCl 0,9% (saline) yang kotor, keruh, berwarna, atau terkontaminasi serum.
- 2) Suhu inkubator yang tidak sesuai, yaitu bukan 37°C.
- 3) Durasi inkubasi yang tidak tepat.
- 4) Proses pencucian sel darah merah yang kurang bersih.
- 5) Jika hasil negatif diperoleh, perlu dilakukan kontrol menggunakan Coombs Control Cells.

c. Sementara itu, uji silang juga dapat menunjukkan hasil positif (inkompatibel) disebabkan oleh beberapa alasan:

- 1) Adanya antibodi inkomplit.
- 2) Kehadiran autoantibodi dalam serum penerima.
- 3) Antibodi yang tidak termasuk dalam sistem golongan darah.
- 4) Tidak adanya kelainan imunologi yang terdeteksi dalam serum penerima.

d. Inkompatibel karena obat yang disebabkan oleh obat-obatan yang diminum oleh pasien seperti, obat kemoterapi, obat-obatan yang memicu sensitisasi eritrosit, serta obat imunosupresif, obat yang menekan fungsi sumsum tulang, sementara obat seperti dextran (plasma expander berat molekul tinggi) sering menyebabkan rouleaux formation atau penggumpalan nonspesifik eritrosit, Penggunaan jangka panjang obat seperti aspirin, antalgin, dan antihipertensi juga berpotensi memengaruhi kompatibilitas darah.

3. Penanganan inkompatibel

Darah inkompatibel merupakan darah penerima yang menunjukkan ketidakcocokan dengan darah donor saat uji silang serasi, sehingga darah donor tidak dapat digunakan untuk transfusi. Untuk itu, perlu dilakukan pemeriksaan lanjutan guna mencari penyebab reaksi inkompatibilitas tersebut. Jika Unit Transfusi Darah (UTD) atau Bank Darah Rumah Sakit (BDRS) tidak mampu melakukan pemeriksaan lanjutan, maka kasus tersebut harus dirujuk ke UTD yang memiliki fasilitas untuk pemeriksaan lebih lanjut. Langkah lanjutan apabila ditemukannya hasil darah inkompatibel

Tabel 2.2 Langkah lanjutan bila didapatkan hasil darah inkompatibel

Sumber : (Permenkes, 2015 .)

No.	Hasil uji silang serasi	Tindak lanjut
1.	Inkompatibel pada Mayor	- Darah dari pendonor tidak boleh langsung diberikan kepada penerima darah. - Perlu dilakukan pemeriksaan lebih lanjut berupa skrining dan identifikasi antibodi dalam darah penerima. - Jika ditemukan aloantibodi irreguler yang spesifik dalam serum pasien, maka darah pendonor yang dipilih harus bebas dari antigen yang dapat bereaksi dengan antibodi tersebut (yaitu antigen negatif).
2.	Inkompatibel pada Minor	- Pada saat situasi darurat, pasien dapat menerima transfusi darah berupa Packed Red Cells (sel darah merah pekat) apabila hasil uji silang mayor menunjukkan hasil negatif dan dengan persetujuan dari dokter yang menangani pasien. - Pada pasien dengan Autoimmune Hemolytic Anemia (AIHA) tipe hangat, uji silang yang serasi biasanya menunjukkan inkompatibel. Namun, saat kondisi mendesak, transfusi dapat dilakukan

dengan memilih darah donor yang menunjukkan reaksi uji silang inkompatibel pada mayor dan minor, tetapi reaksinya lebih rendah dibandingkan dengan reaksi sel darah merah pasien (autokontrol).

- c. Pemberian transfusi harus dilakukan dengan sangat hati-hati karena ada kemungkinan adanya aloantibodi yang tidak terdeteksi melalui skrining dan identifikasi antibodi. Oleh sebab itu, transfusi harus dilakukan di bawah pengawasan dokter, dan kadar hemoglobin pasien setelah transfusi tidak boleh melebihi 8 g/dL.
 - d. Untuk pasien dengan Auto Immune Hemolytic Anemia (AIHA) tipe dingin, transfusi biasanya tidak diperlukan. Namun, jika sangat mendesak, transfusi dapat dilakukan dengan terlebih dahulu menghangatkan darah donor agar sel darah merah tidak disensitisasi atau rusak oleh autoantibodi pasien.
 - e. Transfusi harus selalu dilakukan di bawah pengawasan dokter.
 - f. Pemberian Washed Red Cells tidak dianjurkan karena komplemen dalam darah donor sudah tidak aktif setelah penambahan stabilisator ACD-A.
-

Pemeriksaan inkompatibilitas karena obat bertujuan mendeteksi antibodi serum/plasma pasien yang bereaksi dengan eritrosit donor, alloantibodi terhadap antigen donor, autoantibodi/autoimun, masalah serum seperti rouleaux, serta kontaminasi kimia/fibrin. Jika uji silang serasi inkompatibel, tindak lanjut meliputi;

- a. Bagi pasien dengan hasil uji silang serasi yang secara konsisten menunjukkan ketidakcocokan, dalam situasi darurat, darah donor dapat

digunakan jika reaksinya pada uji mayor dan minor memiliki tingkat aglutinasi yang lebih rendah atau setara dengan reaksi autokontrol sel darah merah pasien.

- b. Pada kondisi mendesak, transfusi darah bisa dilakukan setelah darah donor dihangatkan terlebih dahulu, sehingga eritrosit donor terlindungi dari kerusakan atau sensitisasi oleh autoantibodi pasien.
- c. Lakukan pengulangan uji silang serasi menggunakan sampel darah pasien yang lebih baru; jika diperlukan, tes dilakukan pada suhu hangat (dengan inkubasi di 37°C). Penggumpalan rouleaux dapat diatasi melalui teknik penggantian saline.
- d. Darah yang menunjukkan hasil inkompatibel tetap boleh diberikan asalkan mendapat persetujuan dari dokter perawat utama pasien (DPJP).
- e. Kurangi dosis atau hentikan sementara obat-obatan yang menjadi penyebab ketidakcocokan untuk mengurangi risiko komplikasi

4. Karakteristik pasien inkompatibel

a. Jenis kelamin

Menurut penelitian Srihartaty & Uswiyanti, 2021 di Unit Transfusi Darah (UTD) PMI Kabupaten Bekasi pada bulan Januari hingga Mei 2021 melakukan pemeriksaan uji silang serasi pada 168 sampel pasien dengan hasil inkompatibel. Dari jumlah tersebut, 94 pasien (56%) adalah perempuan dan 74 pasien (44%) adalah laki-laki. Data ini menunjukkan bahwa perempuan lebih sering mengalami ketidaksesuaian dalam uji silang serasi. Hal ini berkaitan dengan risiko anemia yang lebih tinggi pada perempuan serta

kerentanan mereka terhadap pendarahan, terutama selama proses persalinan (Srihartaty & Uswiyanti, 2021).

b. Jenis golongan darah ABO

Menurut penelitian Srihartaty & Uswiyanti, 2021 di Unit Transfusi Darah (UTD) PMI Kabupaten Bekasi pada bulan Januari hingga Mei 2021 melakukan pemeriksaan uji silang serasi pada 168 sampel pasien dengan hasil inkompatibel. Jika dilihat dari golongan darah ABO, sebanyak 59 sampel (35%) berasal dari golongan darah O, 49 sampel (29%) golongan darah B, 46 sampel (27%) golongan darah A, dan 14 sampel (8%) golongan darah AB. Golongan darah O mendominasi karena sebagian besar penduduk Indonesia memiliki golongan darah O Rh Positif. Ciri khas golongan darah O adalah tidak adanya antigen pada permukaan sel darah merah, namun memiliki antibodi A dan B dalam serum darahnya (Srihartaty & Uswiyanti, 2021).

c. Jenis inkompatibel

Menurut penelitian Srihartaty & Uswiyanti, 2021 di Unit Transfusi Darah (UTD) PMI Kabupaten Bekasi pada bulan Januari hingga Mei 2021 melakukan pemeriksaan uji silang serasi pada 168 sampel pasien dengan hasil inkompatibel. Jika dilihat dari tipe inkompatibilitas mayor negatif dan autokontrol positif paling banyak ditemukan (60%), kemungkinan akibat autoantibodi pada resipien. Penelitian sebelumnya juga mencatat bahwa sebagian besar kasus Direct Coombs Test (DCT) disebabkan oleh reaksi akibat obat, dengan peningkatan kasus dari 2018 ke 2019. Selain itu, inkompatibilitas mayor positif dan autokontrol positif ditemukan pada 22%

sampel, disebabkan oleh autoantibodi dan alloantibodi yang bereaksi terhadap darah donor atau resipien. Sebanyak 13% sampel dengan autokontrol positif diperiksa pada plasma dan trombosit untuk mendeteksi reaksi serum resipien. Sedangkan 5% sampel dengan mayor positif dan autokontrol negatif kemungkinan disebabkan oleh kesalahan golongan darah atau adanya alloantibodi yang bereaksi dengan eritrosit donor (Srihartaty & Uswiyanti, 2021).

d. Diagnosa penyakit

Menurut penelitian Paska Ramawati Situmorang, dkk di UTD PMI Kota Medan pada bulan Maret hingga April tahun 2023 melakukan pemeriksaan uji silang serasi pada 53 sampel pasien dengan hasil inkompatibel. Jika dilihat dari diagnosis penyakit, anemia menjadi kondisi yang paling sering ditemui terkait dengan inkompatibilitas pada uji silang serasi, dengan persentase mencapai 30,2%. Hal ini disebabkan karena anemia merupakan penyakit yang paling umum ditemukan di masyarakat di seluruh dunia. Penyebab utama anemia adalah penurunan kadar hemoglobin dalam darah atau gangguan signifikan dalam proses pembentukan sel darah merah (Situmorang et al., 2023).

e. Usia

Menurut penelitian Paska Ramawati Situmorang, dkk di UTD PMI Kota Medan pada bulan Maret hingga April tahun 2023 melakukan pemeriksaan uji silang serasi pada 53 sampel pasien dengan hasil inkompatibel terbanyak berdasarkan kelompok usia ditemukan pada rentang

25 – 29 tahun dan 50 – 54 tahun, masing-masing sebanyak 6 sampel (11,3%).

Hal ini disebabkan oleh tingginya kebutuhan darah pada kelompok usia tersebut dibandingkan dengan kelompok usia lainnya. Selain itu, usia tersebut merupakan masa produktif di mana aktivitas sehari-hari lebih intens dan berisiko mengalami kecelakaan, terutama pada generasi milenial, sehingga permintaan darah pada kelompok usia ini cenderung lebih tinggi (Situmorang et al., 2023).

f. Riwayat Transfusi

Menurut teori (Eva & Ganjar, 2018) Pada penyakit-penyakit seperti thalasemia, anemia sickle cell, anemia aplastik, dan hemoglobinopathies, pengobatan utama yang diberikan adalah transfusi sel darah merah, oleh karena itu pasien sering menerima transfusi berulang kali, risiko terbentuknya alloantibodi dalam tubuh mereka menjadi sangat tinggi. Terjadinya pembentukan antibodi ini disebabkan oleh antigen yang terdapat pada sel darah merah yang memicu timbulnya antibodi pada darah pasien

D. Kerangka Teori

Gambar 2. 2 Bagan Kerangka Teori

